

# **ÉPÜLETGÉPÉSZET 2000**

## **Fűtéstechnika**

### **II**

**ÉPÜLETGÉPÉSZET KIADÓ KFT.  
BUDAPEST, 2001**

Az ÉPÜLETGÉPÉSZET 2000 szakkönyvsorozat tervezett kötetei:

- I. Alapismeretek
- II. Fűtéstechnika
- III. Vízellátás, csatornázás
- IV. Légtechnika
- V. Alkalmazások

A szakkönyvsorozat szerkesztő bizottsága:

*Barna Lajos*  
*Barótfi István*  
*Bánhidi László*  
*Fodor A. Csaba*  
*Garbai László*  
*Homonnay Györgyné*  
*Mészáros Ferenc*  
*Zöld András*



A II. kötet szerkesztője: *Homonnay Györgyné*

A II. kötet szerzője  
társszerzőkkel:

*Homonnay Györgyné*

Társszerzők:

*Barna Lajos*

(4. fejezetből: 4.3.3.)

(10. fejezet)

(11. fejezet)

(14. fejezetből: 14.4.)

*Bánhidi László*

(37. fejezet)

*Chappon Miklós*

(14. fejezetből: 14.4.)

(15. fejezet)

*Halász Györgyné*

(25. fejezetből: 25.4.3.,

25.4.4., 25.4.5., 25.4.6)

(32. fejezetből: 32.1., 32.2.)

*Szilágyi Sándor*

(6. fejezetből: 6.3.)

*Vaszil Lajos*

Fűtéstechnikai szabványok

*Zöld András*

(45. fejezet)

A II. kötet lektorai:

*Ludvig István*

*Barna Lajos*

*Fok József (11. fejezet)*

*Mészáros Ferenc*

A szakkönyvsorozat az épületgépészeti felsőoktatás tankönyveként is használható.

*A könyv az Oktatási Minisztérium támogatásával, a Felsőoktatási Pályázatok Irodája által lebonyolított felsőoktatási tankönyvtámogatási program keretében jelent meg.*

Copyright © Épületgépészet Kiadó Kft. Budapest, 2001  
Minden jog fenntartva

A kiadó írásbeli hozzájárulása nélkül sem a teljes mű,  
sem annak része nem használható fel,  
sem sokszorosított, sem elektronikus adathordozóra rögzített kivitelben.

ISBN 963.03.9709.9 (összkiadás)  
ISBN 963.00.8367.1 (II. kötet)

Kiadja az Épületgépészet Kiadó Kft.  
1027 Budapest, Fő u. 68. I. 133. Tel./fax: 201-2562  
e-mail: [epgep.epte@mtesz.hu](mailto:epgep.epte@mtesz.hu)  
[www.epgeplap.hu](http://www.epgeplap.hu)  
Ügyvezető: Mészáros Ferenc  
Készült a KŐ-PRINT Nyomdaipari Kft-ben.  
Táskaszám: Budapest 2001-357  
Művészeti szerkesztő: Novák György Pál  
Tördelés: Boda Gyula

# Tartalomjegyzék

Bevezetés .....	XIII
A kiadó előszava .....	XV
Köszönetnyilvánítás .....	XVI
<b>1. Rövid történeti áttekintés .....</b>	<b>1</b>
<b>2. A fűtés célja és feladata .....</b>	<b>13</b>
<b>3. A fűtési megoldások csoportosítása .....</b>	<b>15</b>
<b>4. Egyedi fűtések .....</b>	<b>17</b>
4.1. Kandallók .....	17
4.2. Kályhák .....	21
4.3. A különféle egyedi fűtések csoportosítása .....	21
<b>5. A központi fűtési rendszerek tárgyalási rendje és alkotóelemei .....</b>	<b>37</b>
<b>6. Központi fűtések kazánjai .....</b>	<b>39</b>
6.1. A kazánok csoportosítása .....	39
6.2. A kazánok főbb jellemzői .....	44
6.3. Az energiagazdálkodás és környezetvédelem szempontjainak érvényesülése, a kazánfejlesztés korszerű elvei .....	45
6.4. Kazánok ismertetése alapanyaguk szerint .....	65
<b>7. Ipari jellegű és tömbfűtőművekben alkalmazott kazánok .....</b>	<b>75</b>
7.1. Nagy vízterű (lángcsöves) kazánok .....	75
7.2. Kis vízterű (füstcsöves) kazánok .....	76
<b>8. Tüzelőberendezések további alkotóelemei .....</b>	<b>79</b>
<b>9. Folyékony tüzelőanyaggal üzemelő berendezések .....</b>	<b>81</b>
9.1. Olajégők .....	81
9.2. Az olajtüzelés segédberendezései, az olajellátás kialakítása .....	91
<b>10. Gázüzemű tüzelőberendezések .....</b>	<b>105</b>
10.1. Gázégők .....	106
10.2. Gázégők szerelvényei és biztonsági berendezései .....	114
10.3. Gázégők károsanyag kibocsátásának csökkentése .....	120

<b>11. Gázellátás .....</b>	<b>127</b>
11.1. A gáz energiahordozó jelentősége hazánk energiaellátásában .....	128
11.2. A hazai földgázellátás rendszere .....	131
11.3. A mértékadó gázfogyasztás .....	134
11.4. A nyomásszabályozó állomások kialakítása .....	142
11.5. A gázmennyiség-mérés eszközei és elhelyezésük .....	156
11.6. Csatlakozás a gáz közműre .....	169
11.7. A gázkészülékek elhelyezése a helyiségben .....	187
11.8. Pébégáz-ellátás .....	202
<b>12. Különleges tüzelőberendezések .....</b>	<b>213</b>
12.1. Vegyes olaj- és gázégők .....	213
12.2. A bioenergia égetés gyakorlati megoldásai .....	214
12.3. A települési szilárd hulladék elégetése .....	214
<b>13. Villamos üzemű berendezések .....</b>	<b>217</b>
<b>14. Az égéstermék elvezetés hagyományos elvei és módszerei (Szilárd és folyékony tüzelőrendszerek).....</b>	<b>223</b>
14.1. A kémények, mint az égéstermék elvezetésére szolgáló megoldások .....	223
14.2. A nyomáskülönbség, az égéstermék áramlásának fenntartója .....	224
14.3. A kémény méretének meghatározása .....	228
14.4. A kémények kivitelezési kérdései .....	240
<b>15. Gázkészülékek égéstermékének elvezetése .....</b>	<b>251</b>
15.1. Gázüzemű tüzelőberendezések égéstermék elvezetésének követelményrendszere .....	251
15.2. Az égéstermék elvezető rendszerek csoportosítása .....	252
15.5. Az égéstermék elvezető rendszer minősítése, kéménydiagnosztika .....	283
<b>16. Kazánházak, kazántelegek .....</b>	<b>289</b>
16.1. A kazánház teljesítménye .....	289
16.2. Az alkalmazott tüzelőanyag és az előállított hőhordozó közeg okozta sajátosságok .....	290
16.3. A kazánház vertikális elhelyezésének lehetőségei .....	290
16.4. A kazánházak horizontális elrendezésének szempontjai .....	294
16.5. A kazánház-létesítés szokásai, szabályai és előírásai .....	295
<b>17. Hőcserélők .....</b>	<b>303</b>
17.1. A hőcserélők felosztása .....	304
17.2. A hőcserélők méretezése .....	304
17.3. A folytonos működésű hőcserélők alapegyenlete .....	311
17.4. A hőcserélő felületének megválasztása .....	312
17.5. A közegek véghőmérsékletének megállapítása .....	312
17.6. A hőcserélők szerkezeti kialakítása .....	314

<b>18. Hőközpontok .....</b>	<b>323</b>
18.1. A hőközpontok alkotóelemei .....	325
18.2. Telepítési kérdések .....	328
18.3. Építészeti helyigény .....	329
18.4. Egyéb előírások .....	330
<b>19. Hőleadók, fűtőtestek .....</b>	<b>333</b>
19.1. A fűtőtest felületéről a fűtött környezetbe jutó hőáram elemzése .....	333
19.2. A hőhordozó közegetől a fűtött környezetbe jutó hőáram elemzése .....	343
19.3. Fűtőtestek kialakítása és alkalmazása .....	351
19.4. Az alkalmazott fűtőtest megválasztása .....	369
19.5. Fűtőtestek teljesítményének mérése .....	374
<b>20. Csövek és szerelvények .....</b>	<b>375</b>
20.1. Csövek és csökapcsolások .....	375
20.2. Csővezetékek megfogása .....	386
20.3. A hőtágulásból eredő feszültségek felvétele .....	389
20.4. Szerelvények .....	393
20.5. Szabályozó szelepek megválasztása és méretezése .....	399
20.6. A szelepek $k_v$ értéke .....	403
20.7. A szabályozószelepek jelleggörbéi .....	408
20.8. A szelepautoritás .....	411
<b>21. A csővezetékek és a szerelvények hőszigetelése .....</b>	<b>417</b>
21.1. A csővezetékek hővesztesége és hőszigetelése .....	417
21.2. A szerelvények hőszigetelése .....	427
21.3. Alátámasztások és felfüggesztések hővesztesége .....	427
<b>22. A fűtési rendszerek gazdaságossága .....</b>	<b>429</b>
22.1. A beruházási költségek .....	431
22.2. A fűtési rendszerek energiaköltségének összetevői és elemzése .....	433
22.3. Az éves tüzelőanyag felhasználás .....	439
22.4. A felhasznált tüzelőanyag költsége .....	442
22.5. A teljes energiafelhasználás értékelése .....	443
22.6. A fűtési rendszerek gazdaságosságának jellemzése .....	443
22.7. A légtechnika, a használati melegvíz termelés és az egyéb fogyasztók energiaigénye .....	446
<b>23. Központi fűtési rendszerek .....</b>	<b>449</b>
23.1. Vízfűtések jellemzése .....	450
23.2. Gőzfűtések jellemzése .....	450
23.3. Légfűtések jellemzése .....	451
<b>24. Gravitációs melegvízfűtések .....</b>	<b>453</b>
24.1. A működés elve, hátrányok és előnyök .....	453
24.2. A gravitációs felhajtóerő és a gravitációs nyomásdiagram .....	457
24.3. Gravitációs fűtések kialakítása .....	459

<b>25. Szivattyús melegvízfűtések .....</b>	<b>469</b>
25.1. A működés elve, hátrányok és előnyök .....	469
25.2. Hydronika .....	469
25.3. Központi fűtésben alkalmazott szivattyúk rövid jellemzése .....	471
25.4. Szivattyús fűtések nyomásviszonyai és a nyomásdiagram .....	477
25.5. Szivattyús fűtések kialakítása .....	490
25.6. Távfűtésre kapcsolt szivattyús melegvízfűtések .....	512
25.7. A használati melegvíztermelés .....	518
25.8. Szellőztető- légfűtő rendszerek .....	527
<b>26. A gőz hőhordozó jellemzése, az alkalmazás okai és korlátai .....</b>	<b>529</b>
<b>27. Nyitott rendszerű, kisnyomású gőzfűtések .....</b>	<b>533</b>
27.1. A gőzvezetékben keletkező kondenzáció .....	534
27.2. Kisnyomású gőzfűtés, gravitációs kondenzvíz visszatáplálással .....	536
27.3. Kisnyomású gőzfűtés, mesterséges kondenzvíz visszatáplálással .....	547
27.4. Kisnyomású gőzfűtések gyakorlati megoldása és szerkezetei .....	550
<b>28. Zárt rendszerű, kisnyomású gőzfűtések .....</b>	<b>579</b>
28.1. Vákuum gőzfűtés .....	579
<b>29. Nagynyomású gőz fűtési célú alkalmazása .....</b>	<b>581</b>
29.1. Nagynyomású gőz közvetlen felhasználása .....	581
29.2. Nagynyomású gőz közvetett felhasználása .....	589
<b>30. Fűtési rendszerek méretezése – alapvető megfontolások .....</b>	<b>591</b>
<b>31. Melegvízfűtések méretezési kérdései .....</b>	<b>595</b>
31.1. A fűtési hőmérséklet és a méretezési hőfoklépcső megválasztása .....	595
31.2. A gazdaságos lehűlés, a gazdaságos méretezési hőfoklépcső jellemzése és meghatározási módja .....	601
31.3. A fűtőtestek kiosztása .....	602
31.4. A csőhálózat kialakítása és nyomásvesztése .....	603
31.5. A csővezeték rendszer lehűlésének számítási elve és gyakorlata .....	618
31.6. A végleges csőátmérők megállapítása .....	620
31.7. Szilárdságtani méretezés .....	622
31.8. Akusztikai méretezés .....	622
<b>32. Melegvízfűtések kiegészítő elemeinek méretezése .....</b>	<b>623</b>
32.1. A tágulási tartály, és csatlakozó vezetékének mérete .....	623
32.2. Az automatikus légtelenítők megválasztása .....	630
32.3. Osztók-gyűjtők, töltő- és ürítőszerelvények mérete .....	633
32.4. Az elzáró és szabályozó szerelvények mérete .....	633
32.5. A méretezés szubjektív elemei .....	634
<b>33. Melegvízfűtési rendszerek méretezése .....</b>	<b>635</b>
33.1. Gravitációs fűtések .....	635
33.2. Hagyományos szivattyús fűtések .....	642
33.3. Korszerű szivattyús fűtések: termosztatikus radiátorszelepek alkalmazása és változó tömegáram .....	648

<b>34. Kisnyomású gőzfűtések méretezése .....</b>	<b>657</b>
34.1. A kisnyomású gőzhálózat méretezése .....	658
34.2. A kondenzhálózat méretezése .....	662
34.3. A kiegészítő elemek méretezése .....	663
<b>35. A központi fűtési rendszerek szabályozása .....</b>	<b>665</b>
35.1. A szabályozás feladata .....	665
35.2. A fűtések szabályozásának története és fejlődése .....	668
35.3. Szivattyús fűtések .....	673
35.4. A fűtési rendszerek szabályozásának és vezérlésének elemei és megoldási módjai .....	679
35.5. A szabályozók és szabályozott szakaszok osztályozása .....	682
35.6. DDC rendszerek, a „Fuzzy Logika”, és a kapcsolat az épület-felügyeleti rendszerekkel .....	683
35.7. A korszerű fűtéstechnikai szabályozás gyakorlati megvalósítása .....	685
<b>36. Különleges fűtések .....</b>	<b>695</b>
36.1. Mit nevezhetünk manapság különleges fűtésnek? .....	695
36.2. A különleges fűtések csoportosítása .....	697
<b>37. Sugárzó fűtések néhány elméleti kérdése .....</b>	<b>699</b>
37.1. Mit nevezünk sugárzó fűtésnek? .....	699
37.2. A sugárzó fűtések hőtechnikai sajátosságai és előnyei .....	701
37.3. Hőérzeti sajátosságok .....	706
37.4. A sugárzó fűtések további előnyei .....	707
37.5. A sugárzó fűtések hátrányai .....	707
<b>38. Sugárzó fűtések osztályozása .....</b>	<b>709</b>
<b>39. Sugárzó fűtések szerkezeti kialakítása és megoldása .....</b>	<b>711</b>
39.1. Kishőmérsékletű, nagy tehetetlenségű sugárzó fűtések .....	711
39.2. Padlófűtések különleges kérdései .....	717
39.3. Szabadtéri (kültéri) fűtések .....	737
39.4. Kishőmérsékletű, kis tehetetlenségű sugárzó fűtések .....	741
39.5. Közepes hőmérsékletű (kis tehetetlenségű) sugárzó fűtések .....	745
39.6. Nagy hőmérsékletű, (kis tehetetlenségű) sugárzó fűtések .....	752
<b>40. Sugárzó fűtések méretezése .....</b>	<b>755</b>
40.1. Sugárzó fűtőtestek hőleadása, a sugárzás és a konvekció aránya .....	755
40.2. Sugárzó fűtőtestek felületi hőmérséklet eloszlása és közepes felületi hőmérséklete .....	760
40.3. Kis és közepes hőmérsékletű, kistehetlenségű, más néven tartószerkezetből kiemelt sugárzó fűtőtestek közepes felületi hőmérséklete és a fűtőfelület hőmérséklet-eloszlása .....	777
40.4. Nagy hőmérsékletű (kistehetlenségű) sugárzó fűtések felületi hőmérséklete .....	779
40.5. A méretezés gyakorlati lépései, néhány méretezési példa .....	779

<b>41. Légfűtések.....</b>	<b>803</b>
41.1. Légfűtések osztályozása .....	803
41.2. Kizárólagos légfűtések .....	805
41.3. Gáz- és olajtüzelésű léghevítők alkalmazása lakások fűtésére .....	814
41.4. Villamos fűtésű léghevítők .....	817
41.5. Gőz- és melegvízfűtésű léghevítők – Termoventilátorok .....	817
41.6. Légfüggönyök .....	821
<b>42. Vegyes sugárzó- és légfűtések .....</b>	<b>823</b>
42.1. Meleglevegős csempekályha .....	823
42.2. Uszodák fűtése .....	825
42.3. Nagy csarnokok vegyes sugárzó- és légfűtése .....	826
<b>43. A fűtéstechnika nem hagyományos energiaellátása megújuló     energiaforrásokból .....</b>	<b>829</b>
43.1. A nem hagyományos energiaellátás jelentősége, csoportosítása és fűtéstechnikai alkalmazása .....	829
<b>44. Hőszivattyúk alkalmazása a fűtéstechnikában .....</b>	<b>833</b>
44.1. Termodinamikai alapok .....	834
44.2. A gyakorlati körfolyamat elemei .....	837
44.3. A hőszivattyúk munkaközégei .....	841
44.4. A hőszivattyúk meghajtási módjai .....	843
44.5. A hőszivattyúk üzemeltetési formái .....	845
44.6. A hőszivattyúk hőforrásai .....	850
44.7. Hőszivattyúk kivitelezési megoldásai .....	855
44.8. Seebeck- és Peltier-effektus .....	856
<b>45. A Nap sugárzási energiájának hasznosítása a fűtéstechnikában .....</b>	<b>857</b>
45.1. Alapfogalmak .....	857
45.2. Passzív rendszerek .....	865
45.3. Hibrid rendszerek .....	887
45.4. Aktív rendszerek .....	893
<b>46. Távhőszolgáltatás .....</b>	<b>909</b>
46.1. A távhőszolgáltató rendszerek csoportosítása .....	911
46.2. A távhőszolgáltató-rendszerek elemei .....	912
46.3. Hőtermelés .....	912
46.4. Hőszállítás .....	921
46.5. Hőtávvezetékek szerkezeti megoldása .....	929
46.6. Hőtávvezeték tervezése .....	934
46.7. Hőfogyasztók .....	940
46.8. A hazai hőszolgáltatás néhány fontos kérdése .....	940
A fűtéstechnika területét érintő fontosabb szabványok .....	953
A kötet hirdetői ABC sorrendben .....	960



## Bevezetés

Nem könnyű, és egyben feltétlenül sok oldalról bírálható feladatot vállalunk magunkra azzal, hogy századunk elején – amely egyben az ezredfordulót is jelenti – összefoglaljuk a fűtéstechnika legfontosabb eredményeit.

Ahogy a fűtés történetének fejezetében majd látjuk, a műszaki fejlődés egyre gyorsul, a mai megoldások már nem is hasonlítanak a kastélyok díszes kályháira, a szépmívű kandelókra, a nagy helyfoglalású hajdani központi fűtésekre.

Ugyanakkor a fűtéstechnikát alapozó tudományok sora is igen sokat fejlődött, ma már a korszerű komfortelmélet, a statisztikai alapokon nyugvó meteorológia, az instacioner jelenségeket is vizsgáló épületfizika nélkül nem is kezdhethetjük meg a fűtéstechnikai rendszerekkel kapcsolatos beszélgetést.

Hatalmas változáson ment át az alkalmazott anyagok, szerkezetek, megoldások sora, a különféle számítógépes megoldások és eljárások térnyerésével átalakult a teljes méretezési-tervezési folyamat, gyökeresen megváltozott az épületszerkezeti, esztétikai, helyfoglalási igényrendszer.

Mindezekén túl azonban olyan gyökeres változásnak is tanúi vagyunk, mely miatt elengedhetetlennek látszik, hogy a hagyományosnak nevezhető fűtéstechnika elveit, elemeit és rendszereit az új évezred küszöbéről visszapillantva még egyszer megkíséreljük összefoglalni. Elmúlt századunk második felében ugyanis:

- az energiaválság, általában az energiával való takarékosság,
- a környezetvédelem és
- a gazdaságosság

együttes szempontrendszere olyan mélyen áthat minden beruházást és minden műszaki megoldást, hogy a fűtéstechnika is egészen új alapokra helyeződik. Gondolunk itt arra, hogy az egyre hatékonyabb épületszigetelés és hővédelem, valamint a megújuló energiák felhasználására való törekvés egyre kisebb és kisebb méretű, azonos feladat megoldására egyre kisebb teljesítményű fűtési rendszereket eredményez. Ugyanakkor az irányítástechnika hihetetlen fejlődése folytonosan új meg új megoldásokat hoz a fűtéstechnika területén is. Így előbb-utóbb oda jutunk majd, hogy a hajdani fűtéstechnikusok vagy döntően épületfizikusok, vagy döntően irányítástechnikusok lesznek. Ezért műszaki felfogásunkat, készségeinket, de legfőképpen utódaink nevelését, azaz a felsőoktatást is ez irányban kell fejlesztenünk.

Mindezekért a könyvünket reményeink szerint forgató, a felsőoktatásban résztvevő hallgatók és a gyakorlatban dolgozó szakemberek, kollégáink számára egyaránt eligazítást kell nyújtanunk

- az elavult megoldások üzemeltetésével, karbantartásával, javításával,
- a megkopott alkotóelemek pótlásával, cseréjével,
- egy-egy régebbi rendszerrel kapcsolatos szakvélemény készítésével,
- a közelmúltbéli és a mai fejlődés nyújtotta új rendszerek alkalmazásával és
- a közeljövő merész felfogású megoldásaival kapcsolatban.

Ugyanakkor meg kell találnunk a helyes egyensúlyt az elmélet és gyakorlat, az alapozó és szaktárgyi fejezetek témaköre és tárgyalása között is.

Mindezen gondokat meghatározott terjedelmi kereteken belül kell áthidalnunk. Ezért minden alap- és alapozó fejezetért lapozzunk értelemszerűen az elméleti alapokat tartalmazó I. kötethez. A gyakorlati méretezési elveket és megoldásokat korszerű formában foglaljuk össze, de részletes méretezési táblázatokat és katalógus adatokat nem közlünk, ezek ma már mágneses adathordozókon találhatók, s állandóan frissíthető, bővíthető, cserélhető formában állnak rendelkezésre.

Így olvasóink e „Fűtéstechika” kötetben a következő főbb fejezeteket találják:

- Rövid történeti áttekintés
- A fűtés célja és feladata
- A fűtési megoldások csoportosítása
- Az egyedi fűtések
- A központi fűtési rendszerek
  - elemei
  - kialakítása
  - gazdaságossága
  - méretezési elvei
  - szabályozási megoldásai
- Különleges fűtések
- Megújuló, nem hagyományos energiaforrások
- Távhőszolgáltatás.

Immár több mint húsz esztendeje annak, hogy nyomtatott, keményfedelű könyv formájában ismertethettük a fűtéstechika fontos fejezeteit. Reméljük, hogy szándékunk, mellyel az új évszázad szakembereit a mai kor kihívásainak megfelelő összefoglalással kívánjuk szolgálni, most ezen új kötet keretében megvalósulhat.

Bevezetésünk összeállítása és a kötet oroszlánrészének megírása után, a szerkesztés időszakában jelent meg nagy örömről az európai fűtési-szellőzési ipar legfontosabb szakirodalmi alapját képező zsebkönyv, a Recknagel: „Fűtés- és klímatechnika 2000” magyar nyelvű kiadása. Kötetünk és e zsebkönyv vonatkozó fejezetei igen jól egészítik ki egymást, így azt reméljük, hogy a hosszú szünet és hiány után most már mind a felsőoktatásban résztvevő hallgatóság, mind a gyakorló szakemberek sora elegendő tanácsot, eligazítást, szakmai-tudományos olvasnivalót talál tevékenységéhez és munkájához.

Budapest, 2001. november

*Homonnay Györgyné*

## A kiadó előszava

Az Épületgépészet Kiadó Kft. – amely tíz éve adja ki a havonta megjelenő Magyar Épületgépészet szakfolyóiratot – egy olyan átfogó épületgépészeti szakkönyvsorozat kiadását határozta el „Épületgépészet 2000” címmel, amely tankönyvként is használható a felsőoktatási intézményekben, de emellett a gyakorló tervezők, kivitelezők, beruházók és üzemeltetők számára is ad korszerű elméleti alapokat és új ismereteket. A kötetek fejezeteinek szerzői elismert magyar szakemberek a kutatás, a felsőoktatás és a szakmai élet különböző területeiről.

Az ötkötetesre tervezett könyvsorozat az épületgépészeti tudomány és szakterület törzsanyaga kíván lenni, ami azt jelenti, hogy a könyvek előadásokkal, gyakorlatokkal, oktatási segédletekkel, jegyzetekkel kiegészítve az épületgépészeti felsőoktatás számára; számítástechnikai eszközökkel, programokkal, prospektusokkal, kézikönyvekkel kiegészítve a mindennapos gyakorlat számára lesznek használhatók.

Az épületgépészeti szakterület oly gyorsan fejlődik, hogy a húsz-huszonegy éve kiadott szakkönyvek tartalma ma már nem elegendő egy korszerű épület gépészeti berendezéseinek tervezéséhez, kivitelezéséhez, üzemeltetéséhez, karbantartásához, vagy felújításához. Az alkalmazott anyagok, rendszerek, megoldások változását hazánk gazdasági és társadalmi változásai is igénylik, ezért határoztuk el e nem kis munkával járó szakkönyvsorozat kiadását, melyet esetleg a kívánalmaknak megfelelően újabb könyvek kiadása is követhet.

A kötetek igyekeznek a világszerte kialakult új szempontoknak megfelelni, azaz a három „E” elvének – Energy, Environment, Economy –, ami iránymutató a mi szakmánkban is. Tehát az energia és az azzal való takarékoság, a környezet és annak védelme és a gazdaságossági kérdések azok, amikhez a műszaki szakembereknek alkalmazkodni kell.

Ezeknek az igényeknek kíván megfelelni könyvsorozatunk, sorra-rendre egy-egy kötetben helyet adván az „Alapismeretek” után a „Fűtéstechnika”, a „Vízellátás, csatornázás”, a „Légtechnika” és az „Épületgépészeti alkalmazások” tárgyköreinek.

A kiadó ezúton is köszönetét fejezi ki a szerzőknek, a szerkesztőnek, a lektoroknak és minden közreműködőnek lelkes és szakszerű munkájukért.

Kérjük tisztelt olvasóinkat, hogy észrevételeiket, igényeiket ne habozzanak közölni kiadónkkal, hogy azokat a jövőben figyelembe vehessük.

Budapest, 2001. november

Mészáros Ferenc  
Épületgépészet Kiadó Kft.

## Köszönetnyilvánítás

E kötet megjelenését olyan sokan segítették egyszerű, megértő és áldozatos munkájukkal, hogy valamennyi nevet szinte lehetetlen lenne felsorolnom. Köszönet illeti a kötet társszerzőit, a lektor *Ludvig Istvánt*, a kiadó munkatársaként *Barna Lajos* kollégámat, a technikai szerkesztőket, s mindazokat, akik a kötet alapját képező jegyzetek és multimédiás segédlet elkészítésében annak idején részt vettek. Köszönetet kell mondanom a jogelőd Kossuth Lajos Tudományegyetem, ma már Debreceni Egyetem Műszaki Főiskolai Karának, ahol 1995 és 1997 között a jegyzetek készültek.

Külön hálával tartozom a „Buderus Fűtéstechika” című könyv kiadójának, és a „Buderus Fűtéstechika Kft.” igazgatójának, *Oláh Ferenc* úrnak. Az ő közreműködésük nélkül nem lehetett volna Magyarországon ilyen hosszú szünet után korszerű ábraanyaggal ellátott fűtéstechikai könyvet szerkeszteni. A „Buderus Heiztechnik” könyvön túlmenően az ábraanyag összeállításában támaszkodtam a könyv írása idején még német nyelven rendelkezésre álló Recknagel: „Heizung+Klimatechnik” zsebkönyvre is annak érdekében, hogy olvasóink valamennyi új áramlatról és megoldásról értesülhessenek. A kötetben az ábrák forrásanyagát minden esetben feltüntettem.

Budapest, 2001. november

*Homonnay Györgyné*

# 1. Rövid történeti áttekintés

A technika története századunk végén egyre inkább az érdeklődés homlokterébe kerül. Ez egyfelől érdekesnek és különlegesnek látszik, hiszen korunk a célszerűség és a pragmatizmus kora, s nem kedvez a közvetlen eredményt, hasznot nem hozó tudományágak elemzésének és fejlesztésének. Másfelől szinte természetes, mert a művészetek kibontakozásának követését és helyét napjainkban részben a műszaki fejlődés eredményeinek elsajátítása, befogadása, vagy éppen távoli csodálata helyettesíti.

A technikátörténeti leírásokkal azonban óvatosan kell bánnunk, mert a gépészmérnök végzettségű szerző a téma érdekessége és könnyedsége miatt esetleg az egyszerű elbeszélés, vagy a képeskönyvek szintjén foglalja össze a tudományág sorsának alakulását. Ennek elkerülésére a fűtések és távfűtések fejlődésének útja két szempont szerint vizsgálható:

- az egyik figyelemreméltó szempont az, hogy a fizika és a technika többi ágazataihoz hasonlóan itt is egyre gyorsul a műszaki fejlődés, tehát nemcsak az események bekövetkezteként időpontját, hanem a újdonságok megjelenése közötti időszakot is érdemes figyelemmel kísérnünk,
- másik érdekesség pedig, hogy a fűtések történetét végigkíséri a központosítás és egyediesítés állandó küzdelme és vitája.

Az első állítás vizsgálatához igen érdekes párhuzam vonható a fizika, annak is a számunkra legfontosabb ága, a hőtan, és a fűtési ipar haladása, s a haladás üteme között. Bemutatunk egy táblázatot, amely csak egy nagyon kicsi, és kizárólag a szemléltetés céljára vázolt összeállítást mutat arról, hogy e tudományágak fejlődése során egymással párhuzamosan hogyan csökken az időtartam a római birodalom korának elgondolásaitól a középkor és az újkor felfedezésein át az ipari forradalomig, majd a XX. század beköszöntéséig [1], [3], [4], [5], [6], [12], [14].

Nézzük meg e fűtési fejlődéstörténet néhány kiemelkedő, érdekesebb állomását, s ezek áttekintése révén el is jutunk majd az előbb említett második, rendező jellegű szempontcsoport tárgyalásához.

## A fizika és a hőtan úttörői a fűtéstechika fejlődésének tükrében

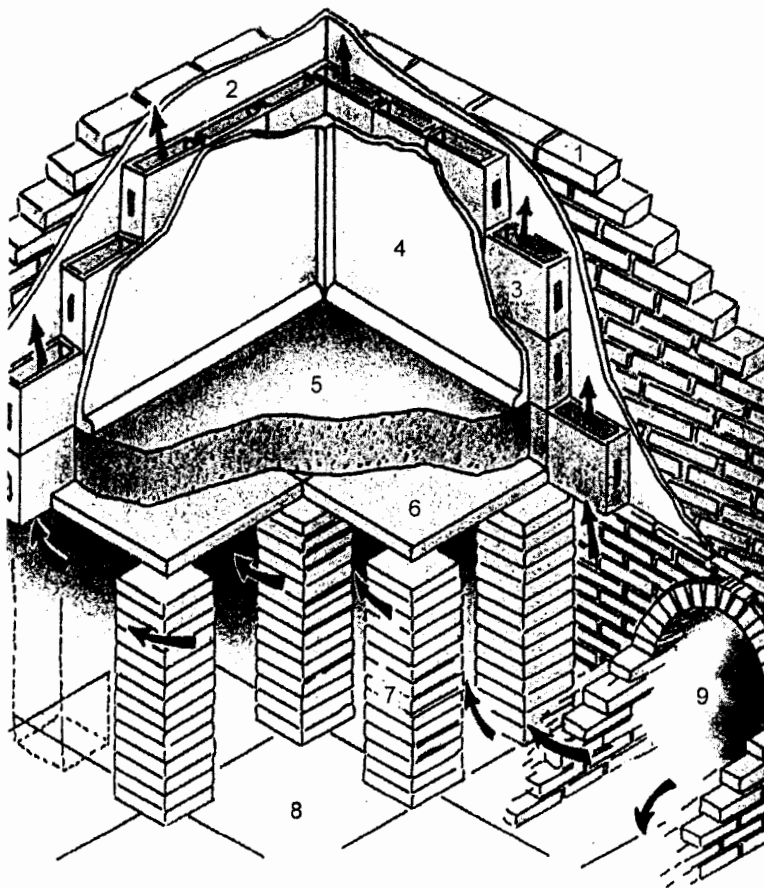
## 1.1. táblázat

Idő, év	Fizika	Hőtan	Fűtéstechika
Kr.e. 3000			Mezopotámia
Kr.e. 287–212		Arkhimédész <sup>a</sup>	
Kr.e. 100			római villák fűtése
Kr.u. 216			Caracalla thermái
Kr.u. 400			villák Pannoniában
1452–1519			Leonardo da Vinci
1550–1700	Galilei, Kepler, Pascal, Newton		Európai kastélyok
1564–1642		Galilei	
1608			Platt gőzfűtése
1662		II. Ferdinánd <sup>a</sup>	
1700–1750	Bernoulli, Franklin, Euler, Lagrange, Coulomb		
1716			Anglia: első melegvizű fűtés (Sir Martin Triewald)
1701–1744		Celsius	
1728–1799		Joseph Black <sup>b</sup>	
1767			Watt gőzgépe
1750–1800	Watt, Fourier, Ampère		Kew Gardens fűtése (London)
1769			Potsdam – Neuer Palais fűtése
1753–1814		B. Thompson (Rumford gróf)	
1768–1830		Fourier	Bonnemain
1803		Robison <sup>b</sup>	
1827			Perkins fűtés
1830			Tágulási tartály
1796–1832		Carnot	
1796–1878		Robert Mayer <sup>b</sup>	
1800–1850	Gauss, Ohm, Faraday, Bolyai, Planck, Einstein, Heisenberg		
1853			Palais du Luxemburg
1818–1899		J.P. Joule	
1822–1888		Clausius	
1824–1907		W. Thomson (Lord Kelvin)	
1824–1906		Boltzmann	
1824–1887		Kirchhoff	
1864–1928		Wien	
1858–1947		Planck	
1877			USA – Birdsill Holly
1896			Városháza – Hamburg
1900–1902			Drezdai távfűtés
1884–1905			Magyar Parlament

<sup>a</sup> A táblázatot igen célszerűen, a fűtéstechikai fejlődés szemszögéből készítettük. Ezért a „Hőtan” fejezetben kiemeltük *Arkhimédészt*, aki felfedezte, hogy a hő a melegítés hatására kiterjed, és ezzel a hőmérséklet mérés atyjának tekinthető. Ugyancsak ezért tüntettük fel a leforrasztott, alkoholos hőmérő feltalálóját, *II. Ferdinándot*.

<sup>b</sup> Az első módszeres hőtani előadást tudomásunk szerint *Black* tartotta, és *Robison* jegyezte le. *Rumford* grófjára az érdem, hogy a hő természetét kutatta, s eközben az első gőzfűtéssel is foglalkozott, *Mayer* pedig már a küszöbön állt ahhoz, hogy a hő mechanikai egyenértékét meghatározza.

A fűtés története természetesen visszanyúlik a *szabad tűzhöz*, majd a mezopotámiai kunyhók Kr.e. 3000-ből származó, s ásások során fellelt, a kunyhók közepén elhelyezett belső tűzhelyéhez, de annyi más kultúrtörténeti érdekességhez hasonlóan az első komoly megoldásokat és egyben ezek leírását a rómaiak hagyták ránk. *L. Sergius Orata*-nak (Kr. e. 80.) tulajdonítják az úgynevezett „*hypokauszumok*” feltalálását. Ennek lényege a faszénnel, vagy fával fűtött kemence, amelyből a hőt a falakban és padlóknban kiképzett csatornákon továbbították. Ugyanígy vizet is melegítettek, *Vitruvius* [11] le is írja, hogy ugyanaz a tűzhely szolgálja a fűtést, és a vízmelegítést. Ugyanilyen elven működtek például *Caracalla* thermái is, ahol már háromféle hőmérsékletű medencét (frigidarium, tepidarium, caldarium) találunk (1.1. ábra).



1.1. ábra. Római padlófűtés (hypocaustum) vázlata [11]

- 1 – külső fal; 2 – gipsz réteg; 3 – üreges téglák (tubulus); 4 – festett vakolat; 5 – habarcspadló;  
6 – hordozó téglalapok; 7 – téglapillérek; 8 – téglalapok; 9 – kemence

Rendkívül érdekes, hogy a hypokausztrum eltűnt a Római Birodalommal együtt, de ugyanezeket a megoldásokat megtalálták az utazók Kínában. Igen érdekes leírást ad például *Grammon* jezsuita misszionárius a „kang”-nak nevezett, fűtésre használt tüzhelyről. A Kew Gardens híres üvegházi narancskertjét e kínai minta alapján kezdték fűteni 1751-ben. Itt tehát a kultúrák érdekes vándorlásának lehetünk tanúi.

Említsük meg itt, hogy a korszerű energiagazdálkodás és a fűtéstechnika e korai megoldásoktól örökölt és származtat egy sor, ma is élő kérdést. Például, hogy a szabad tűznek annyira rossz a hatásfoka, és olyan nagymértékű a füstképződés, hogy ez feltétlen vezérlő szempontként vezetett a jobbítás szándékához, és így a hypokausztrumok épített tüzhelyeinek kialakításához. Itt kell keresnünk a mai kémények kialakításának kezdeteit is, ami azonban egy másik tanulmány témája lehetne. Ugyanakkor érdekes elidőznünk a gondolatnál, hogy a különféle világszervezeti programok mennyit foglalkoznak azzal, hogy Afrika népeit az épített tüzhely használatára szoktassák, s ezzel mentsek az erdőségeket.

Ha azonban visszatérünk az alapvető gondolatmenethez, és a fejlődés egyre gyorsabb ütemét vizsgáljuk, akkor a tüzhely és a hypokausztrum közötti majd 3000 éves ugrás után most kb. 1400 esztendő haladunk előre, maradva térben az európai kultúrkörben. A korszerű városfűtési megoldások megálmodója ugyanis *Leonardo da Vinci*. A reneszánsz eszméit megtestesítő, minden tudományágban oly kiváló művész gondolt ugyanis először többszintes városokra, és ezek a látomások a mai közművesített települések, így a távfűtés eredetének is tekinthetők.

A kandallók és kályhák megjelenése kétségtelenül befolyásolta a társadalmi élet alakulását is. 1370-ből való az a költemény például, melyben *William Langland* kétségbeesetten ítélte el az akkor igen korszerű fűtést:

„...A kastély nagy, közös termeiben a jaj szava hangzik,  
hiszen az úr és az úrnő már nem szeret ott ülni,  
ma minden gazdag ember egyedül költi el az étkét  
saját, benső szobájában,  
vagy a kályhával fűtött nagy teremben  
megszabadulván a szegényektől,  
elhagyván a közös termeket...” \*

Érdemes eltöprengenünk azon, hogy mai, modern távhőszolgáltató rendszereink alap gondolata innen származik. Amikor ugyanis a folyosókról kezdték fűteni a kastélyok kályháit, megszabadultak a fűtés szennyező, munkás és kellemetlen részétől, és a szobákban már csak a szép felületeket látták és a kellemes meleget érezték.

Ugyanezen időszakból, de már a 13. század közepétől kezdve találunk beszámolókat az európai vár- és kastélyépítkezés kályháiról és fűtési megoldásairól. Ha most itt részletes tanulmány összeállítására vállalkoznánk, akkor mondanivalónk túlságosan sokfelé ágazna. Beszélhetnénk ugyanis például a kályhák művészettörténeti értékéről és jelentőségéről, valamint arról, hogy miként próbálták a fűtési és főzési feladatokat egyesítve, ugyanazzal a beren-

\* A könyv szerkesztőjének szabad fordítása. Az eredeti szöveg a [12] irodalmi forrásban olvasható angol nyelven.



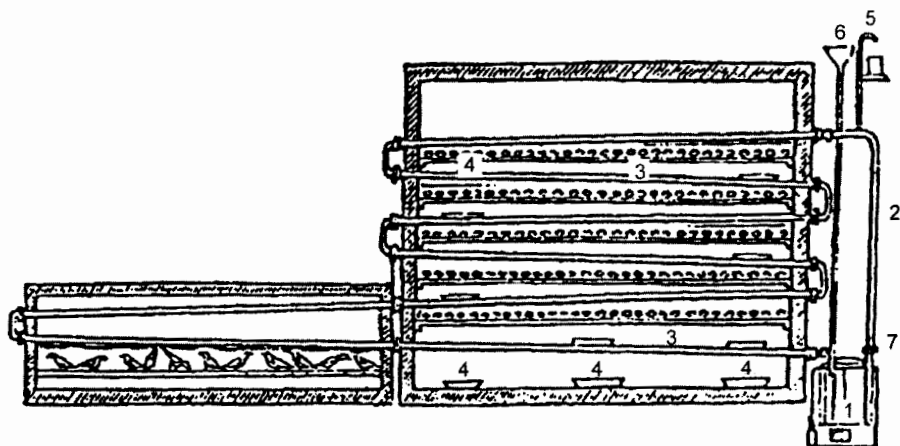
dezással megoldani. Taglalhatnánk, hogy milyen kísérleteket is végeztek a kályhákhoz csatlakoztatott légfűtőrendszerek megoldására, hogy hogyan alakultak ki a rostélyok, és hogy hogyan törekedtek a kéményépítés megoldására és terjesztésére annak érdekében, hogy a szörnyű tűzvészeket és hatásukat csökkenthessék. (Bővebb tárgyalásért lapozzunk kötetünk „Egyedi fűtések” c. fejezetének 4.1. pontjához!)



1.2. ábra. Platt gőzkazánja (1594-ből való ábra, az 1608-ra tehető gőzfűtés kiinduló gondolata) [12]

Az igazi forradalmi újdonság azonban a hőhordozó közeg alkalmazása volt, melynek első komoly megjelenési formája *Sir Hugh Platt* gőzfűtése (1.2. ábra). *Platt* híres Erzsébet-kori ügyvéd volt, aki 1608-ban, tehát 200–300 évvel a korai középkori kastélyok kályhái után üvegházi célokra feltalálta a csővezetékben szállított gőzzel való fűtést. Érdekes lenne elidőznünk *Platt* találmányainál, de ugorjunk most már át a kontinensre, ahol ugyanezen korból találunk francia fűtési leírásokat. Most már csak 100 esztendő kell ahhoz, hogy a mai fűtések egyik atyja, a svéd *Sir Martin Triewald* 1716-ban melegvízfűtést valósítson meg, és *Bonnemain* 1777-ből származó beszámolója már a korszerű melegvízfűtések minden elemét megemlíti (1.3. ábra).

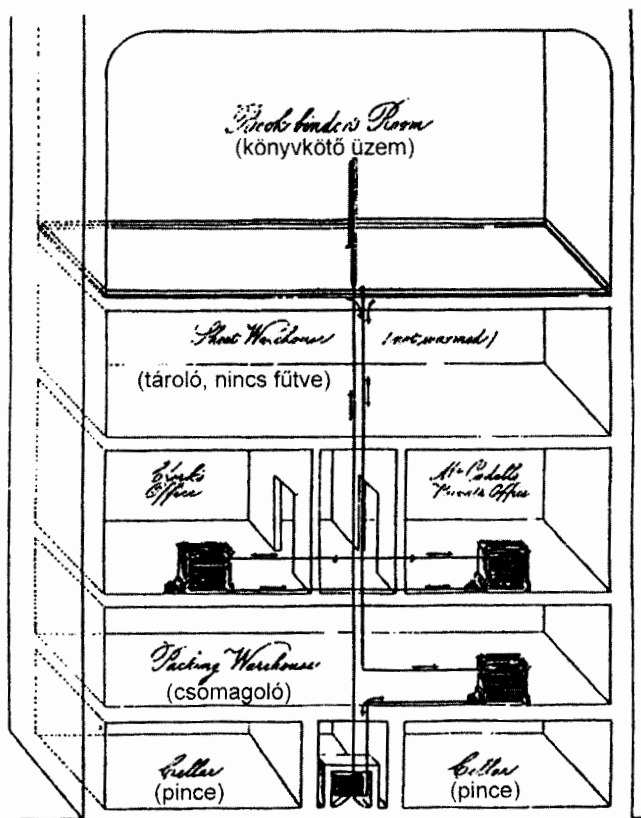
Ugyanerre az időre, pontosabban 1767-re esik *Watt* találmányának, a *gőzgépnek* a bejelentése, és innen kezdve a műszaki haladás felgyorsul és megállíthatatlan.



1.3. ábra. *Bonnemain* csirkenevelője melegvíz fűtéssel – 1777. [12]

1 – melegvíz kazán; 2 – előremenő csővezeték; 3 – visszatérő vezeték; 4 – keltető kamra; 5 – légtelenítés; 6 – töltés; 7 – szabályozó szerkezet

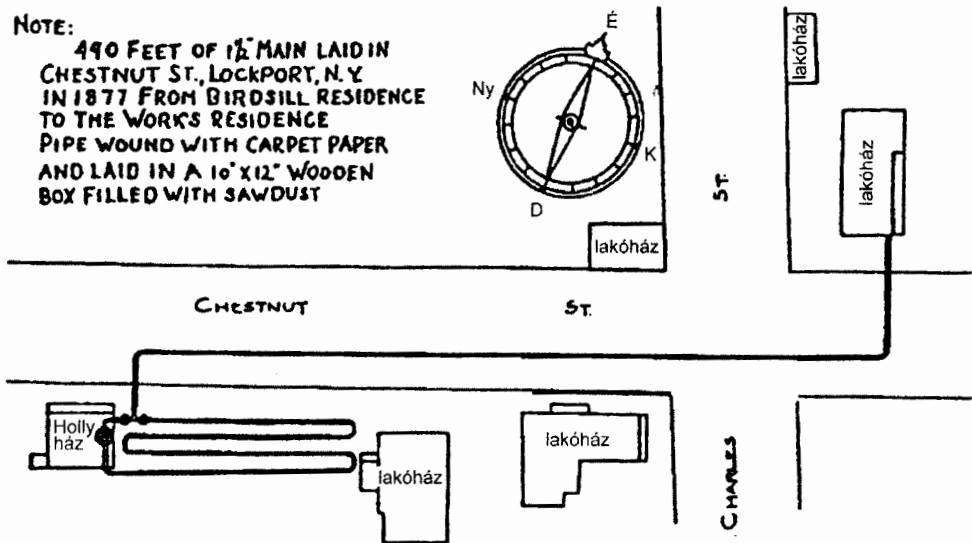
Watt találmányához kötik az első nagyobb **gőzfűtési rendszer** megvalósítását egy angol fonodában. Innen kezdve a fejlődés olyan gyors, és annyi esemény követi egymást, hogy itt csak néhány, valóban kiemelkedő megoldást és évszámot emelhetünk ki. Ilyen például, hogy 1812-ben Szentpéterváron, 1819-ben pedig Londonban létesítették az első, **melegvíz központi fűtéssel** ellátott lakóépületet. 1830 táján a francia d'Hamelincourt (és Bonnemain) nevéhez fűződik a tágulási tartályok mai formájának kialakítása, és ekkor születtek az úgynevezett Perkins fűtések. A Perkins fűtés azután sokáig uralta a középületek fűtési megoldását. Ezen úttörő elgondolás alkalmazásából a kiegyezés után gyorsan fejlődő Budapest is kivette részét. Az Üllői úton létesült klinikai épületek és számos egyéb középület (bankok, múzeumok) fűtése készült ezzel az eljárással (1.4. ábra).



1.4. ábra. A. M. Perkins nagyhőmérsékletű vízfűtési rendszere – 1831 [12]

Innen a fejlődés felgyorsul, s egyre nehezebb a kiemelkedő megoldásokat érdemük szerint felsorakoztatnunk. Említésre méltó még például a Palais du Luxemburg 1853-ban megvalósított fűtési rendszere, melynek csővezetéke összesen meghaladta a 8000 méter hosszúságot, majd 1867-ben építették a Berlini Városháza központi fűtését.

Így érkezünk a 19. század végére, s emeljük ki, hogy az akkori Budapest számos egyéb, igen haladó kulturális, civilizációs, urbanizációs megoldáshoz hasonlóan – a fűtéstechnika terén is Európa, sőt a világ vezető városai közé tartozott. Különösen kiváló ez az élenjáró szerep, ha szólunk néhány szót az ugyanekkor, a 19. század végén elterjedően lévő távfűtésről is. Természetesen van némi vita arról a nem túl fontos kérdésről, hogy mit is nyilvánítsunk az első távfűtésnek. Joggal küzd ezért a megkülönböztető címért az amerikai *Birdsill Holly*, aki 1877 táján, a tűzvédelmi rendszer továbbfejlesztésével Lockportban (New York, USA) épített távhő rendszert [12] (1.5. ábra).



1.5. ábra. Birdsill Holly első távfűtési rendszere – 1877 [12]

Megjegyzés: 490 láb 1 1/2" méretű csővezeték a Chestnut utcában. A vezeték B. Holly lakásától vezetett. A csővezetéket papírra tekerve 10"x12" méretű, fűrészpórral megtöltött fadobozokba helyezve vezették.

Európa első közismert távhőellátó rendszerei a hamburgi Városháza (1896), és a sajnálatos módon agyonbombázott Drezda belvárosi, nagyhirű műemlék épület-együttese (1900–1902). A millennium korabeli Magyarország már említett technikai haladottságára az jellemző, hogy a Magyar Országgyűlés palotájának hőellátása ugyanebbe a kategóriába sorolható. Az 1884 és 1905 között létesített neogótikus stílusú épületet ugyanis – főként az esztétikai tökéletesség érdekében – a szomszédos Balassi Bálint utcából fűtik, hiszen így lehetett a képmény építését elkertülni. Ez a hőellátási megoldás számos egyéb technikai újdonság mellett az épületet a kor legszínvonalasabb létesítményei közé emeli.

Innen már századunk hihetetlen fejlődésének története következne, aminek ismertetése nem szükséges ahhoz, hogy belássuk: tudományunk s vele a technikánk és technológiánk egyre gyorsulva halad és változik.

Ugyanerre az időpontra tehető a fűtéstechikával foglalkozó kutatás és irodalmi munkásság kezdete is.

Az első, kifejezetten fűtésekkel foglalkozó könyvet 1840-ben a francia fizikus, *Peclet*, és egy *Hood* nevű angol mérnök írta. Ezt a könyvet már egy esztendővel később lefordították németre is, majd 1886-ban alakult az első, klasszikusan fűtés- és szellőztéstechnikával foglalkozó európai egyetemi tanszék. Ez volt *Hermann Rietschel* tanszéke a berlini Műszaki Egyetemen. Rietschel korai összefoglaló munkája 1893-ban jelent meg [14], és 1940-ből származik *Réthy* [13] könyve, ez az első magyar fűtéstechikai szakkönyv. 1950-ben alapították a Budapesti Műszaki Egyetemen az Épületgépészeti Tanszéket, *Macskásy Árpád* professzor vezetésével, s ő teremtette meg a hazai fűtéstechikai szaktudomány alapjait is [10]. Ma már a fűtéstechikai fejezet igen szerteágazó tudomány, mely számtalan alap- és alapozó tudományra támaszkodik, s igen sok társtudománnyal működik együtt.

A fűtéstechikai megoldások kronológiai története, és a tudományág fejlődésének időbeni áttekintése után vizsgáljuk meg azt a bevezetőnkben kitűzött második célt is, hogy miként alakul a történelem során a fűtések központosításának és egyediesítésének sorsa, s hogy vajon egyenes vonalú-e ez a változás a történeti fejlődés során.

A már említett igen korai római fűtések a mediterrán éghajlat alatt szolgáltak megfelelően, és északabbra már egyre kevésbé voltak kielégítőek. Ugyanakkor megindult a küzdelem a jobb hatásfokért, a jobb hasznosításért, a gazdaságosabb megoldásokért. Egyidejűleg eleink arra is törekedtek, hogy a tüzelést minél kevesebb fáradsággal és szennyeződéssel lehessen megoldani. Egyre nagyobb fontossággal bírt tehát az a gondolat, hogy az egyedi tüzelőszervezet – legyen az nyitott tűz, vagy akár kályha, vagy tűzhely – mindenképpen csak egy korlátozott terület fűtésére alkalmas, s hogy valamennyi szobában tüzelőszervezetre volt szükség, ami igen munkaigényes, sok piszkot okozó, tűzveszélyes megoldásnak bizonyult. Ez az oka annak, hogy a legkorábbi fűtéstechikusok – csakúgy, mint később a világítástechnika úttörői – azzal foglalkoztak, hogyan lehet a nagyméretű, egyedi energiaforrást kicsi és egyedileg szabályozható egységekké alakítani. Ezáltal akarták megoldani azt is, hogy a konyhában, tűzhelyen, később kazánban, stb. előállított hővel sok kis helyiséget lehessen fűteni.

Lényegében ez a gondolat kíséri végig a fűtéstechika történetét. Ez vezetett a már ismertett korai központi fűtésekig, majd a 19. század végén, az urbanizációval és iparosítással a távhőellátásig. Az ugyanis, hogy az emberek előkészítve és szabályozva, közműszerű ellátásként akarták megkapni a hőt, hogy mindenki törekedett a tűzveszély elkerülésére, a városok füst- és korommentesítésére, a forgalomterhelés csökkentésére, a kéményépítés lehető elkerülésére – mai szóval a környezetvédelemre –, valamint az, hogy meg akarták takarítani a tüzelőanyag tárolásra szükséges helyet, a távhőellátás rohamos fejlődéséhez vezetett. Ugyanezt a tendenciát segítette a kapcsolt hő- és villamosenergia termelésének egyre korszerűbb megoldása. Ebben a rövid összefoglalásban semmiképpen sem tudunk kitérni annak elemzésére, hogy a fűtési megoldások mindig is szoros összefüggést mutattak a társadalmi rétegek jólétével, vagy szegénységével, s hogy a fűtéstechika a korszerű társadalmak szociálpolitikájának fontos eleme, sőt politikai eszköz is lehet, főként a ma olyan fontos energiagazdálkodási és környezetvédelmi kérdések előtérbe kerülése miatt.

Annak érdekében tehát, hogy a tárgyalást kitűzött célunknak megfelelő mederben tartsuk, társadalmi, politikai és szociológiai kérdések elemzésének mellőzésével említjük meg, hogy a tömeges építkezés kedvezett az egyre nagyobb méretű és kiterjedésű távhőellátó rendszerek létesítésének a fogyasztók, felhasználók, a lakásépítés és a fokozódó urbanizáció oldaláról. A hosszú ideig uralkodó panelépületek létesítésekor kímény építésére gondolni sem akartak, s ezt az építési módot műszakilag a távfűtési megoldásra alapozták.

Ugyanakkor az atomenergia békés célú elterjedése a termelés oldaláról is ezt a tendenciát erősítette, hiszen a hőellátás nagymértékű centralizálását eredményezte a lakott területtől távol épített, nagyteljesítményű hőellátó központok létesítésével. Mióta pedig a szemét megsemmisítése és egyben hasznosítása a városias települések egyre égetőbb problémája, azóta a hulladékégető telepek is a lakott telepen kívül épített, koncentrált hőellátás elvét valósítják meg. (Mindezek taglalására kötetünk „Távhőszolgáltatás” c. fejezetében még visszatérünk!)

Most azonban térjünk vissza a gondolathoz, hogy ma az elvileg szinte korlátlanul rendelkezésre álló gázenergia új irányzatokat jelent és jelöl ki számunkra. A gázipar ma már igen kis egységteljesítménnyel is gazdaságosan felhasználható, tiszta, jól szabályozható, szállítást, tárolást, emberi fáradozást nem igénylő, a használati melegvíz termelését is megoldó fűtési megoldásokat kínál. Kétségtelen tény, hogy a „hidegen” szállított energia olcsóbb, gazdaságosabb és egyszerűbb, s hogy az egyedi szabályozás és mérés megoldhatósága csábító tényező lehet.

A hazai energiaárak szerkezete ma még súlyos ellentmondásokat tartalmaz, és ezért a távfűtések és gázfűtések versenyét igen sokszor az ár befolyásolja, és dönti el a tiszta műszaki és gazdasági megfontolások helyett. Ezek a tényezők vezetnek oda, hogy megfeledekezünk a korábban vitathatatlan vívmánynak tekintett környezetvédelmi eredményekről, s hogy ily módon sok városunk, vidékünk, kerületünk, lakótelepünk tördeli ma szét a korábban egységes ellátással megoldott fűtési rendszert kisebb-nagyobb központi, vagy egyedi fűtésű egységgé. Így a fűtések minél nagyobb méretű központosítása, majd decentralizálása a fűtéstechnika állandóan felszínén lévő vitatémája.

Külön kell megemlékeznünk a napenergia hasznosítás történetéről. A megújuló energiák hasznosítása ugyanis fontos tényező modern fűtéstechnikánkban, de a nap- és szélenergia hasznosítási törekvéseit elsősorban általában nem a fűtés megvalósítása határozta meg, hanem messzebbre tekintő, hadi- és energiatermelési célokat próbáltak így megvalósítani. Így a fűtéstechnikai célú törekvések levezetése bonyolult és erőltetett, sőt néha felesleges fejtegetésekbe torkollhatna.

„...Már az ókorban több fizikus, – többek között *Arkhimédész és Héron* – foglalkozott gyújtótükör előállításával, szakrális és hadászati jellegű célok elérése érdekében. A rómaiak is használtak tükrös koncentrálószervezetet (a leírások szerint *Proclus* Kr. e. 514-ben így semmisíti meg a gót flottát Konstantinápolynál). Rómában az áldozati tüzet tükörrel gyújtották meg, és sok nép vallásos szertartásainál történt ez hasonlóképpen. Az ókor azonban nemcsak a napsugár koncentrálásával tudott bűvészkedni, hanem egyéb hatásokkal is számolt.

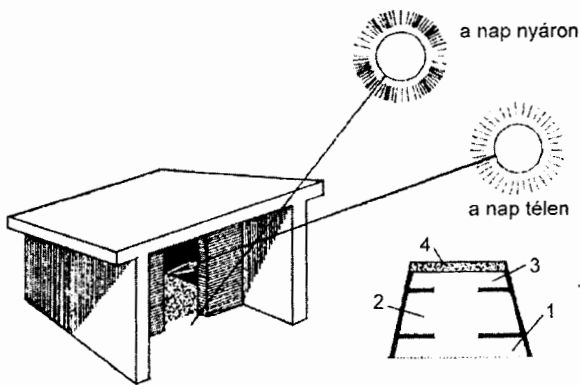
*Xenophón* például jótanácsként ezt írja az építészeknek: az épületeket a déli oldalon magassabbra kell építeni, a téli napsugárzás hasznosítására (1.6. ábra).

A következő jelentős lépés a napenergia-hasznosításban *Galilei* üvegből csiszolt lencséje volt. (Nem lehet elmulasztanunk itt azt a megjegyzést, hogy a hőmérő őst is *Arkhimédész* és *Galilei* alkoták!)... Lencse felhasználásával készített *De Caus* 1615-ben egy működő szobaszőkőkutató. Ezzel elkezdődött a sugárzással működtetett gépek szerkesztése. 1770 körül készíti el Svájcban *De Saussure* az első használható síkkollektort.

A több rétegű üveglemezzel épült szerkezet a ma is használt sugárzáshasznosító őse. 1872-ben Chilében olyan szerkezet épült, amely naponta  $27 \text{ m}^3$  ivóvizet tudott tengervízből desztillálni. A XIX. század a napsugárzással működő erőgépek, az ún. napmotorok építésének időszak. A szubtrópusi éghajlati zóna energiahordozókban szegény, így a nagy intenzitású, tartós napsütést voltak kénytelenek hasznosítani, ezért sorra épülnek a főként szivattyúzásra szolgáló erőgépek. Az erőgép-építés mestere *Bernard Muchot* francia professzor, aki 1864-ben szivattyútelepet helyezett üzembe Algír mellett. A gép tükre öt méter átmérőjű volt és percenként  $2,5 \text{ m}^3$  vizet szállított. Ugyanő készítette az 1878-as világiállításon bemutatott nyomdagéphajtó napmotort is...” [2]

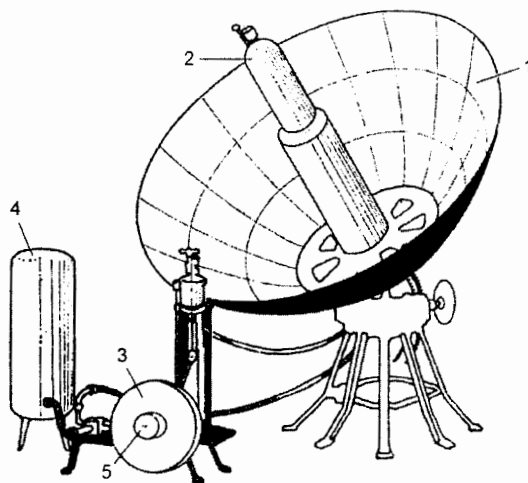
A szakirodalom így általában *B. Muchot*-ot tartja a napenergia hasznosítás atyjának (1.7. ábra). A tájékozódás kedvéért jegyezzük meg, hogy körülbelül ugyanekkor találták fel a *Siemens* és a *Martin* testvérek a róluk elnevezett acélgyártást, s a francia *G. Parry* a salakgyapotot.

„... 1879-re teszik az első, mintegy  $2 \text{ kW}$  teljesítményű amerikai napmotor elkészültét is. Ezzel az amerikai kontinensen is megindult a sugárzás hasznosítására szolgáló szerkezetek fejlesztése. A századforduló környékén  $8\text{--}15 \text{ kW}$  teljesítményű gépek épülnek már. 1913-ban amerikai tervek alapján készült



1.6. ábra. Szóraktész napház-elve [2]

1 – fedett terasz; 2 – lakóhelyiség; 3 – belső helyiség; 4 – hőtároló fal



1.7. ábra. Muchot nyomdagéphajtó napmotorja [2]

1 – parabolikus sugárzás gyűjtő; 2 – forróvíz tartály biztonsági szerelvényekkel; 3 – turbinakerék biztonsági szerelvényekkel; 4 – lehűlt víz tartálya visszatérő vezetékkel; 5 – tengelyvég

el az a Kairó melletti erőtelep, amelynek 73 kW teljesítményével a Nílusból egy gyapotültetvényre szállították a vizet. A 30-as években egy újabb hasznosítási irányzat jelenik meg: a közepes hőmérsékletű hőtermelés, épületfűtési és melegvízkészítési célra.

Korszakalkotó kísérleti épület volt az első, ún. MIT (Massachusetts Institute of Technology) napház. A kb. 50 m<sup>2</sup> alapterületű, két helyiségből álló épület 1939-ben készült el. Az épület magastető-szerkezetén helyezték el a 34 m<sup>2</sup> felületű, háromszoros üvegezéssel ellátott kollektor-szerkezetet. A hőenergiát egy 62 m<sup>3</sup> ürtartalmú tartály vizében tárolták. A helyiségeket légfűtéssel temperálták. A kísérlet folytatásaként még három MIT-ház készült el a későbbi években, az utolsó 1959-ben. Ez az épület már lakható volt, és az éves fűtési hőigény mintegy 50%-át a napsugárzásból fedezték.

Az európai kontinens első jelentős épülete a *St. Georges-School*, amely 1961-ben épült Angliában, és azóta hibátlanul üzemel. Az épület komplex hőtechnikai rendszerével tűnik ki, mert nemcsak a napsugárzást, hanem a belső hőtermelőket (világítás, emberek, gépek) is számításba vették.

1958-ban indult útjára az első *mesterséges hold*, mely energiáját napelemekből kapja, a neve *Vanguard-1* volt.

Új irányzat – jöllehet az eljárás nem új – a napsugárzásnak *növényzettel* való hasznosítása. A növények a Nap sugárzását ugyan csak kis százalékában hasznosítják vegyi úton, de nagy elnyelőfelület legolcsóbban e módon valósítható meg...” [2]

A megújuló energiákkal, a szoláris technikával kötötünk „Megújuló, nem hagyományos energiaforrások” c. fejezete foglalkozik.

A fűtéstechnika történetéről és az ebből levonható következtetésekről külön kötetet állíthatnánk össze. Mivel azonban jelen könyvünk célja a műszaki tartalom tárgyalása, elégedjünk meg a felsorolt szempontok felvetésével, s térjünk át a technikai kérdések tárgyalására.

## Irodalom

- [1] Bánhidi, L. – Homonnay, Gyné – Zöld, A.:  
*Fűtéstechnika III. Főiskolai jegyzet*  
Kossuth Lajos Tudományegyetem – Műszaki Főiskolai Kar kiadása,  
Debrecen, 1997.
- [2] Gyurcsovics, L.:  
*A napenergia hasznosítása az épületgépészetben*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1982.
- [3] Homonnay, Gyné:  
*Távfűtések Egyetemi jegyzet*  
Tankönyvkiadó, Budapest, 1975.
- [4] Homonnay, G.:  
*Fernheizungen*. Verlag C. F. Müller, Karlsruhe, 1977.

- [5] Homonnay, Gyné – Molnár, Z.:  
*Fűtéstechnika*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.
- [6] Homonnay, Gyné:  
*Fűtéstechnika II. Főiskolai jegyzet*  
Kossuth Lajos Tudományegyetem – Műszaki Főiskolai Kar kiadása,  
Debrecen, 1996.
- [7] Homonnay, Gyné:  
*A fűtés és távfűtés rövid története*  
Debreceni Szemle, VII. évf. 1. szám (1999. március) pp. 35–44.
- [8] Homonnay, Gyné:  
*Fűtéstechnika CD lemez* Multimédiás segédlet, Verzió: 1.0.  
Épületgépészet Kiadó Kft., Budapest, 1999.
- [9] Kraft, G.:  
*Heizungstechnik*  
Verlag Technik GmbH, Berlin, 1991.
- [10] Macskásy, Á. és szerzőtársai:  
*Központi fűtés I. és II.*  
Tankönyvkiadó, Budapest, 1975.
- [11] Paturi, R. F.:  
*A technika krónikája*  
Officina Nova Könyv és Lap Kiadó Kft., Budapest, 1998.
- [12] Pierce, M.:  
*The Introduction of Direct Pressure Water Supply, Cogeneration, and District Heating in Urban and Institutional Communities, 1863–1882*  
Doktori értekezés, University of Rochester, 1993.
- [13] Réthy, M.:  
*Korszerű központi fűtések* (II. kiadás)  
Építőipari Könyvkiadó, Budapest, 1950.
- [14] Rietschel, H. – Raiss, W.:  
*Fűtés- és légtechnika*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1964.
- [15] Sabján, T.:  
*Az üveg mögött a tűz*  
Tér és Rend V., évf. 6. szám (1997) pp. 34–35
- [17] Schramek, E. R. (Recknagel-Sprenger):  
*Taschenbuch für Heizung+Klimatechnik 2000* (69. Auflage)  
R. Oldenbourg Verlag, München-Wien, 1999.
- [16] Simonyi, K.:  
*A fizika kultúrtörténete*  
Gondolat Kiadó, Budapest, 1978.



## 2. A fűtés célja és feladata

*A fűtés célja* általánosságban az, hogy **a zárt tereket télen emberi tartózkodásra alkalmassá tegyünk**, azaz függetlenítsük a fűtött helyiség hőmérsékletét a meteorológiai körülményektől. E célt a feladatok pontos megfogalmazásával és lehető teljesítésével lehet elérni.

Ennek érdekében a fűtési rendszer, megoldás *elsőrendű feladatát* tudományos pontossággal a következőképpen fogalmazzuk meg: a fűtéssel lehetővé tesszük, hogy **az ember fölös hőjétől kellemes testfelületi hőmérséklet mellett szabaduljon meg**. A fölös hő és a kellemes testfelületi hőmérséklet fogalmát az „Alapismeretek” kötet „Hőérzet” c. fejezetében már megismertük. Azt is tudjuk, hogy a közérzetet jellemző eredő hőmérséklet a sugárzási és levegő hőmérsékletek együtteséből adódik. Ugyancsak az „Alapismeretek” kötet „Időjárás, éghajlat” c. részében foglalkoztunk azon meteorológiai körülmények meghatározásával és leírásával, amelyek ellenében a megfelelő hőkomfortot biztosítanunk kell.

Ugyanakkor elvárás az, hogy a fűtött helyiségben a hőmérséklet térbeni és időbeni változása megfeleljen a követelményeknek, azaz például az éjszakai és nappali állapot, a függőleges és vízszintes irányú hőmérsékleteloszlás biztosítása megoldott legyen.

További elvárás, hogy a fűtőberendezés ne rontsa a helyiség levegőjét, ne keletkezzenek káros porok, gőzök, vagy gázok, ne ébredjenek zajok. A fűtőtestek higiénikusak, jól tisztíthatók és esztétikusak legyenek, és környezetük jól és könnyen takarítható legyen. A fűtés miatt ne keletkezzék zavaró légáramlás, vagy huzatjelenség.

Itt jegyezzük meg, hogy a fűtés a komfort célokon kívül számos egyéb hőtermelési, ipari, mezőgazdasági folyamatot is szolgálhat, s hogy a fűtés ma már egyre inkább kiegészül egyéb épületgépészeti berendezésekkel, melyek a hőmérsékleti értékeken túlmenően a levegő sebességét, nedvességtartalmát és tisztaságát is befolyásolni tudjuk.

A második feladat az **energiával való takarékos gazdálkodás**, az energiafelhasználás lehető csökkentése. Az „Alapismeretek” kötet „Energiagazdálkodás” c. fejezetének tanulmányozása alapján világos, hogy Magyarország, – de a miénkhez hasonló földrajzi-meteorológiai körülmények között lévő, és hasonló fejlettségű országok mindegyike – évi összes energiafogyasztásának 35–40%-át az épületek fűtésére, illetve hőellátására fordítja. Ez a súlyos gond még súlyosabb amiatt, hogy a fűtés korántsem egyenletesen jelentkező igény, tehát a tárolás és tartalékolás gondját is magában rejti. Annak a felismerésnek tükrében, hogy

földünk összes hagyományos energiakincse véges, elemi követelménnyé vált az energiafelhasználás csökkentési lehetőségeinek feltárása és megoldása.

Ugyanakkor azonban az is elvárás, hogy a fűtőrendszer legyen olcsó és költségkímélő, legyen szó akár az egyszeri, akár a folyamatos költségekről. Nem kielégítő tehát az energiagazdálkodási szempontok önmagában való teljesítése, a pénzügyi szükségszerűségre is figyelmet kell fordítani.

Mindezek miatt ma elemi kérdés a fűtési rendszerek irányítástechnikai kérdéseinek megoldása, melyet az épületszerkezettel és a felhasználással teljes összhangban kell kezelni és megoldani.

A harmadik feladat a **környezetvédelem**. Azon felül ugyanis, hogy sok a fűtési fogyasztó, szétszórtan is helyezkednek el, nehézkes is a törvényi szabályozás és annak betartatása. Így tehát mind a felhasznált tüzelőanyag mennyiségének előbb említett csökkentésével, mind pedig a berendezések, eszközök minőségének javításával arra kell törekednünk, hogy veszélyeztetett környezetünket mentsük a szennyezéstől és a pusztulástól.

Természetesen ebben a kérdéscsoportban a korszerű tüzelőszerkezetek, az égéstermék kibocsátás, a kéményrendszerek szerepe döntő jelentőségű [1], [2], [3], [4].

## Irodalom

- [1] Barótfi, I. (szerk.):  
*Környezettechnika kézikönyv*  
Környezettechnika Szolgáltató Kft., Gödöllő, 1990.
- [2] Barótfi, I. (szerk.):  
*Energiafelhasználói kézikönyv*  
Környezettechnika Szolgáltató Kft., Gödöllő, 1993.
- [3] Homonnay, Gyné:  
*Fűtéstechika II. Főiskolai jegyzet*  
Kossuth Lajos Tudományegyetem – Műszaki Főiskolai Kar kiadása,  
Debrecen, 1996.
- [4] Schramek, E. R. (Recknagel-Sprenger):  
*Taschenbuch für Heizung+Klimatechnik 2000 (69. Auflage)*  
R. Oldenbourg Verlag, München-Wien, 1999.

### 3. A fűtési megoldások csoportosítása

A fűtési megoldásokat igen sokféleképpen csoportosíthatjuk. E könyvben elhagytuk a gyakran már-már öncélú osztályozási rendszereket, és a további tárgyalás megkönnyítésére és előkészítésére kiemeltük a következő 4 alapvető szempontot:

- a hőtermelés forrása, a hőtermelés és a hőleadók helyzete, elrendezése, illetve a rendszer teljesítménye, elterjedtsége szerinti csoportosítás,
- a felhasznált energia szerinti csoportosítás,
- a központi- és távfűtési rendszereknél a rendszerben keringő hőhordozó szerinti csoportosítás és
- a hőleadók, fűtőtestek hőleadási módja szerinti csoportosítás.

*A hőtermelés forrása, a hőtermelés és a hőleadók helyzete, elrendezése, illetve a rendszer teljesítménye, elterjedtsége szerint a fűtési megoldás lehet:*

- **Egyedi fűtés:** a tüzelőszerkezet, hőtermelő (azaz a berendezés, ahol a kémiai, vagy villamos energia hőenergiává alakul át) magában a fűtendő térben helyezkedik el.
- **Központi fűtés:** egyetlen lakás, vagy épület több helyiségének, illetve több kisebb épületből álló (épület)csoport fűtését egyetlen kazántelep, (illetve egyetlen hőközpont) látja el. A kazántelep állhat egy és több kazánból is (a hőközpont hőtermelői hőcserélő egységek). A fűtendő helyiségekben különféle hőleadók vannak. Legkisebb egysége az egy lakás fűtését szolgáló, egyetlen kazánnal, mint hőtermelővel ellátott fűtési rendszer. A kazán (illetve hőcserélő) és a hőleadók között csővezetéken hőhordozó közeg kering.
- **Táv hőszolgáltatás:** több, kisebb-nagyobb épületből álló épületcsoport, de akár egész városrész, vagy város központosított hőellátása. Megoldható kizárólagos hőtermeléssel, vagy villamos energiatermeléssel egybekötött hőtermelés formájában.

*A felhasznált energia szerint ismerünk:*

- **hagyományos tüzelőanyaggal:** szilárd tüzelőanyaggal, olajjal, vagy gázzal működtetett fűtéseket,
- **különböző, nem hagyományos anyagok:** biomassza, hulladékok eltüzelésére alkalmas fűtéseket,
- **elektromos** fűtéseket,
- **a hő- és villamos energiatermelés együttesén** alapuló fűtéseket,
- **megújuló energiákkal,** napenergiával működő, hőszivattyús, és egyéb különleges energiahordozóval működő fűtéseket,
- **alternatív** megoldásokat.

*A központi- és távfűtési rendszereknél a rendszerben keringő hőhordozó szerint megkülönböztetünk:*

- vízközegű fűtések,
- gőzközegű fűtések,
- légfűtések.

*A hőleadók, fűtőtestek hőleadási módja szerint a fűtések lehetnek:*

- döntően konvekciós, vagy
- döntően sugárzó fűtések, illetve
- különféle kombinált fűtések.

Kötetünk tárgyalási menete ezt a felosztást követi. Ezért elsőként az egyedi, majd a központi fűtések, végül a távhőszolgáltató rendszereket tárgyaljuk. A rendszereken belül értelemszerűen alkalmazzuk a többi felsorolt szempont szerinti csoportosítási lehetőségeket.

## Irodalom

- [1] ASHRAE – Technical Committees and Task Groups:  
*Ashrae Handbook HVAC Systems and Equipment*  
ASHRAE Inc. Atlanta, USA, 1996.
- [2] Bánhidi, L. – Homonnay, Gyné – Zöld, A.:  
*Fűtéstechika III. Főiskolai jegyzet*  
Kossuth Lajos Tudományegyetem – Műszaki Főiskolai Kar kiadása  
Debrecen, 1997.
- [3] Homonnay, Gyné:  
*Fűtéstechika I. Egyetemi jegyzet*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1976.
- [4] Homonnay, Gyné:  
*Fűtéstechika II. Főiskolai jegyzet*  
Kossuth Lajos Tudományegyetem – Műszaki Főiskolai Kar kiadása  
Debrecen, 1996.
- [5] Homonnay, Gyné – Molnár, Z.:  
*Fűtéstechika*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.
- [6] Macskásy, Á. és szerzőtársai:  
*Központi fűtés I. és II.*  
Tankönyvkiadó, Budapest, 1975.
- [7] Molnár, Z.:  
*Fűtéstechika II. Egyetemi jegyzet*  
Tankönyvkiadó, Budapest, 1977.
- [8] Schramek, E. R. (Recknagel-Sprenger):  
*Taschenbuch für Heizung+Klimatechnik 2000* (69. Auflage)  
R. Oldenbourg Verlag, München-Wien, 1999.

## 4. Egyedi fűtések

Kötetünk „A fűtési megoldások csoportosítása” c. fejezetében rögzített meghatározás szerint egyedi fűtési rendszerről beszélünk, ha a fűtendő helyiségbe szállított kémiai, vagy villamos energiát ugyanebben a fűtendő helyiségben alakítjuk át hőenergiává. Hőenergia formájában tehát szállítás nincs.

Az úgynevezett lakó- és kommunális épületekben, vagy másképpen a „sejtes”, sok szobából álló létesítményekben korunk levegőtisztasági-urbanizációs-higiéniai és civilizációs követelményei miatt nagyon elterjedt a kazánházakról, vagy távhálózatról működtetett központi fűtés, de ezeknél is megmaradt és manapság újra egyre gyakoribb az egyedi fűtés alkalmazása, hiszen igen fontos esztétikai, hangulati elemként, díszítőként, ideiglenes, vagy kiegészítő megoldásként. Létjogosultságát sok esetben az egyszerűség, könnyedség, kis helyfoglalás, olcsó beruházás és fenntartás is alátámasztja. Az egyedi fűtés ipari, mezőgazdasági létesítményekben, a nagy terekben, a csarnokfűtések terén is igen versenyképes. A gázsugárzókkal kiterjedt, zárt, illetve félig szabad terek is fűthetők, és e megoldás kis tehetetlensége, tisztasága és egyszerűsége miatt adott esetben egyedülállóan előnyös.

A gyártmányok rendkívüli sokasága, állandó fejlődése és változatossága, valamint az, hogy az egyedi fűtés általában inkább *alkalmazási*, mint *tervezési* feladatot jelent, e könyvben csak egy rövid, összefoglaló tárgyalást engedélyez.

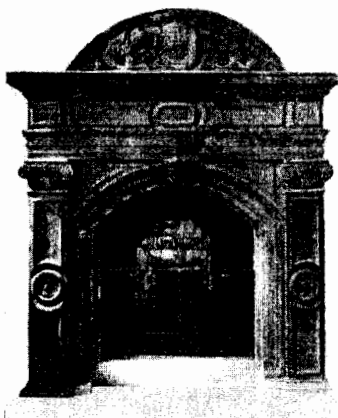
Amennyiben megjelenésük, kialakításuk szerint csoportosítjuk az egyedi fűtések, úgy megkülönböztetünk:

- kandallókat és
- kályhákat, illetve
- egyéb, közös néven nehezen nevezhető, különféle egyedi fűtések.

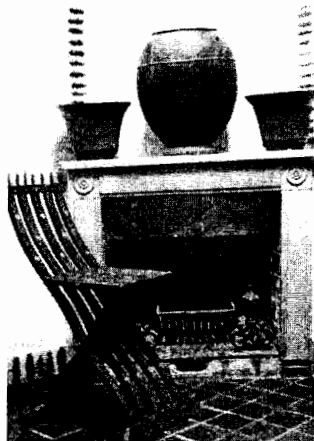
### 4.1. Kandallók

A kandalló a házi tűzhelyeket követő legrégebbi tüzelőberendezés, mely – ahogy ezt már a történeti fejezetben említettük –, a középkor és a reneszánsz fontos lakásdíszje volt [6], [9], [11]. Külön művészettörténeti tanulmányt igényel az angol, lombard, francia, német, holland

és olasz kialakítás [13]. Példaképpen maradjunk Magyarországon. A **4.1. ábrán** Sárospatak-várának, a **4.2. ábrán** pedig az Alsó-Fehér megyei Borberek kúriának kandallóját láthatjuk [10]. Utóbbihoz leírás is készült: „Vannak még a kemencének kőből való két lábai, rajtok fellyül lévő hosszú faragott kővel eggjütt.” Érdekes megjegyeznünk, hogy akkoriban magyar nyelven kemencének nevezték a kandallót. Maradva a magyar emlékeknél, a **4.3. ábra** fakere-tes kandallót mutat Keszthely kastélyából [11]. Ma is nagyon sok kastély és történelmi épület díszeként láthatjuk a szebbnél szebb kandallók sorát. Ugyanakkor manapság a kandalló gyakran szerepel háttérként politikusok és a világ más fontos személyiségeinek találkozói, s azt sem tagadhatjuk, hogy igen szép és alkalmas hangulatfestő elem is. A mai enteriőrök, lakások díszeként egyre gyakrabban alkalmazzák a különféle stílusjegyekkel épített új megoldásokat. E stílusok felsorolását és elemzését iparművészeti és szépművészeti leírásokban találjuk.



4.1. ábra. Címerrel díszített, olasz reneszánsz stílusú kandalló Sárospatak várából [13]



4.2. ábra. Az Alsó-Fehér megyei Borberek kúria kandallója [10]



4.3. ábra. Fakeretes kandalló Keszthelyen, a kastélyban [11]

Az angolszász irodalom [1] az építés, gyártás megoldása szerint csoportosít, és ismerteti:

- szabadon álló,
- helyben épített és
- előregyártott kandallókat.

Tüzelés- és fűtéstechikai szempontból azonban a lényeges megkülönböztetés az, hogy ismertünk:

- nyitott és
- zárt tüztérű kandallókat.

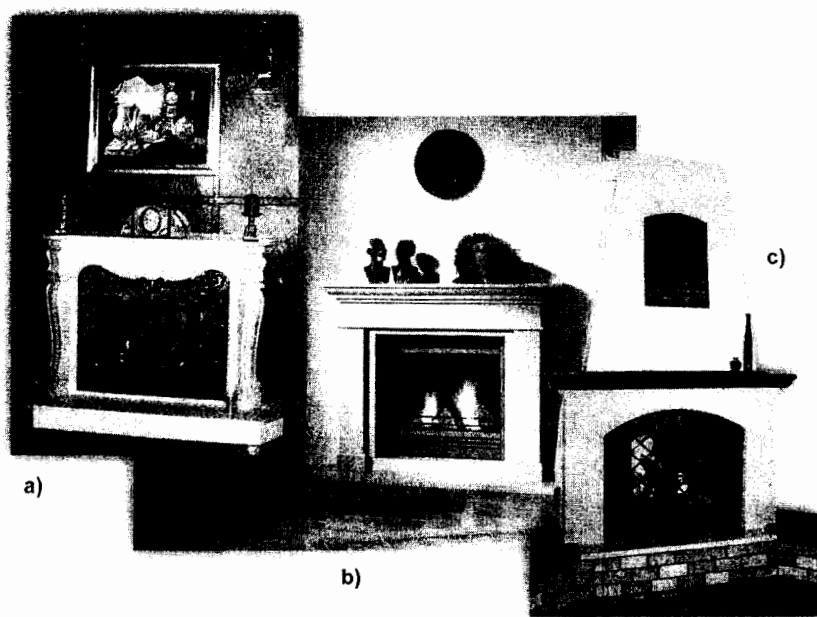
Az eredeti, ősi kandalló *nyitott tüztérrel* készült, ahogy ezt az eddig bemutatott ábrákon látjuk [6], [13]. E kandallók tüztere samottból készül, ez az anyag biztosítja a nagy felületi hőmérsékletet és a szinte korlátlan élettartamot. Egyben innen ered a jelentős sugárzási hányad is, hiszen a hőleadás módja döntően sugárzó jellegű. A berendezés hatásfoka mindössze 20–30%. Mindez azzal függ össze, hogy a nyitott kandalló huzathatása nagy, s emiatt állandó természetes szellőzést biztosít. Ez részben persze előnyös, hiszen állandó a friss levegő utánpótlás, de a tervezésnél számítanunk kell a friss levegő felmelegítési igényére.

Becslésre alkalmas számítás szerint 1 kg fa elégetéséhez mintegy 30–45 m<sup>3</sup> levegőre van szükség, ami a fűtött helyiség térfogatától és fajlagos hővesztességétől függően megközelítőleg 120 m<sup>3</sup>/h – 500 m<sup>3</sup>/h légforgalmat jelenthet. Ennek biztosítása a korszerű ablakszerkezetek esetén szinte lehetetlen. A légsebesség a tüztér nyílásában  $\approx 0,2$  m/s. Az ilyen kandallókhoz aránylag nagy keresztmetszetű kéményeket kell építeni. Az eltávozó füstgáz hőmérséklete mintegy 50–60 °C.

Ma már mindezen hátrányok kiküszöbölése érdekében *zárt égésterű* kandallókat alkalmaznak. A zárt tüztérben 1 kg fa elégetéséhez kb. 15 m<sup>3</sup> levegőre van szükség. E kandallók képesek meleg levegő, vagy keringő meleg víz előállítására is. Ezek a tüzterek monoblokk jellegűek, kívül kettős acélburkolattal, míg a belső égéstér samottból vagy mintegy 7 mm vastag öntvényből készül. A nagy kerámia tüvegajtó általában nyitható, az égést tápláló levegőáram szabályozható. A kéménykeresztmetszet lényegesen csökkenthető, a hatásfok eléri a 80%-ot is.

Mára kifejlesztették az úgynevezett tökéletesen égő kandallókat, melyeket szabályozott elsődleges és másodlagos égési levegővel látnak el, így növekszik a hasznos teljesítmény és csökken az égés során keletkező káros szénmonoxid mennyiség (ld. „Alapismeretek” kötet „Tüzeléstechika” c. fejezet). Az ilyen típusú kandallók teljesítményének felső határa kb. 12 kW. Fajlagos tapasztalati értékek is rendelkezésre állnak a teljesítmény számítására, amely szerint minden m<sup>2</sup> kandallónyíláshoz 3500–4500 W teljesítmény tartozik (4.4. ábrasorozat). További szép kandallók gyűjteményét találjuk a „Fűtéstechika” CD lemezen is [5].

Felhívjuk a figyelmet arra, hogy hazai éghajlati viszonyaink mellett, állandó tartózkodásra szánt építményekben a kandallók mindenképpen csak kiegészítő fűtőként jöhetnek számításba.

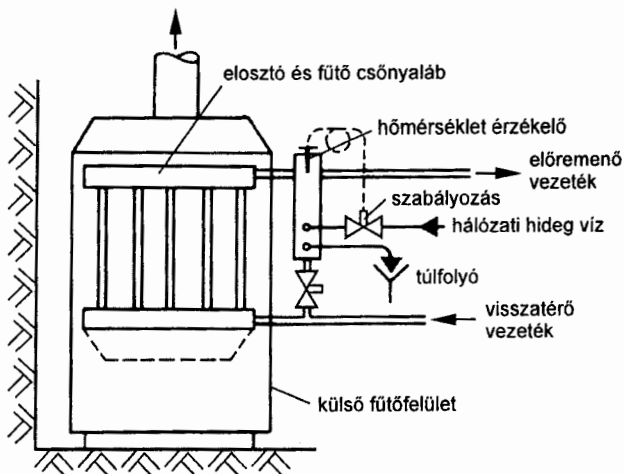


4.4. ábra. Mai kandallók [11]

a) Szögletes alapra állított, barokk jellegű kandalló; b) Kemény homokkővel burkolt, klasszicista vonalú kandalló; c) Korszerű kandalló, gáztüzeléssel, panoráma ablakkal

Ma már azonban van olyan törekvés, hogy a kandallókkal megoldják több helyiség egyidejű fűtését is. Ilyenkor ventilátorral, vagy ügyesen megoldott természetes szellőzéssel szervezett levegőáram melegítést valósítanak meg.

További fejlesztés, hogy a kandallók tűzterében hőcserélő köteget helyeznek el. E hőcserélőben vizet lehet felmelegíteni, és ezt a hőhordozót átmeneti időben, tavasszal és ősszel a melegvízfűtési rendszer hőleadóiban keringtetik (4.5. ábra). Kellemes és szellemes megoldás arra, hogy a kandalló melegét a többi helyiség fűtésére is ki lehessen használni. Természetesen meg kell oldani a kandalló vízáramának és a téli fűtést szolgáló rendszer vízáramának szabályozását.



4.5. ábra. Fűtőbetét-vízzel fűtött csőnyaláb (Esch&amp;Co.) [7]



## 4.2. Kályhák

A kályhák a köznap szóhasználat szerint kéménybe kötött, szilárd tüzelőanyag elégetésére szolgáló, zárt tűzterű berendezések. Általában naponta egyszer, vagy kétszer töltendők fel tüzelőanyaggal, a füstgázok felmelegítik

- a kályha tömegét, vagy
- a kettős falazat között haladó levegőáramot.

A felmelegített, csempevel borított falazat döntően sugárzással, a kettős falazat közötti levegőáram döntően konvekcióval adja át hőjét a fűtendő helyiségnek. Így a ma oly korszerű, és gyakran használt, sugárzások illetve konvekciós hőleadáson alapuló hőleadó csoportosítás elvét már a kályhákban is megtaláljuk. Természetesen a kályhafelület állandóan változó és módosuló hőmérséklet eloszlása miatt a felületről a környezetbe jutó sugárzási és konvekciós hőáram aránya állandóan változik, és ezért számításra nem is követhető.

A korszerű fűtéstechnikai megoldások mellett sokan elhanyagolhatónak vélik a kályhák jelentőségét és fontosságát, de mai életünk változatossága, az esztétikai, művészeti-ipartörténeti jelentőség, valamint a hőtárolási és hőátadási jelenségek elemzése és tanulságai mégis fontossá teszik a rövid és tömör tárgyalást.

A kályhákval szemben támasztott követelmények a következők:

- egyszerű kezelhetőség,
- egészségügyi követelmények: tiszta üzem, egyenletes helyiség-hőmérséklet, nem túl nagy felületi hőmérséklet,
- jó hatásfokú, lehetőleg szabályozható tüzelés.

## 4.3. A különféle egyedi fűtések csoportosítása

Az egyedi fűtések tárgyalására több osztályozási módszer kínálkozik:

- az alkalmazott energiahordozó szerint (szilárd, folyékony, gáztüzelésű, villamos energiával ellátott készülék),
- az alapanyag és a kialakítás szerint (csempe/cserépkályha, vaskályha, lemezkályha, beépített, hordozható kályha),
- az üzemmód szerint (folyamatos vagy tárolós fűtés),
- a hőleadás módja szerint (döntően konvekciós vagy döntően sugárzó fűtés).

A továbbiakban fő szempontként a tüzelőanyagot választjuk.

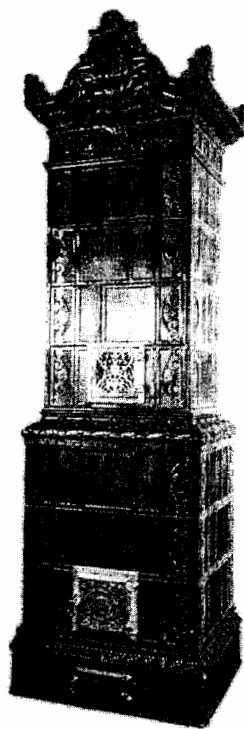
### 4.3.1 Egyedi fűtés szilárd tüzelőanyaggal

Az egyedi fűtések klasszikus és sok kíváncsnak eleget tévő, változatos megoldása a szilárd tüzelésű cserépkályha. Bár kissé elavult megoldásnak tűnik, de rohanó korunk modern fűtéstechnikusának ismernie kell, mert jelentősége alapvető.

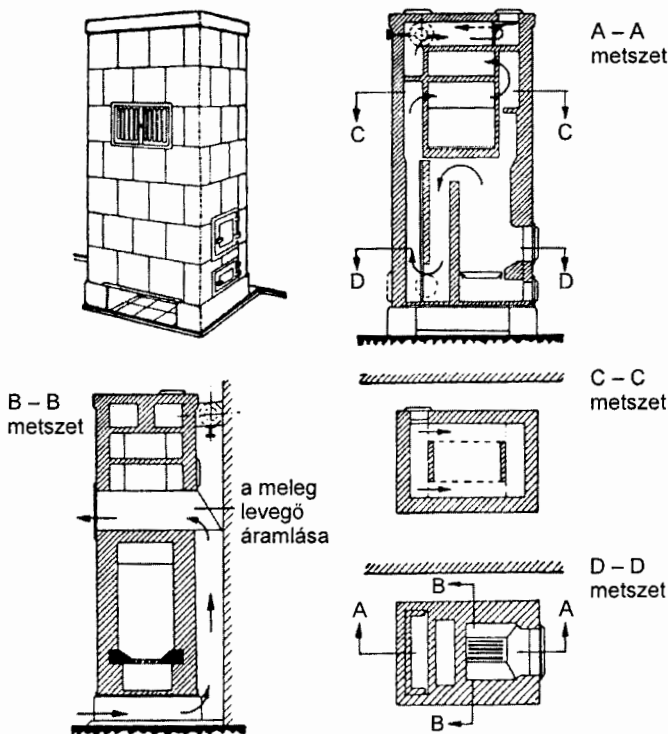
## Cserépkályha

A cserépkályhát szabványos méretű, négyszögletes, kívül színes mázbevonatú csempekből készítik. A kész kályha hasáb alakú, és attól függően, hogy hány csempe alkotja a hasáb egyes oldalait, a fűtőfelület igen tág határok között és sok fokozatban változhat. A beépített cserépkályhák egy, illetve több helyiséget is fűthetnek. Reprezentatív helyiségek fűtése előtérből, folyosóról fűthető kályhakkal is megoldható.

A cserépkályhák fa-, szén- és koksztüzelésre készülnek, változatos, a tüzelőanyagnak megfelelően kiképzett tűztérrel, töltőajtóval, esetleg rostéllyal, esetenként hamuajtóval. Természetesen ugyanilyen fontos a füstjáratok tüzelőanyagnak megfelelő, helyes kialakítása is (4.6. és 4.7. ábra).



4.6. ábra. Különlegesen szép cserépkályha [9]



4.7. ábra. Cirkulációs-fűtőcsatornás cserépkályha [7] nyomán

A kályhák fűtőfelületének meghatározásához a hőveszteséget kell kiszámítanunk, és a kályhafelületet megválasztanunk. A kályhafelület a csempezámból adódik. Kályhák felújításánál a 3 dimenzió csempezámát kell megadni. Ilyen rajzokat a példatárak és segédletek mutatnak. A cserépkályhákat falvastagság szerint osztályozhatjuk, s ettől függően a fajlagos felületi teljesítmény:

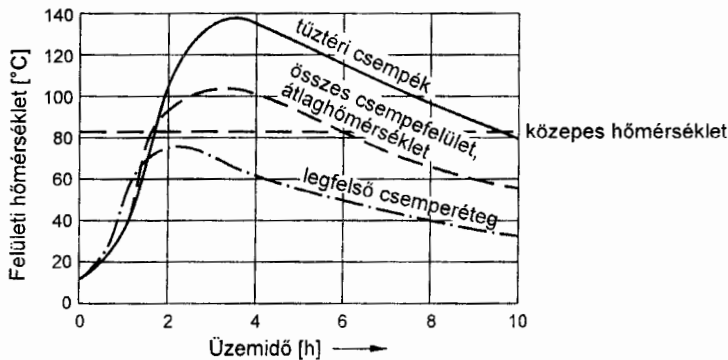
- nehéz építésű cserépkályha:  $\approx 0,7 \text{ kW/m}^2$
- középnehéz építésű cserépkályha:  $\approx 1,0 \text{ kW/m}^2$
- könnyű építésű cserépkályha:  $\approx 1,2 \text{ kW/m}^2$

### A cserépkályhák méreteinek megválasztása

A kályhák teljesítményének megválasztásakor figyelembe kell vennünk a helyiség hőszigeteltségének mértékét, a helyiség határoló szerkezeteit és a környező helyiségek hőmérsékletét. A hővesztégszámítás során a pótlékolás igen lényeges. Kályhafűtés esetén ugyanis a fűtés általában szakaszos, nagy a felfűtési pótlék, és számítani kell a fűtetlen szomszédos helyiségek hatására is. A stacionárius állapot nem áll be, ezért szabatos hővesztégszámítás nem is végezhető. A kályhákat katalógusadatok alapján választjuk ki. Amennyiben ilyen nem állna rendelkezésre, tájékoztató adatul a  $t_{ká}$  kályhafelület-hőmérséklet figyelembevételével a

$$\dot{Q} = A\alpha(t_{ká} - t_b) \quad (4.1.)$$

összefüggéssel számolhatunk (4.8. ábra).



4.8. ábra. Középnehéz cserépkályha felületi hőmérséklet értékei [7]

A gyakorlatban azt a számítást is követhetjük, hogy 15–40 m<sup>3</sup> térfogatot fűthetünk 1 kW teljesítménnyel.

Tanácsként felsorolhatjuk még a következő méretezési elveket (közelítő adatok):

Hatásfok	> 70 %
Füstgázhőmérséklet	< 400 °C
A padló és a 0,2 m-rel a kályha mögött lévő fal felületi hőmérséklete	< 60 °C
A névleges teljesítmény időtartama	4 és 16 óra között

A kályha névleges teljesítményének meghatározása:

Névleges teljesítmény[kW]	2	3	4	6	8	2	3	4	6	8
A helyiség hővédelme	Régi elvek szerint hőszigetelve					Korszerű elvek szerint hőszigetelve				
Fűtési körülmények	Fűtött helyiség térfogata [m <sup>3</sup> ]									
kedvezők	31	56	88	165	–	60	107	160	–	–
kissé kedvezőtlenek	20	35	53	95	145	36	63	95	169	–
kedvezőtlenek	12	22	34	65	98	24	43	66	118	175

A fűtési körülmények megítélése szempontjából a helyiség besorolása:

Kedvező	1 külső fal; padló és 1 belső fal fűtetlen helyiséggel határos, 2 belső fal és a mennyezet fűtött helyiséggel határos
Kissé kedvezőtlen	1 külső fal; 3 fal és a mennyezet fűtetlen helyiséggel határos, a padló fűtött helyiséggel határos
Kedvezőtlen	2 külső fal; a többi belső fal. A padló és a mennyezet fűtetlen helyiséggel határos

A kályhafelület közepes hőmérséklete 80 °C között mozog. Minden m<sup>2</sup> fűtőfelület tömege 40–80 kg lehet, minden kW teljesítmény 13–26 kg tömeget képvisel [7].

### A cserépkályhák teljesítmény-szabályozása

A kályhákat manapság már korszerű szabályozási rendszerekkel látják el, annak érdekében, hogy:

- a teljesítmény és/vagy a helyiség hőmérséklete állandó legyen,
- a túlterhelést elkerülhessük,
- jó hatásfokot érhetünk el,
- a tűz tartása biztonságos legyen a csökkentett teljesítménynél is.

A szabályozás megoldási lehetőségei:

- füstgázhőmérséklet szabályozás hőmérséklet érzékelés révén,
- felületi hőmérséklet mérés alapján működtetett szabályozás friss levegő csappantyúval,
- a helyiség hőmérséklet állandóságát szolgáló szoba termosztáttal.

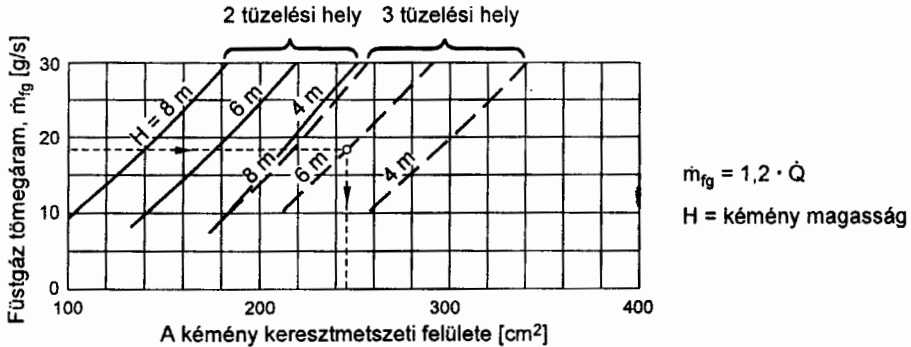
### Kémények

A kályhatervezés- és építés igen fontos eleme a kémény, melynek részletes elvi méretezését kötetünk „Az égéstermék elvezetés méretezésének hagyományos elvei és módszerei” c. fejezetében ismertetjük.

Itt tájékoztatásul csak a kályhákban átlagosan keletkező füstgázmennyiség közelítő összefüggését mutatjuk be:

$$\dot{m}_{fg} = 1,2 \dot{Q} \quad [\text{g/s}] \quad (4.2.)$$

ahol a kályha teljesítményét ( $\dot{Q}$ ) kW-ban kell behelyettesítenünk. Közelítő értéket ad a 4.9. ábra.



4.9. ábra. Kéménykeresztmetszet többszörös bekötés esetén [7]

A kémény keresztmetszetet megállapíthatjuk a tömegáram alapján, vagy figyelembe vehetjük a tapasztalati értékeket. A cserépkályhák huzatigénye 15...40 Pa. A minimális kémény-keresztmetszet:

- 14x14 cm, 2 kályha, együttes névleges teljesítmény legfeljebb 17 500 W,
- 14x20 cm, 4 kályha, együttes névleges teljesítmény 11 500...29 000 W,
- 20x20 cm, 5...8 kályha, együttes névleges teljesítmény 23 000...46 000 W.

### Hordozható cserépkályhák

Ezek rendszerint kis- és közepes teljesítményű berendezések, hordozható, folytonégő kivitelben. Átmenetet képeznek a cserépkályha és a vaskályha között.

### Vaskályhák

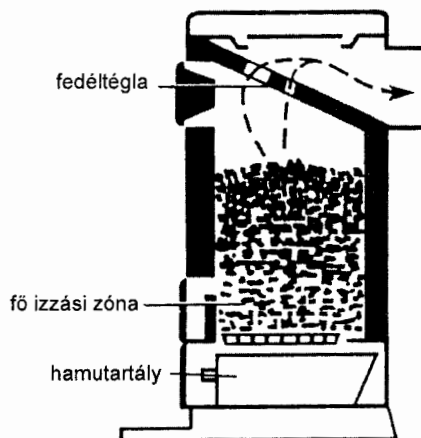
Öntöttvas vagy acéllemez köpenyű, belülről samottal bélelt kályhák. Nincs hőtároló képességük. Gyorsan felfűthetők, felfűtés után hamar meleget adnak, de ugyanolyan gyorsan ki is hűlnek. Felületi hőmérsékletük rendszerint 100 °C-nál nagyobb, ami azzal a hátránnyal jár, hogy a levegőben lévő port megpörkölik (4.10. és 4.11. ábra).



4.10. ábra. Vaskályhák (Várossy Gyula kiemelkedő gyűjteményének darabjai) [8]  
 a) A legrégebbi ez a copf stílusú, szép darab; b) Vaskályha, neogótikus jegyekkel;  
 c) Minden kályhagyűjtő álma: a nőalakos vaskályha

Megkülönböztetünk egy- és kétaknás kályhákat. Az **egyaknás kályha** felső égésű. A füstgáz a kályhában lévő egész tüzelőanyagrétegen áthalad, mielőtt a kéménybe jut. A kályha lehet kör alakú vagy négyszögletes. Egy ajtót építenek a tüzelőanyag betöltésére, egy másikat pedig lent a tisztításhoz, a salak-, illetve hamukivételhez. A kéménycsatlakozás elé a füstcsomkba csappantyút illesztenek be, amivel a kémény huzatát lehet szabályozni. A vaskályhák huzatszüksége 10...30 Pa, ami általában 4...5 m magas kéménnyel érhető el.

A **kétaknás kályha** alsó égésű, itt a levegő, illetve a füstgáz nem halad át a kályhában



4.11. ábra. Folytonégő vaskályha fedéltéglával, rázórostéllyal és hamutartállyal [7]

levő egész tüzelőanyag-mennyiségen. Az egyik aknában a tüzelőanyag van, a másikon keresztül távoznak a füstgázok. A kályhában levő tüzelőanyag-mennyiségnek csak az alsó, közvetlenül a rostélyon levő rétege izzik. Az izzás, illetve az égéstermékek keletkezésének helyére is kell levegőt juttatni. Ez a töltőajtó nyílásán vagy a kályha oldalán keresztül lehetséges.

### Nagy terek kályhafűtése

Hazánkban igen sokáig elterjedt volt a vaskályhák különleges típusa, az úgynevezett „Express heating” kályha. Ez kívül bordázott felületű vaskályha, acéllemez köpennyel ellátva. A kályha és a köpeny között képződött zárt téren a kályha hátsó, alsó részén elhelyezett ventilátor levegőt nyom keresztül. A bordákkal megnövelt felület lehetővé teszi, hogy a levegő kellőképpen felmelegedjék. A meleg levegő a kályha tetején elhelyezett, elfordítható kifúvónyíláson vagy légcsatornán keresztül jut a fűtendő helyiségbe. Általában nagy termekben (üzletek eladótere, kávéházak, ipari csarnokok, stb.) alkalmazzák. Ideiglenes fűtésre, késztülő épületek szárítására is igen alkalmas.

A valóban nagy csarnoknak nevezett ipari, sport, gyülekezési és egyéb csarnokok sugárzó- és légfűtését kötetünk „Sugárzó fűtések szerkezeti kialakítása és megoldása”, valamint „Légfűtések” c. fejezetében tárgyaljuk majd.

#### 4.3.2. Egyedi fűtés folyékony tüzelőanyaggal

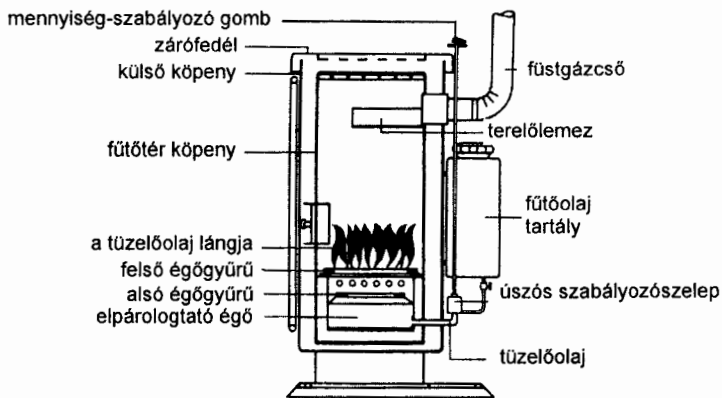
A szilárd tüzelőanyag alkalmazásával járó, már említett kényelmetlenségek, kellemetlenségek kiküszöbölésére való törekvés miatt az 1960-as években az olajtűzelésű kályhák meglehetősen kiszorították a fa-, szén- és koksztűzelésű berendezéseket az egyedi fűtések sorából. Mára az árviszonyok miatt, és a vezetékes gázellátás terjedésével ez az irányzat is megváltozott, olajtűzeléssel inkább csak kényszermegoldás formájában találkozunk.

Az olajok, mint folyékony tüzelőanyagok tulajdonságait az „Alapismeretek” kötet „Tűzéstechika” c. fejezetében találjuk.

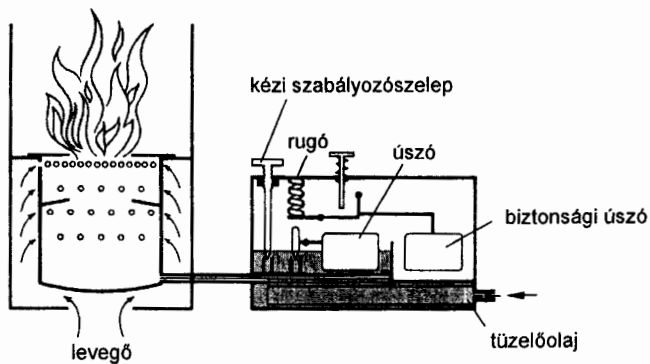
Az olajkályha főbb részei:

- elpárolgatót égő úszós szabályozóval (4.12. és 4.13. ábra)
- égéstér,
- olajtároló.

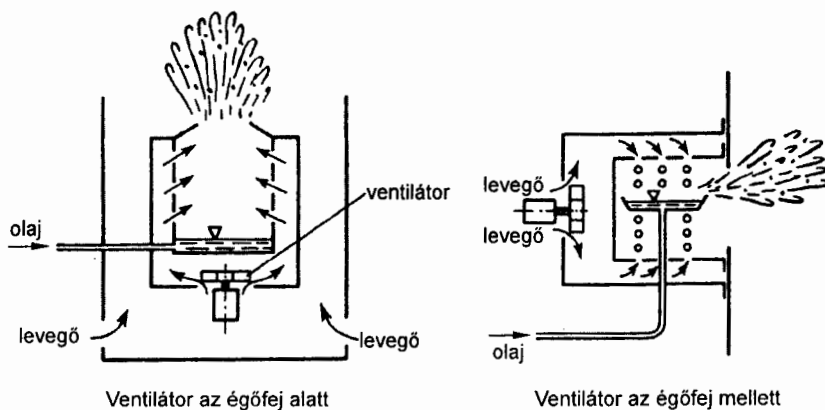
A 4.12. ábra azt az általánosan elterjedt megoldást mutatja, hogy a kályha mellett elhelyezett, vele egybeépített tartályból az olaj kisméretű úszós tartályba jut, ami lényegében az állandó olajsintet tartja. Innen szabályozószelepen át áramlik az olaj a lyuggatott palástú edénybe, ahol elég (lyukméret:  $\varnothing 100\text{--}300\text{ mm}$ ). A füstgáz felfelé áramolva a füstcsőbe, majd a kéménybe jut.



4.12. ábra. Elpárolgató-égős olajkályha vázlata [7]



4.13. ábra. Szabályozó kettős úszóval [7]



4.14. ábra. Ventilátoros elpárolgató-égő [7]



A 4.13. ábra kettős úszót mutat. Az első úszó feladata az, hogy biztosítsa az olajsintet, a második megakadályozza a túlfolyást, és szabályozza az olajáramot (lásd még: „Folyékony tüzelőanyaggal üzemelő berendezések” 9.3. ábra).

Az olajkályha beépítésének feltétele, hogy a helyiség mérete legalább  $4,0 \text{ m}^3/\text{kW}$  teljesítmény legyen.

A párologtatós égő ventilátoros kivitelű is lehet (4.14. ábra).

Az olajtároló elhelyezkedése szempontjából ismertünk:

- tartályos olajkályhákat, és
- központi olajellátást (4.15. ábra).

Az egyedi olajtároló 10–15 liter térfogatú. A központi tárolást előírások szabályozzák. Az épületben lévő valamennyi olajkályhának egy közös tartálya van, amelyet elhelyezhetnek a földbe süllyesztve pincében, földszinten vagy a padláson. Az olaj szivattyúzással, vagy gravitációsan jut az olajkályhákhoz. Minden kályha előtt olajnyomás-szabályozó szükséges. Az olajvezetékek 6 vagy 8 mm átmérőjű rézcsövek.

(Az olajtárolás és olajégők részleteit kötetünk „Központi fűtések kazánjai” c. fejezetében, az olajtüzelésű kazánokkal foglalkozó részben találjuk.)

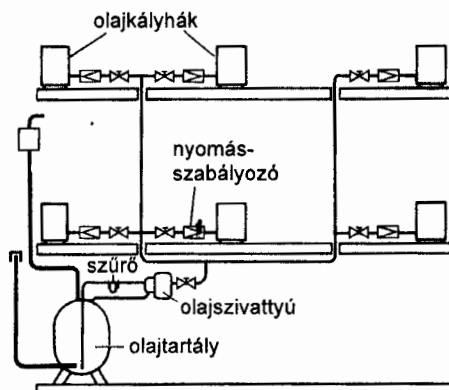
Az olajkályhák hatásfoka 85% körül mozog, a huzatigény 10–20 Pa. A szabályozás általában kézi megoldású, 6 fokozatban, ami a valóságban 1 : 3 arányú teljesítményszabályozást tesz lehetővé.

Nagyobb méretű olajtüzelésű egységekről is hallunk majd még kötetünk „Sugárzó fűtések szerkezeti kialakítása és megoldása”, valamint „Légfűtések” c. fejezetében.

A szerző itt megjegyzi, hogy az olvasó számára aránytalanul tűnhet a szilárd tüzelésű kályhák hosszas ismertetése az olajtüzelés rövid bemutatása mellett, míg azonban a kandallók és kályhák széles választéka napjainkban változatos, esztétikus és a tervezői gondolkodást megmozgató sort kínál, addig az olajkályha inkább kisegítő megoldásnak tűnik.

#### 4.3.3. Gáztüzelésű egyedi fűtőkészülékek

A földgáz később jelent meg a világ energia ellátásában, mint az olaj, a halmazállapot szerinti felosztáson túlmenően innen is származik a tan- és szakkönyvek hagyománnyá vált rendszere, amely szerint előbb foglalkozunk az olajellátással, és azután kerül sor a gázüzemű készülékek ismertetésére. Hazánkban azonban az 1960-as évektől kezdve a földgáz felhasználása rendkívül intenzívvé vált. Ennek különféle politikai, földrajzi, geológiai és gazdasági okai vannak. A felsorolást és elemzést e könyvben mellőznünk kell, az okokat kutató olvasónk számára csak irodalmi művek felsorolását adhatjuk [2], [3]. Elégedjünk itt meg



4.15. ábra. Központi olajellátás olajszivattyúval [7]

azzal, hogy míg a földgáz felhasználásának részaránya a hazai energiafogyasztásban az 1980-as évek elején 26–27% volt, addig jelenleg már mintegy 34%.

A gázfűtés tehát a földgáz elterjedésével a legutóbbi időszakban igen nagy jelentőségűvé vált. Jelentősége miatt kötetünk több fejezetében is foglalkozunk a gázellátás kérdéseivel.

Különösen előnyös a gázfűtési megoldás akkor, ha rövid idő alatt kell szakaszosan fűtött tereket felmelegítenünk, ezért előterek, városházák, konyhák, fürdők, ritkán használt üléstermek, kiállítási csarnokok és hasonló létesítmények nélkülözhetetlen megoldásának minősül.

A gázfűtés legfőbb előnyei a következőkben foglalhatók össze:

- kényelmes kiszolgálás, automatikus szabályozás,
- igen rövid felfűtési idő,
- tiszta üzem,
- állandó rendelkezésre állás,
- nincs szükség tüzelőanyag tárolásra,
- a fűtési költség gázmérővel egyszerűen elszámolható,
- az égéstermék elvezetése egyszerű,
- aránylag kicsi a környezet károsítása.

A fűtésre használt egyedi gázkészülékek főbb típusai:

- gázkonvektorok, falifűtők,
- gázsugárzók,
- gázfűtésű légbefúvók.

### **Gázkonvektorok és falifűtők**

A gázkonvektorok és a falifűtők lakások, irodák, műhelyek egy-egy helyiségében jelentkező kisebb-nagyobb hőigény ellátására alkalmas készülékek. Főleg ott használhatók előnyösen, ahol a fűtési igény időszakosan jelentkezik, illetve fagyvédelmi megfontolásból melegvíz fűtési hálózat kialakítása nem célszerű, vagy rövid felfűtési időre van szükség. E készülékek a hőt főleg konvekcióval, kisebb mértékben sugárzással adják át a helyiségnek.

A hazai gyakorlatban a gázkonvektorokat általában lakó- vagy dolgozóhelyiségek, a falifűtőket fürdőszobák és konyhák fűtésére használják. A konvektorokat kezdetben – a radiátorok mintájára – a helyiség legnagyobb hőveszteségű részén, az ablak alatt helyezték el, és így alakultak ki az ún. külsőfali készülékek. A kéménybe kötött konvektorok elhelyezését a kémény helye határozza meg. A falifűtőket a falra – általában a padlótól távolabb, min. 300 mm-re – szerelik fel, és kéménybe kötik.

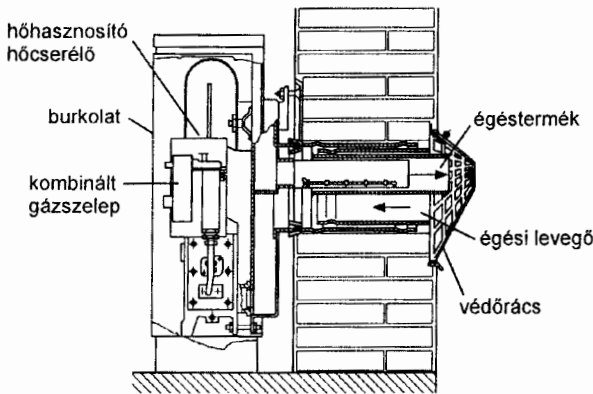
A gázkonvektorok és főként a kisebb fali gázfűtő készülékek alkalmazásához, beépítéséhez a gyártmányismertető és tervezési segédletek adnak részletes támpontot. A teljesítményt meghatározó hőszükségletszámítás az „Alapismeretek” kötetben található. Az égőkkel kapcsolatos ismereteket e kötet „Gázüzemű tüzelőberendezések” c. fejezetében foglaltuk össze, a beépítéssel és légellátással a „Gázellátás”, az égéstermék elvezetéssel a „Gázkészülék égéstermékének elvezetése” c. fejezetekben foglalkozunk.

Mindezek miatt a következőkben csak a legfontosabb jellemzők ismertetésére szorítkozunk.

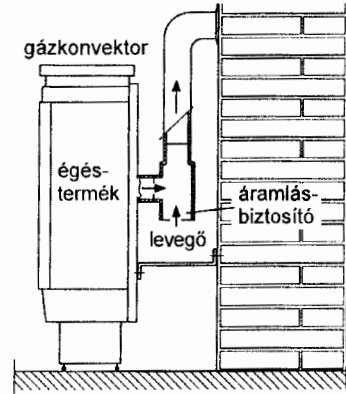
A konvektorok és a falifűtők azért érdemelnek kiemelt figyelmet, mert hazánkban gyártásuk nagy hagyományokra tekinthet vissza és igen fejlett. Emellett az utóbbi időben külföldi készülékek is megjelentek a hazai piacon.

A gázkonvektorok és a falifűtők az égési levegőellátás és az égéstermék elvezetés kialakítása szerint kéménybe kötött, vagy zárt égésterű készülékek lehetnek, városi gáz, földgáz vagy cseppfolyós gáz eltüzelésére alkalmas kivitelben. A korszerű készülékek ún. „LAS” (németül *Luft-Abgas Schornstein*) kéményrendszerekhez is csatlakoztathatók, ahol a kéményrendszer az égési levegő bejuttatását és az égéstermék elvezetését is megoldja.

A külsőfali, zárt égésterű gázkonvektor égési tere a fűtendő helyiség légterétől légtömören elzárt. Az égéshez szükséges friss levegő a külső falon át vezetett csövön kívülről áramlik a készülékbe, a keletkezett égéstermék ugyanezen az úton, de egy kisebb átmérőjű belső csövön át távozik a szabadba (4.16. ábra). A fal külső oldalán megjelenő nyílásokat védőrács védi, amely a külső hatásoktól, így a szélviszonyoktól függetleníti a készülék üzemét.



4.16. ábra. Külsőfali gázkonvektor metszete [12]



4.17. ábra. Kéménybe kötött gázkonvektor (FÉG)

A kéménybe kötött gázkonvektor az égéshez szükséges levegőt a fűtendő helyiség légteréből kapja, és a keletkezett égéstermék a kéményen keresztül távozik el. E készülékek áramlásbiztosítóval (régőbbi szóhasználat szerint huzatmegszakítóval, deflektorral) vannak ellátva (4.17. ábra).

A konvektorok különböző kialakítású és ezért különböző esztétikai igényeknek megfelelő burkolata alatt acéllemezéből készült vagy öntöttvas hőhasznosító hőcserélő helyezkedik el, amelyet az alatta található atmoszférikus égőből felfelé áramló égéstermék melegít. A hőcserélő külső oldalán áramlik a helyiség levegője, amely felmelegedve a készülék oldalának felső részén kialakított nyílásokon jut a fűtött térbe.

A konvektorokat a városi gáz felhasználása idején még főleg szingáz-égőkkel szerelték fel, de a földgáz és propán-butángáz üzemű készülékek már levegő előkeveréses égővel üzemelnek, amelyek fűvókacserével az egyik gázfajtáról a másikra is átállíthatók.

A korszerű gázkonvektorok termoelektromos égésbiztosítással és piezoelektromos gyújtással készülnek. Egyes változataikba hőmérséklet-szabályozóval kombinált gázszelep is beépíthető. A beállítható hőmérséklet, az automatikus szabályozás energiatakarékos üzemet és kényelmet biztosít.

A zárt égésterű, vagy a „LAS” kéménybe kötött készülékek elhelyezésekor a helyiség szellőzése nem játszik szerepet, a kéménybe kötött készülékek esetében a megfelelő légellátást a fajlagos légtérterhelés meghatározásával ellenőrizni kell. Ennek részleteiről kötettünk „Gázellátás” c. fejezetében lesz szó.

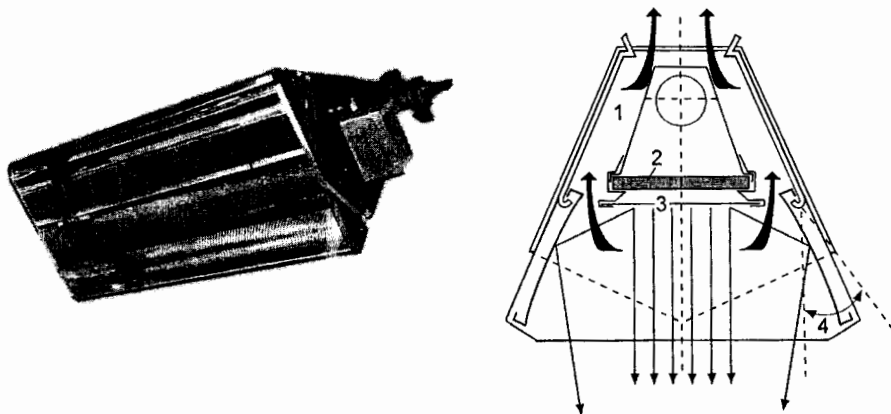
### Sugárzó gázfűtések

A gáztüzelésű sugárzó fűtőkészülékek kisebb teljesítménnyel időszakosan használt helyiségek (fürdőszobák, konyhák, hallok, irodák, felvonulási épületek, stb.) fűtésére készülnek, falra vagy mennyezetre szerelt, kéménybe kötött vagy kéménybe nem kötött kivitelben. Nagyobb teljesítményű sugárzóernyőket alkalmaznak gyártócsarnokok vagy nagy közösségi csarnokok, templomterek és egyéb nagy terek hőellátására.

A készülékek a névleges teljesítmény döntő hányadát, 55–70%-át sugárzással adják le, a kisebb rész a készülék konvekciós hőleadása.

Külön fűtési iparág a szabadban lévő munka- és szórakozóhelyek temperálása sugárzóernyőkkel, égéstermék elvezetés nélküli kivitelben. Mindezekről részletesen olvashatunk kötettünk „Sugárzó fűtések szerkezeti kialakítása és megoldása” c. fejezetében.

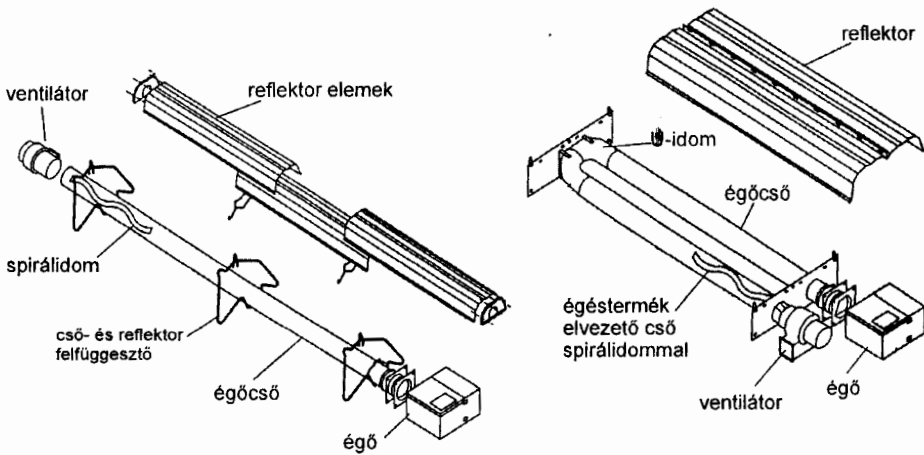
Az égés illetve a hőátadás módja szerint a gyakorlatban „vörösén sugárzó (infravörös)” vagy „sötéten sugárzó” készülékkialakításokról beszélünk. A „vörösén sugárzó” készülékek esetében az égés a kerámia betétes, vagy az egyéb, megfelelő anyagból készült felületen jön létre, gyakorlatilag láng kialakulása nélkül (4.18. ábra). A felület izzásba jön és nagy, kb. 800–1000 °C-os felületi hőmérsékletével a hőt döntően sugárzással adja át a környezetének. A keletkező égéstermék a helyiség légterében marad és onnan szellőzés révén távozik el, vagy a készülékhez illesztett égéstermék elvezetésen keresztül jut a szabadba.



4.18. ábra. Vörösén sugárzó készülék elemei (SOLARONICS)

1 – az előkeverési kamra előmelegítése; 2 – nagy kibocsátó képességű, mederszerűen kialakított kerámia lap (SOLARONICS szabadalom); 3 – nagy hőmérsékletű fémrács; 4 – beállítható ernyők

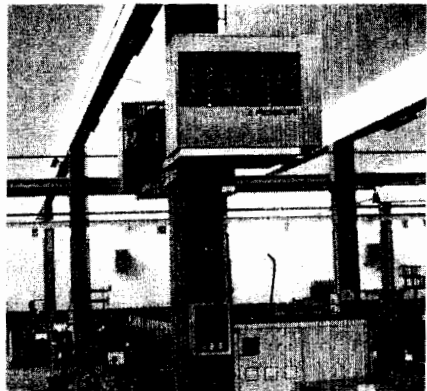
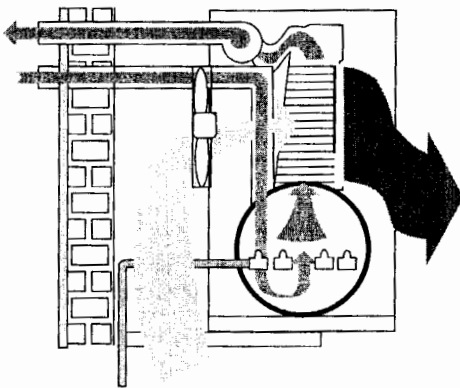
Az ún. sötétén sugárzó készülékeknél az égőben a gáz-levegő keverék elégetésekor keletkező égéstermék a sugárcsőben halad tovább, amelyet felmelegít. A meleg égőcső hőjét a fölötté elhelyezett reflektor irányítja a tartózkodási zónába. Az égéstermék az égéstermék elvezető csőben halad tovább, amelynek szintén van sugárzásos hőleadása. A lehetőleg homogén hőleadás érdekében a sugárcső és az égéstermék-elvezető cső anyaga eltérő lehet és az égéstermék csőben perdítő elemet helyeznek el. Az égéstermék a csatlakozó kéményen távozik, áramlását ventilátor is segítheti (4.19. ábra).



4.19. ábra. Egyenes és U-csöves sötétén sugárzó készülék elemei (Blackheat)

### Gázfűtésű léghevítők

A gáztüzelés a felsorolt előnyök miatt a léghevítők terén is kiszorította a szilárd- és olajtüzelésű készülékeket. Igen nagy teljesítmények esetén ipari, mezőgazdasági és sportlétesítményekben közkedvelt megoldás a gázfűtésű léghevítő, az úgynevezett hőlégfúvó is, amely úgyszólván a teljes hőleadást konvekciós úton szolgáltatja.



4.20. ábra. Gázfűtésű léghevítő ipari csarnok fűtésére (ROBUR)

A hőlégfűvókban eltüzelt gáz égéstermék a ventilátorral szállított levegőt égéstermék-levegő hőcserélőben felmelegíti. A zárt égésterű készülékek az égési levegőt a külső környezetből kapják és az égéstermék az égéstermék elvezetésén keresztül oda juttatják. Példaként egy kialakítás metszetét és képét a 4.20. ábra mutatja. A kérdés kötetünk „Légfűtések” c. fejezetében ismét sorra kerül majd.

#### 4.3.4. Villamos fűtésű egyedi készülékek

Felhasználói oldalról a villamos fűtések kétségkívül rendkívül előnyösek. A gázfűtésnél felsorolt szinte valamennyi előny:

- kényelmes kiszolgálás, automatikus szabályozás,
- tiszta üzem,
- állandó rendelkezésre állás,
- nincs szükség tüzelőanyag tárolásra,
- a fűtési költség egyszerű elszámolása

fokozottan érvényesül és kiegészül azzal, hogy nincs szükség égéstermék elvezetésre, és egyáltalán nem szennyezi a környezetet. Azt is meg szokták említeni az előnyök között, hogy egyfajta köznművel oldható meg a világítás-energiaellátás és a fűtés. Felhasználói oldalról a villamos fűtés elvileg minden kétséget kizáróan a legkorszerűbb és igen flexibilis megoldás.

Energiagazdálkodási szempontból azonban sok esetben elvileg is ellenezhető a villamos fűtés. Ha ettől el is tekintünk, hiszen felhasználói szempontból készül ez a könyv, akkor is meg kell említenünk, hogy a hazai energia- és árviszonyok között egyelőre a közvetlen villamos fűtés energetikailag nem ajánlott és nem is indokolt. Ezért alakultak ki az alább felsorolt tárolós megoldások, melyek energetikai haszna a villamos fogyasztás völgyidőszakának kihasználása.

A villamos fűtések tehát általában úgy osztályozzuk, hogy a fűtőtest tárolós vagy közvetlen megoldású-e. Szokásos még a fűtőtest tárolós vagy közvetlen megoldása szerinti felosztás is, illetve, hogy hordozható, vagy helyhez kötött-e a készülék, valamint, hogy a gázfűtésekhez hasonlatosan milyen a hőleadás módja.

#### Hőtárolós villamos fűtésű kályhák

A hőtárolós villamos kályhák szerkezeti felépítésük szerint különfélék.

**Légcsatornás tárolókályha** természetes konvekcióval. A hőátadás részben a kályha felületén, részben a hőtároló magba beépített légcsatornán keresztül megy végbe. A légcsatornában keletkezett kürtőhatással a hőátadás fokozható. A légcsatornát kézi vagy önműködő szabályozóval nyitják és zárják.

**Ventilátoros tárolókályha.** A hő túlnyomórészt a légcsatornán keresztül, a beépített ventilátorral létrehozott kényszeráramlás hatására adódik át, és csak igen kis mértékben fűti a külső felület.

Az eddigi értelmezésben egyedi tárolós megoldásnak számít a villamos padlófűtés (ld. kötetünk „Sugárzó fűtések szerkezeti kialakítása és megoldása” c. fejezetét.) és a villamos falfűtés is. Itt magának az épületnek a hőtároló képességét használjuk ki, külön tárolóközeg beépítésére nincs szükség. A padló- és falfűtés azzal az előnnyel jár (különösen igényes építetők számára), hogy a fűtőtest láthatatlan. Ezenkívül igen kellemes közérzetet ad, úgyhogy szélesebbkörű elterjedésével számolhatunk.

### Közvetlen villamos fűtőtestek

**Sugárzó fűtőtestek.** A villamos fűtésű egyedi sugárzó fűtőberendezéseket általánosságban hőszugárzónak nevezzük. Ezek közül legelterjedtebbek a következők:

- **ellenálláshuzal-fűtőtest**, parabolitikus tükörfelületben (1,0–4,0 kW teljesítménnyel). Főleg kisebb helyiségek (fürdőszoba, WC) fűtésére alkalmazzák.
- A hőszugárzók másik formája a különféle **infrasugárzók** családja. Ezek a fűtőtestek hordozható kivitelben ernyővel, falra, mennyezetre szerelhető formában készülnek.

**Konvekciós fűtőtestek.** A villamos fűtésű konvekciós berendezések többféle kivitelben készülnek. A sugárzó fűtésekhez képest csökkentett felületi teljesítménnyel működnek, természetes vagy mesterséges konvekcióval.

- A **természetes konvekcióval működő** berendezésekben a fűtőszálak kerámia töltőanyagban helyezkednek el. Külső hőleadó felületük vas-, egyéb fém- vagy porcelán burkolatú. Ilyen célra radiátor is felhasználható vízzel vagy olajjal töltve. (Az alsó közcsavar helyére rögzítik az alsó részbe benyúló fűtőpatront, amely két- vagy háromfokozatú). Ilyen jellegű fűtések alkalmaznak pl. templomok padjaiban.
- **Mesterséges konvekcióval működő** berendezés a villamos fűtésű termoventilátor. Általában keresztáramú ventilátorral és négyzet alakú, bordázott csöves fűtőtesttel készítik. Különböző, pl. 1,0, 2,0 és 3,0 kW teljesítménnyel kapható.

Ahogy említettük, a villamos fűtések természetesen a legkorszerűbb fűtési gondolatok hordozói, ezért a jövő század mérnökeinek tudniuk kell arról, hogy nagyívű kutatások folynak a villamos fűtések gazdaságosabbá tételén, és elterjesztésén. E gondolatok sorában megemlítjük a **sugárzó tapétákat**, sőt, **hőszugárzó festékbevonatokat**, a hőszivattyú és a **Peltier** elv alkalmazását. Arra vonatkozóan is folynak kísérletek, hogy a **mikrohullámú** melegítési megoldást hogyan lehetne a fűtés céljára hasznosítani.

Mivel az említett villamos fűtési megoldások lényegében készen kaphatók, a részletesebb ismertetést mellőzve javasoljuk az olvasónak a vonatkozó gyártmányismertetők, tervezési segédletek tanulmányozását.

## Irodalom

- [1] ASHRAE – Technical Committees and Task Groups:  
*Ashrae Handbook HVAC Systems and Equipment*  
ASHRAE Inc. Atlanta, USA, 1996.
- [2] Barótfi, I. és szerzőtársai:  
*Energiafelhasználói kézikönyv*  
Környezettechnika Szolgáltató Kft., Gödöllő, 1993.
- [3] Büki, G.:  
*Energetika*  
Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1997.
- [4] Homonnay, Gyné:  
*Fűtéstechnika I. Egyetemi jegyzet*  
Tankönyvkiadó, 1976.
- [5] Homonnay, Gyné:  
*Fűtéstechnika CD lemez* Multimédiás segédlet, Verzió: 1.0.  
Épületgépészet Kiadó Kft., Budapest, 1999.
- [6] Iván, E.:  
*A tűz varázsa*  
Otthon VIII. évf. (1996) 9. szám pp. 57–61
- [7] Schramek, E. R. (Recknagel-Sprenger):  
*Taschenbuch für Heizung+Klimatechnik 2000* (69. Auflage)  
R. Oldenbourg Verlag, München-Wien, 1999.
- [8] Rubóczki, E.:  
*Közeleg az ősz...*  
Lakáskultúra I. évf. (1996) 9. szám pp. 81–83
- [9] Rubóczki, E.:  
*Fókuszban a fűtés*  
Lakáskultúra III. évf. (1998) 8. szám pp. 97–101
- [10] Sabján, T.:  
*Az üveg mögött a tűz*  
Tér és Rend V. évf. (1997) 6. szám pp. 34–35
- [11] Vadas, J.:  
*A kandalló és Szerk. cikk: Parázs varázs*  
Szép Lak V. évf. (2000) 2. szám pp. 44–46
- [12] Vida, M. főszerk.:  
*Gáztechnikai kézikönyv*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1991.
- [13] Zádor, A. – Genthon I.:  
*Művészeti Lexikon* II. kötet  
Akadémiai Kiadó, Budapest, 1966.



## 5. A központi fűtési rendszerek tárgyalási rendje és alkotóelemei

Kötetünk súlypontja értelemszerűen a központi fűtési rendszerek tárgyalása. E rendszereket azonban lehetetlen az egyedi fűtésekhez hasonlóan, egyetlen fejezet keretében összefoglalnunk. Mindenekelőtt rendre át kell tekintenünk az alkotóelemeket, ezután következhet az összeépítés, a méretezés, majd a szabályozás kérdéseinek elemzése. Az elemeket a hagyományos fűtéstechnikai irodalom [1], [2], [3], [4] abban a sorrendben tárgyalja, ahogyan a hőáram a rendszerben halad, azaz

- a hőtermelés,
- a hőszállítás és
- a hőleadás

klasszikus felosztása szerint veszi sorra az alkotóelemeket.

Ha azonban kissé mélyebbre tekintve, a működési elv szerint szeretnénk a csoportosításhoz fogódzót találni, úgy egészen más lehetőség adódik. Nevezetesen, a központi fűtések lehetséges hőtermelő berendezései:

- a kazánok, illetve kazánházak, kazántelemek és
- a hőcserélők, illetve hőfogadó állomások, hőközpontok,
- valamint a különféle hőleadók, fűtőtestek a szó elvi értelmezése szerint lényegében mind ***hőcserét megvalósító*** szerkezetek.

Ezzel szemben a csővezetékek és csővezetéki szerelvények, valamint a különféle szivattyúk az áramlástan és hidraulika törvényszerűségein alapuló ***szállítási feladatot*** oldják meg.

Ezért az elemek sorában előbb a hőcserét, majd a hőszállítást megvalósító szerkezeteket, berendezéseket ismertetjük. Ennek megfelelően a további fejezetek sora az alábbiak szerint alakul:

### A hőtermelés elemei

#### *Tüzelésen alapuló hőtermelés*

- Kazánok, tüzelőberendezések (megkülönböztetve a központi fűtési és ipari kazánokat)
- A tüzelőberendezések alkotóelemei
- Folyékony tüzelőanyagok (olajégők és olajellátás)
- Gáznemű tüzelőanyagok (gázégők és gázellátás)
- Különleges tüzelőanyagok és tüzelőszerkezetek

- A villamos energia, mint a kazánok energiaforrása
- Égéstermék elvezetés
- Kazánházak, kazántelegek

*Hőcserén alapuló hőtermelés*

- Hőcserélők
- Hőközpontok

#### **A hőleadás elemei**

- Hőleadók, fűtőtestek

#### **A hőszállítás elemei**

- Csövek és szerelvények
- Csövek és szerelvények hőszigetelése

Megjegyezzük még, hogy ma az elemek választéka annyira széles, hogy módszerként igyekeztünk kiragadni és összefoglalni az elvileg, elméletileg leginkább jellemző, alapvető tulajdonságokat, és típusokat annak érdekében, hogy teljes képet mutathassunk be a kötet olvasóinak.

### **Irodalom**

- [1] Homonnay, Gyné:  
*Fűtéstechnika I. Egyetemi jegyzet*  
Tankönyvkiadó, Budapest, 1977.
- [2] Macskásy, Á. és szerzőtársai:  
*Központi fűtés I. és II.*  
Tankönyvkiadó, Budapest, 1975.
- [3] Réthy, M.:  
*Korszerű központi fűtések. (II. kiadás)*  
Építőipari Könyvkiadó, Budapest, 1950.
- [4] Rietschel, H. – Raiss, W.:  
*Fűtés- és légtechnika*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1964.

## 6. Központi fűtések kazánjai

A kazán olyan nyomástűrő edény vagy tartály, amelyben valamely hőszállításra alkalmas közegnek *tüzeléssel fejlesztett* hőt adunk át. Manapság ezt a meghatározást kiterjesztjük a villamos energiával nyert hő átadására is. A hőfelvevő közeg rendszerint folyékony vagy gőz halmazállapotú víz. Megjegyezzük, hogy ha a hőfelvevő közeg levegő, akkor a berendezést nem kazánnak, hanem kályhának, kemencének, léghevítőnek nevezzük. A kazánokon a felmelegített közeget a felhasználás helyére szállító, valamint a lehűlt közeget visszaszállító csővezeték csatlakoztatására megfelelő szerkezeti megoldásokat alakítanak ki.

### 6.1. A kazánok csoportosítása

Napjainkban szinte számtalan technológiai feladat megoldására terveznek és gyártanak kazánokat és ez az iparág az energiatakarékosság és a környezetvédelem új és új szempontjai miatt rohamosan és folyamatosan fejlődik. Könyvünk értelemszerűen kizárólag az épületek fűtését, illetve általános hőellátását célzó kazánokat tárgyalja, de még így is igen széles az a kör, amit a „kazánok” fejezet keretében legalább meg kell említenünk. Sokféle a csoportosítási irányelv és szempontrendszer is, ezért annak érdekében, hogy az olvasót legalább a lehetséges megoldások létezéséről tájékoztassuk, igyekszünk e bevezető felsorolást teljessé tenni [1], [2], [12], [13].

*Az üzemi nyomás és hőmérséklet szempontjából ismerünk:*

- Kisnyomású kazánokat                      103 kPa nyomásig, illetve 120 °C hőmérsékletig,
- Középnomású kazánokat                    kb. 4,0–5,0 bar túlnyomásig,  
  illetve kb. 150 °C hőmérsékletig.

Az ennél nagyobb nyomású és hőmérsékletű kazánokkal az erőművi technika, vagy az ipari technológiai ellátás tárgykörében foglalkozik a szakirodalom.

*A teljesítmény szerint ismerünk:*

- Kisteljesítményű kazánokat kb. 50 kW teljesítményhatárig,
- Középteljesítményű kazánokat kb. 50 kW-tól kb. 500 kW teljesítményhatárig,
- Nagyteljesítményű kazánokat kb. 500 kW-tól kb. 5000 kW teljesítményhatárig.

*A központi fűtések hőmérsékleti igényeihez való illesztési lehetőség és a tüzelőanyag felső fűtőértékének hasznosítása szerint ismerünk:*

- Hagyományos kazánokat maximum 150 °C, de leggyakrabban 90/70 °C előremenő/visszatérő víz hőmérséklettel,
- Kishőmérsékletű kazánokat maximum: 70 °C előremenő víz hőmérséklettel, szokásos tartomány: 55/40 °C előremenő/visszatérő víz hőmérséklettel,
- Kondenzációs kazánokat az égéstermékben lévő vízgőz rejtett hőjének (a felső fűtőértéknek) hasznosításával.

*A kazán anyaga szerint ismerünk:*

- öntöttvas,
- acél,
- rozsdamentes acél,
- alumínium,
- réz alapanyagot.

*A kialakítás, a víz, illetve a füstgázok, vagy égéstermék útja szerint ismerünk:*

- nagy vízterű (lángcsöves) és
- kis vízterű (vízcsöves) kazánokat.

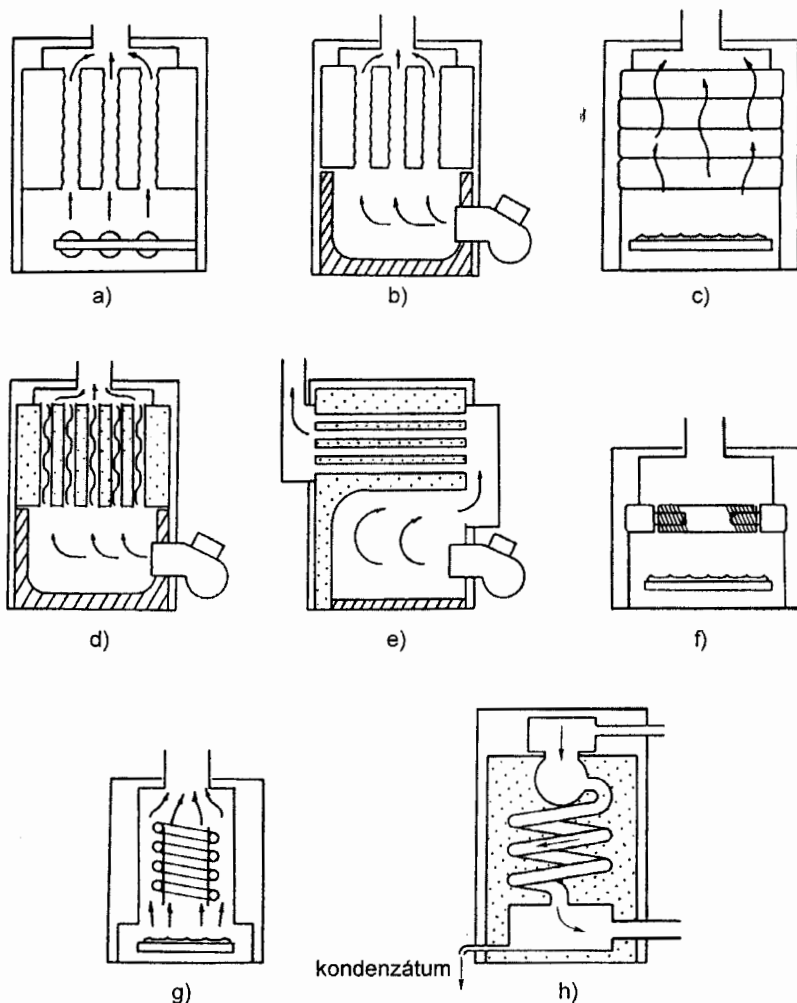
*Az alkalmazott tüzelőanyag szerint a kazán energiaforrása lehet:*

- Szilárd tüzelőanyag koks, antracit, szén, fa, lignit, tőzeg,
- Folyékony tüzelőanyag az olajok felosztását és tulajdonságait lásd „Alapismertek” kötet „Tüzeléstechnika” c. fejezet, 10.1 pont,
- Gáznemű tüzelőanyag a gázok felosztását és tulajdonságait lásd „Alapismertek” kötet „Tüzeléstechnika” c. fejezet, 10.1 pont,
- Villamos fűtés Magyarországon fűtéstechikai célra igen ritka, és e könyv témaköréhez nem illeszkedik,
- Vegyes tüzelőanyag az égő változtatásával, különböző égők behelyezésével,
- Különleges tüzelőanyagok biomassa, szeméttégés.

Az előállított hőhordozó közeg szerint ismerünk:

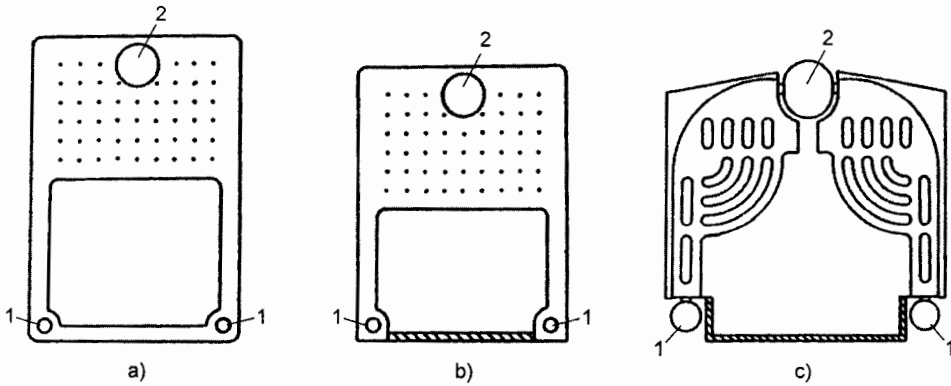
- meleg víz,
- forró víz, illetve
- gőz előállítását szolgáló kazánokat,
- esetleg olaj melegítésére alkalmas készülékeket.

A kazánok jellegzetes csoportjainak szerkezeti megoldását, elvét a 6.1., 6.2., 6.3. és 6.4. ábraszorozat mutatja.



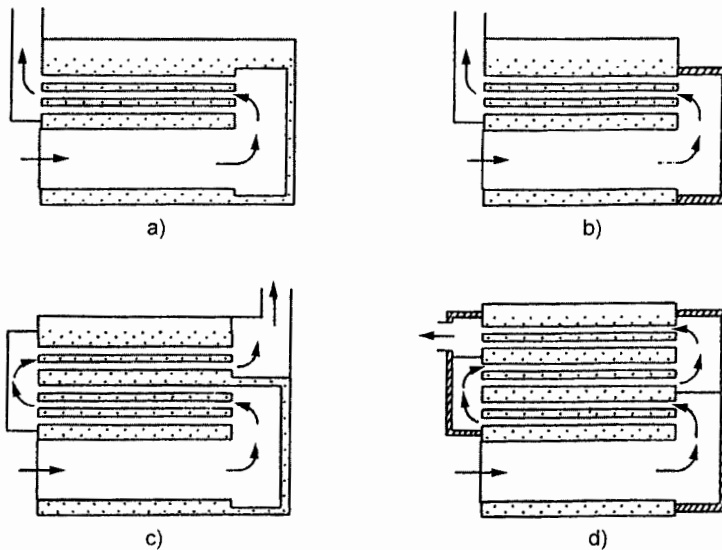
6.1. ábra. Lakásokban, családi házakban, lakóépületekben alkalmazott vízesőves (acéllemez) kazánok vázlatos rajza [1]

- a) egyszerű, csöves, hagyományos kazán gázfűtéssel; b) egyszerű, csöves, hagyományos kazán olajfűtéssel;  
 c) az „a” és „b” kazán metszete a vízáramon keresztül; d) függőleges vízesővesek; e) vízszintes vízesővesek;  
 f) bordázott vízesővesek; g) rézből készült csőklígyó; h) füstcsöves kondenzációs kazán



6.2. ábra. Lakásokban, családi házakban, lakóépületekben alkalmazott öntöttvas kazánok vázlatos rajza [1]

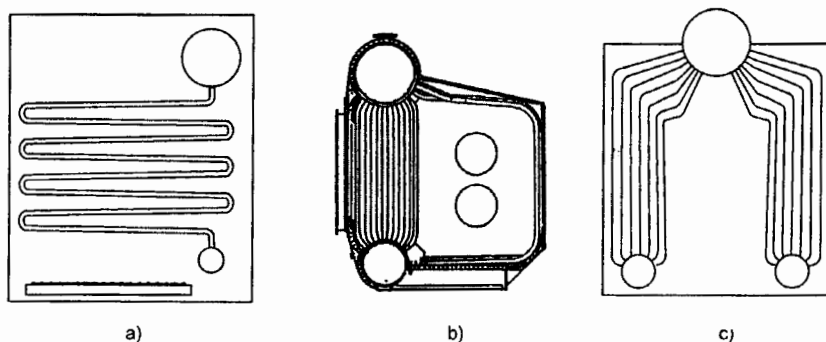
- a) vízáramlás az alsó gyűjtőcsövek között (kis teljesítményeknél alkalmazható); b) az alsó gyűjtőcsövek között nincs vízáramlás; c) az alsó gyűjtőcsövek a kazántesten kívül helyezkednek el  
 1 – alsó gyűjtőcső – vízáramlás a papírra merőleges irányban, az olvasótól távolodva;  
 2 – felső gyűjtő – vízáramlás a papírra merőleges irányban, az olvasóhoz közeledve



6.3. ábra. Ipari méretű, láng- és füstcsöves kazánok vázlatos rajza [1]

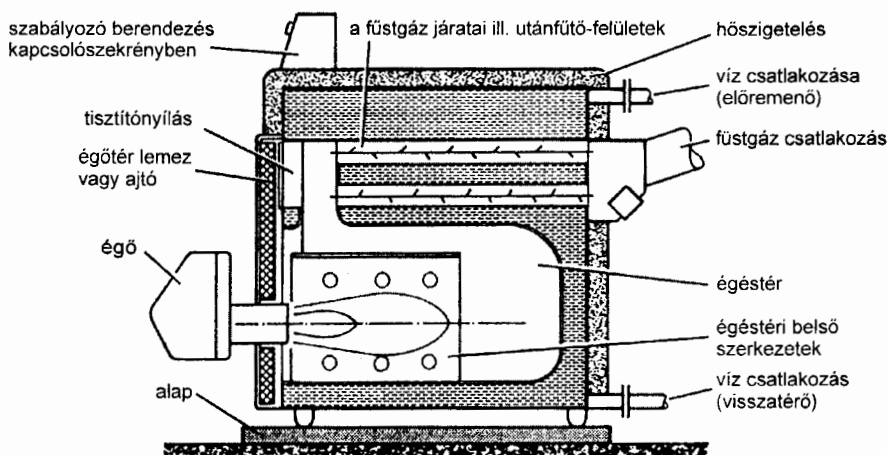
vízáramlás a láng- és füstcsövek körül, alulról felfelé irányulva

- a) kéthuzamú kazán, vízáramlással a kazán alsó és felső része között; b) kéthuzamú kazán, az alsó és felső rész között nincs vízáramlás; c) háromhuzamú kazán; d) négyhuzamú kazán



6.4. ábra. Ipari méretű, vízcsöves kazánok vázlatos rajza [1]  
 vízáramlás a csövekben, alulról felfelé irányulva  
 a) rézcsöves kazán; b) acélsöves kazán, 2 dobbal; c) acélsöves kazán, 3 dobbal

A különféle kazánok jellegzetes alkotóelemeinek sora és ezek megnevezése a 6.5. ábrán látható.



6.5. ábra. A kazánok fontosabb, jellegzetes alkotóelemei [5]

Ahogy a kazánok felosztásának felsorolásából láthatjuk, a mai fűtéstervezők szinte megszámlálhatatlan lehetősége van a különféle anyagú, fajtájú, szerkezetű, nagyságrendű kazánok megválasztására és beépítésére. E kötetben nem lehet és nem is szándékunk valamennyi kazán bemutatása, részletezése, szerkezetének, előnyeinek, hátrányainak ismertetése, elemzése, mert

- *egyrészt* a terjedelem ezt nem teszi lehetővé,
- *másrészt* a kazángyártók ma már igen részletes adat- és segédlettel, sok és változatos adathalmazzal állnak a tervezők, építetők rendelkezésére,

- *harmadrészt* azon igyekszünk, hogy a rohanó technikai fejlődés világában minél időállóbb anyagot közöljünk, és ezért csak az elvek bemutatására vállalkozhatunk,
- *negyedrészt* a kiválasztásban a rendelkezésre álló tüzelőanyaggal megszabott adottságok, valamint a bekerülési és üzemeltetési költség adott esetben bizonyára döntő szerepet játszik, s erre a könyvben nem lehetünk tekintettel.

Mindezek miatt a részletesebben bemutatott megoldások kiválasztása rendkívül nehéz feladat és a továbbiakban tárgyalt, esetleg önkényesnek tűnhető válogatás bizonyára hagy hátra kívánnivalót. Arra azonban reményeink szerint mégis elegendő, hogy eligazítást nyújtson a felsőoktatásban résztvevő hallgatóság, illetve a szakemberek, a tervezők, és az építetők számára.

## 6.2. A kazánok főbb jellemzői

- **Hasznos hőteljesítmény, vagy kimenő hőteljesítmény:** az a mérhető teljesítmény érték, [Watt], amit a hőtermelőtől eltávozó csokon mérhetünk.
- **Névleges teljesítmény:** [Watt], a legjobb hatásfokot biztosító üzemállapothoz tartozó teljesítmény.
- **Tüzelőanyag oldali teljesítmény:** az a mérhető teljesítmény, [Watt], amit a tüzelőanyag alsó fűtőértékével a kazánba juttatunk.
- **Teljesítménytartomány:** a kazán gyártója által a jellemző tüzelőanyagra megadott tartomány, amelyen belül a kazán teljesítménye beállítható. Olaj- és gáztüzelésű kazánoknál ennek legnagyobb értéke egyértelműen a névleges teljesítmény. Szilárd tüzelésnél a fogalomhoz tüzelési időtartamot kell rendelni.
- **Kazánhatásfok:** általában a hőhordozó közeg által a kazánból elvitt teljesítmény és a tüzelőanyaggal a kazánba jutó teljesítmény viszonya. Részletesebben tárgyalva megkülönböztetünk:
  - tüzelési hatásfokot (ahol csak a kéményen át távozó füstgáz (égéstermék) veszteséget vesszük figyelembe,
  - teljes hatásfokot (ahol értelemszerűen valamennyi veszteség tételt figyelembe vesszünk),
  - időszakra vonatkoztatott hatásfokot (ahol az egy-egy periódus alatt igénybevett részleges teljesítmények melletti hatásfok-értéket is külön-külön figyelembe vesszük),
  - a teljes terheléshez és a különféle részterhelésekhez tartozó hatásfok értékeket,
  - az úgynevezett kazán kihasználási fokot.

Ez utóbbi értéknek rendkívül nagy jelentősége van a ma már elterjedt modulált égők, és különösen a kishőmérsékletű és kondenzációs kazánok esetében (ld. „Alapismertek” kötet „Tüzeléstechnika” c. fejezet és jelen kötet „Hagyományos, kishőmérsékletű és kondenzációs kazánok” c. fejezete).



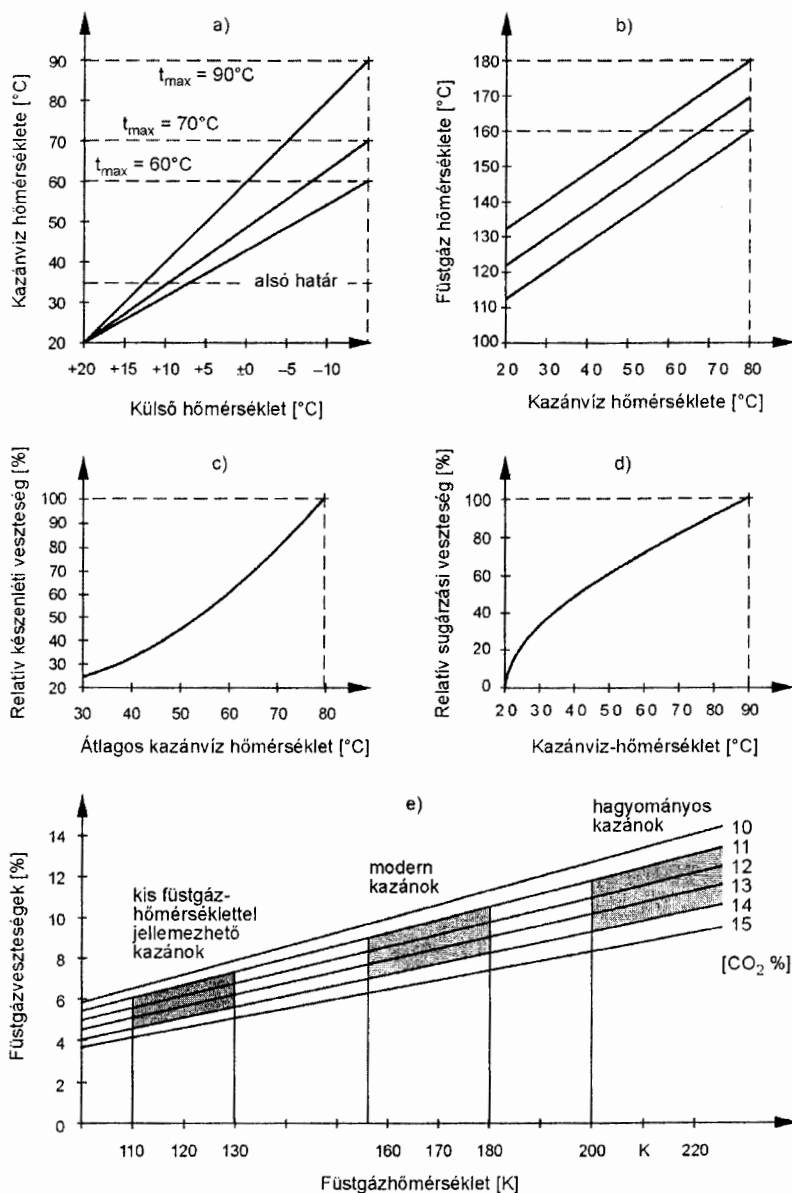
- **A távozó füstgáz hőmérséklete:** közvetlenül a kazán után, a füstgáz (égéstermék) csomban mért hőmérséklet.
- **Füstgázvesztesség:** értelemszerűen azon veszteségek összege, melyet a távozó füstgáz (égéstermék) okoz (ld. „Alapismeretek” kötet „Tüzeléstechnika” c. fejezet).
- **Készenléti veszteség:** az a veszteség, amit a kazán hőntartása jelent.
- **A kazán különféle geometriai méretei:** mint égőtér mélysége, átmérője, a kazán teljes fűtőfelülete, víztöltete, víztérfogata, esetleg gőzttere, a gőz térfogata (részletesebben lásd a kazánok konstrukciójával foglalkozó szakmunkákban).
- **A kazán vízdali ellenállása.**
- **A kazán jellegzetes nyomásértékei:**
  - engedélyezési nyomás,
  - gőzkazánoknál: a kilépő gőz nyomása.
- **A kazán jellegzetes hőmérséklet-értékei:**
  - a kilépő víz hőmérséklete,
  - a visszatérő víz minimálisan megengedett hőmérséklete,
  - a túlhevített gőzt előállító kazánoknál a kilépő gőz hőmérséklete,
  - esetleges olajhevítknél a kilépő olajhőmérséklet.
- **A segédberendezések villamos teljesítmény igénye.**
- **A tisztítási igények és lehetőségek.**
- **Helyigény és csövezési helyigény.**
- **Víz előkészítési és kezelési igények.**

### 6.3. Az energiagazdálkodás és környezetvédelem szempontjainak érvényesülése, a kazánfejlesztés korszerű elvei

#### 6.3.1. Hagyományos, kishőmérsékletű és kondenzációs kazánok

##### Hagyományos melegvíz kazánok

Ahogy a fűtési rendszerek kialakításának és méretezésének tárgyalása során majd látjuk, a korai vízfűtési rendszerek méretezési előremenő hőmérséklete  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$  körül volt. Ez az előremenő vízhőmérséklet igen jól illeszkedett az úgynevezett hagyományos tüzelőberendezésből távozó égéstermék hőmérsékletéhez, ami az alkalmazott égő típusától (túlnyomásos, atmoszférikus), a kazán szerkezeti kialakításától illetve az égéstermék elvezetés módjától függően  $180\text{--}200\text{ }^{\circ}\text{C}$  között van (6.6. ábraszorozat).

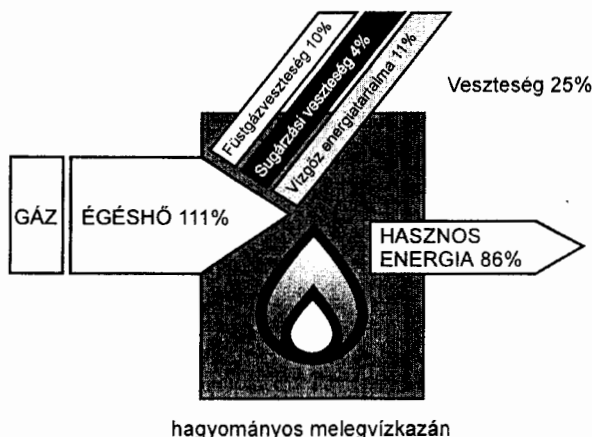


6.6. ábra. Kazánok jellemző hőmérséklet értékei [12], [13] nyomán

a) a kazánvíz hőmérséklete a külső hőmérséklet függvényében; b) jellemző füstgázhőmérsékletek a kazánvíz-hőmérséklet függvényében; c) a készenléti veszteségek csökkenése; d) a sugárzási veszteségek csökkenése; e) a füstgázvesztések csökkenése

Ennek eredeti oka az, hogy a távozó égéstermék hőmérsékletét tudatosan harmatpont felett kellett tartani. Az égéstermék nagy értékű entalpiával távozik és ez jelentős veszteségek forrása (ld. „Alapismeretek” kötet „Tüzeléstechnika” c. fejezet). A 6.7. ábrán bemutatott

energiafolyam azt mutatja, hogy ha a teljes bevitt energiát a tüzelőanyag felső fűtőértékével vesszük számításba, úgy a 111% elméleti maximális kihasználás helyett mindössze 86% hasznosítható.

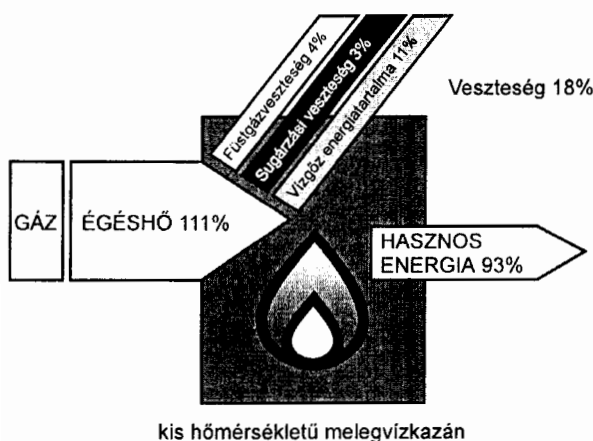


6.7. ábra. Hagyományos kazán energiafolyama [14]

zánok családja a korszerű központi fűtések legújabb fejezetét képviseli, ezekkel kissé bővebben foglalkozunk annál, mint amit kötetünk terjedelme és szellemisége általában egy-egy szerkezeti elem bemutatására engedélyez.

### Kishőmérsékletű melegvíz kazánok

Az úgynevezett kishőmérsékletű kazánok esetében a távozó égéstermék hőmérsékletét úgy választják meg, hogy az éppen a harmatpont felett maradjon. A harmatpont definícióját és jelentőségét lásd az „Alapismeretek” kötet „Tüzeléstechnika” c. fejezetben. A hagyományos



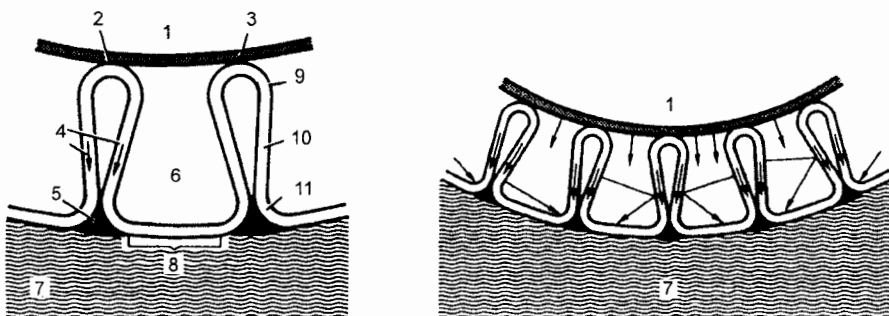
6.8. ábra. Kishőmérsékletű kazán energiafolyama [14]

Az energiatakarékossági, környezetvédelmi és hőkényelmi, valamint az esztétikai és építészeti szempontok érvényesítése mintegy 20 évvel ezelőtt felszínre hozta az úgynevezett kishőmérsékletű fűtéseket. A kazángyártók egyrészt követték e szempontokat, másrészt értelemszerűen törekedtek a minél jobb hatásfok elérésére, és a környezetbarát tüzelőszervezetek megvalósítására. Így született meg a kishőmérsékletű és a kondenzációs kazánok családja. Mivel a kishőmérsékletű és kondenzációs ka-

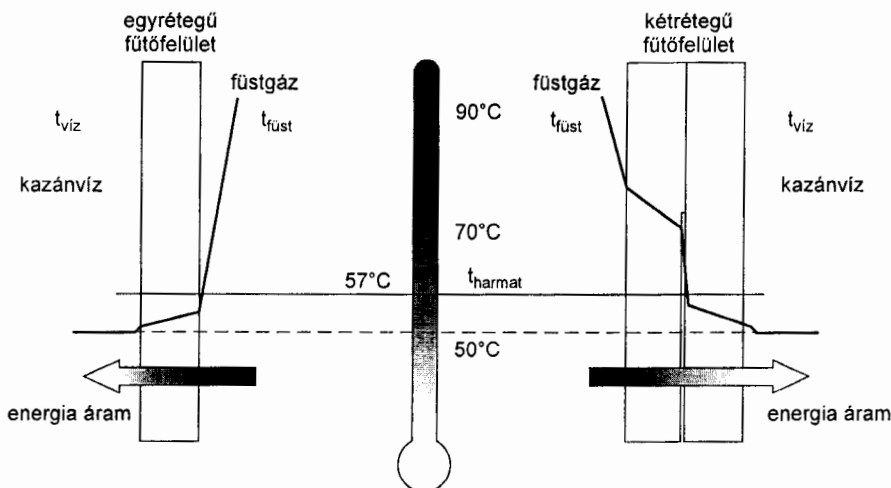
zánokhoz hasonlóan a kishőmérsékletű kazánokra is bemutatjuk az energiafolyamot a 6.8. ábrán. A törekvés arra irányult, hogy az égéstermék hőmérséklet megközelítse a harmatpont körüli hőmérsékletet, de maradjon a harmatpont felett. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a maximális előremenő víz hőmérséklet 75 °C lehet. A kishőmérsékletű kazánok esetében tehát e határ alatt a külső hőmérséklet függvényében szabályozzák a kazánvíz

hőmérsékletét. Az előremenő hőmérséklet minimuma  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  körül van, ez az érték azonban még kisebb is lehet a különféle padlófűtések esetében.

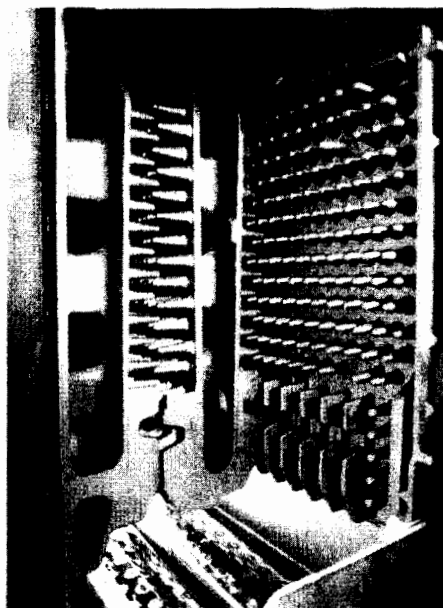
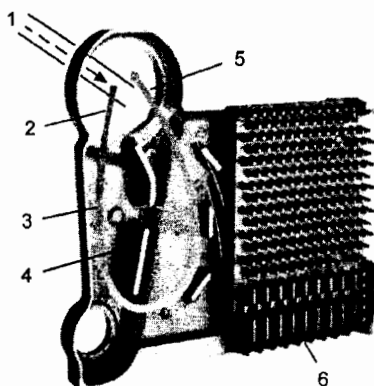
A kishőmérsékletű kazánok konstrukciója, felépítése, megoldása annyiban tér el hagyományos kazánokétól, hogy az égéstermék lehűlését utánkapcsolt fűtőfelülettel biztosítják. Annak érdekében, hogy az utánkapcsolt fűtőfelület mentén semmiféle előremenő/külső hőmérséklet párosításnál ne következhessek be a kondenzáció, egyik megoldásként különleges kettősfalú felületeket alakítanak ki (6.9. ábra). Ebben az esetben a fal hűtőhatása lényegesen meghaladja az egyrétegű fal hűtőhatását (6.10. ábra). Másik megoldás, hogy a kazánon belül biztosítják azt, hogy az előremenő vízből visszakevernek a visszatérő vízbe (6.11. ábra). Az égéstermék útját is nagy gonddal, mindezek szem előtt tartásával alakítják ki. Felhívjuk a figyelmet, hogy a kondenzáció nem csak a víz kondenzáció elkerülését, hanem a savharmatpont elkerülését is jelenti.



6.9. ábra. BUDERUS acélkazánok bordás profilú utánfűtő felülete és a felületek  
1 – égéster; 2 – borda csúcs; 3 – lángeső-égéskamra; 4 – hőáramlás; 5 – borda lábazat;  
6 – füstgáz (égéstermék) áramlás; 7 – kazánvíz; 8 – borda gerinc; 9 – borda fej;  
10 – borda szár; 11 – borda talp



6.10. ábra. A kettős falazat hűtőhatása [14]  $t_{harmat}$  = harmatponti hőmérséklet földgáznál



6.11. ábra. Kishőmérsékletű kazán vízvisszakeveréssel [4]

1 – lehűlt visszatérő vízáram; 2 – injektor hatás; 3 – keverőkamra; 4 – elválasztó borda; 5 – felmelegedett előremenő vízáram; 6 – bordázott felület

### Kondenzációs (égéshő) kazán, a korszerű fűtéstechnika hőtermelő berendezése

A tüzelőanyagok árának emelkedése, valamint a környezetbarát megoldásokra való fokozott törekvés még újabb megoldások létrehozására ösztönözte a kazánszerkezetek fejlesztőit és gyártóit.

Ahogy láttuk, a korábbi gyakorlat értelemszerűen arra törekedett, hogy a hőtermelő berendezések biztonságos, kondenzációmentes üzemvitelét megoldják. A hagyományos tüzelőberendezések esetében a lecsapódás elkerülését garanciális feltételként kezelték. Amint azonban e szemlélettől eltérhetünk, számításba jöhet az elgondolás, hogy a tüzelőanyag felső fűtőértékét (égéshőjét) vegyük számításba, hiszen feltételezhetjük az égéstermékben lévő rejtett hő (párolgáshő) hasznosítását.

Kondenzációs kazánok, vagy a szó szerinti német fordítást alkalmazva: égéshő-kazánok tehát azok a tüzelőberendezések, amelyeknél a füstgázban vízgőz formában jelenlévő rejtett hőt a vízgőz kondenzációján át hasznosítják.

A kondenzációs kazánok 65/50 °C víz oldali hőmérséklet lépcsővel, illetve a környezeti lehetőségek szélső határát kihasználva ennél is kisebb hőmérséklettel működnek. A fogyasztóoldali rendszer üzemvitele ritkán biztosítja a teljes kondenzációt, ezért az üzemvitel jóságát az úgynevezett kondenzációs számmal jellemzik, amit a következő összefüggés fejez ki:

$$\alpha = m_{\text{tényleges}} / m_{\text{névleges}} \quad (6.1.)$$

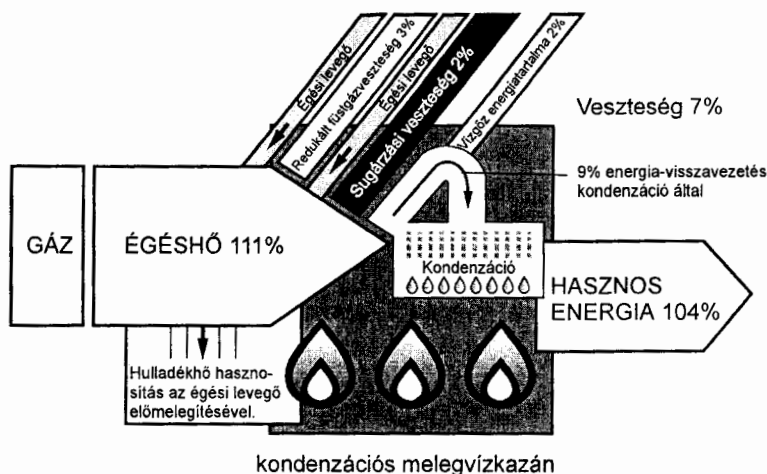
ahol

$m_{\text{tényleges}}$  az égéstermékben lévő elméleti kondenzátum mennyiség,

$m_{\text{névleges}}$  az égéstermékben valóban hasznosított kondenzátum mennyiség.

E kazánokat a gyártók jól szabályozható, egyre tökéletesített, többfokozatú vagy modulációs égőkkel készítik annak érdekében, hogy a környezetvédelmi szempontoknak is minél inkább eleget tegyenek.

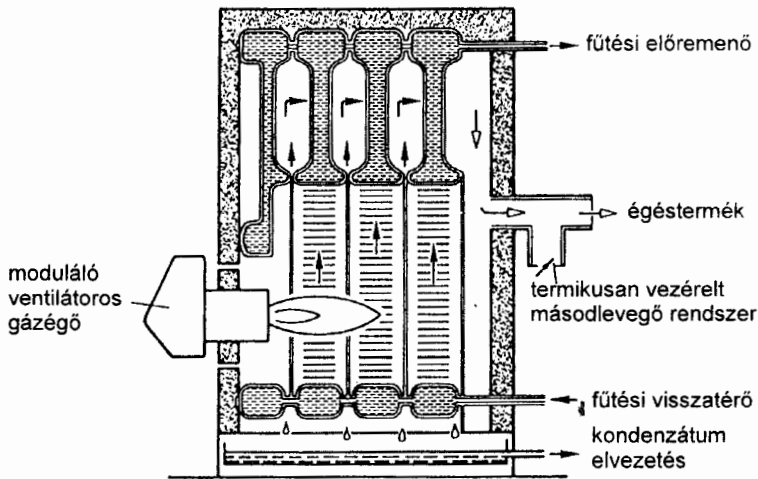
A kondenzációs kazánok elvét az eddigiekhez hasonlóan energia folyam ábrákon (6.12. ábra), valamint szerkezeti vázlaton (6.13. ábrarészlet) mutatjuk be. A kishőmérsékletű és kondenzációs kazán azonos vízhőmérsékletre vonatkoztatott energiafolyamát a 6.14. és 6.15. ábra mutatja.



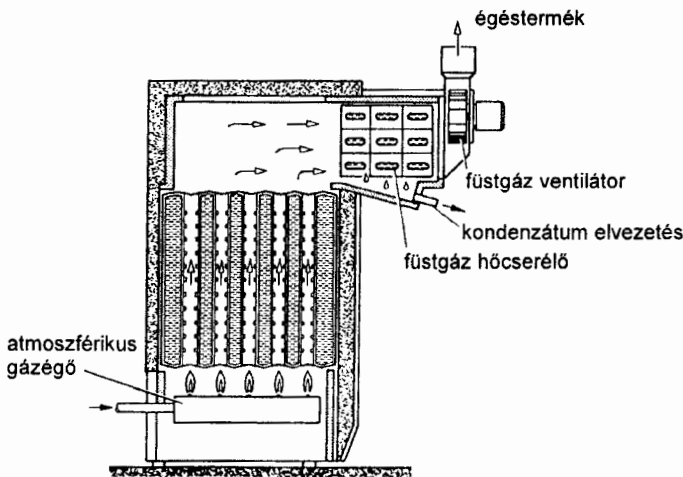
6.12 ábra. Kondenzációs kazán energiafolyama

Ahogy látjuk, a szakmai gyakorlat így az alsó fűtőértékre vonatkoztatva adja meg a hasznos energia és a bevitt energia viszonzyszámaként meghatározott kazánhatásfokot, látványosabbá téve a berendezés jóságát.

Az égéshő hasznosítása nyilvánvalóan megnöveli a tüzelőberendezések költségét, ez az egyik oka annak, hogy a kondenzációs technika alkalmazása alapvetően a – közkezdvelt és elterjedt – földgáztüzelésű berendezések területére szorítkozik. A másik ok az, hogy olaj és szilárdtüzelésű rendszerek esetén a  $H_f/H_a$  viszonzyszám kedvezőtlenebb a kondenzációs technika számára, valamint, hogy a nagy kéntartalom lényegesen igényesebb berendezéseket követelne. Ezért magunk a továbbiakban a földgáztüzelésű megoldások ismertetésére szorítkozunk.



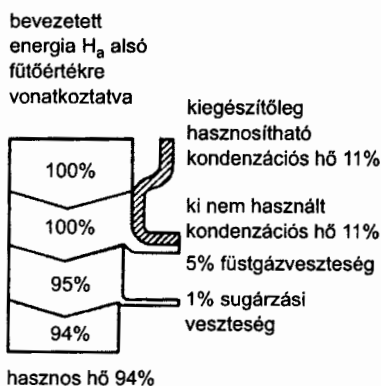
6.13/a ábra. Kondenzációs kazánok elvi működése az égéshő-hasznosítás elve, ha az égéstermék vízgőztartalmát a kazánban kondenzáljuk [5]



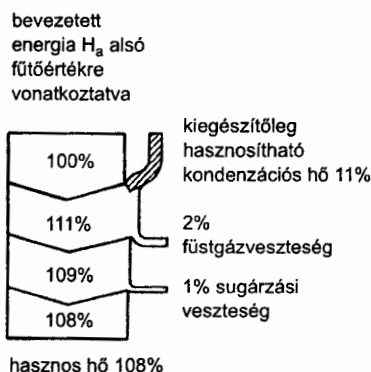
6.13/b ábra. Kondenzációs kazánok elvi működése az égéshő-hasznosítás elve, ha a fűtőgáz vízgőztartalmát a kazán után kapcsolt hőcserélőben kondenzáljuk [5]

A kondenzációs hőtermelőhöz értelemszerűen a külső hőmérséklet függvényében változó teljesítményű fűtési rendszer kapcsolható, ahol a részterhelés állapota hidegebb visszatérő víz hőmérsékletet és intenzívebb kondenzációt jelent. Így megállapítható, hogy a tüzelőberendezés hatékonysága a részterhelés állapotában növekszik.

Mindez egyfelől rávilágít arra az épületgépészeti gyakorlat számára igen fontos gondolatra, hogy a helytelenül megválasztott rendszerkapcsolat igényes kondenzációs fűtőberendezés



6.14. ábra. Kishőmérsékletű kazán energiaszámlálója 40/30 °C vízhőmérséklet mellett [12], [13]



6.15. ábra. Kondenzációs kazán energiaszámlálója 40/30 °C vízhőmérséklet mellett [12], [13]

mellett sem biztosít hatékony energia-felhasználást. Másfelől, míg a korábbiakban mindig az úgynevezett kazánhatásfok jelentette a tüzelő-berendezések minősítését, a kondenzációs kazánok esetében a kazánkihasználási fok ad támpontot a hatékonyság jellemzésére.

Hasonlítsuk össze a két fogalmat:

Kazán hatásfoka	Kazán kihasználási foka
Statikus elem	Dinamikus elem
Névleges állapotra vonatkozik	Üzemi folyamatot (teljes fűtési időnyt) értékeli
A névleges állapot egy fűtési időnyben legfeljebb 2-3 napig fordul elő	A fűtési időny jelentős része $-5$ és $+5$ °C közé esik
Nem ad felvilágosítást a gazdaságossági összehasonlításra	Tényadatokkal támasztja alá a gazdaságossági értékelést

A kazán-kihasználási fok tehát a kazánhatásfokkal szemben egy adott időszakra vonatkozó hasznos energia és az ugyanezen időszakban elfogyasztott tüzelőanyag-mennyiség energiatartalmának viszonyozása, mely a kapcsolódó rendszerek jellemzőit is figyelembe veszi az időben eltérő terhelési viszonyok mellett.

A kazánhatásfok ugyanis csak az égő bekapcsolt állapotában ad felvilágosítást a veszteségekről, ezzel szemben a kazánvesztesség az égő kikapcsolt állapotában is fennáll, hiszen pl. ekkor is van sugárzási veszteség, ami ráadásul a falhőmérséklet függvényében az időben állandóan változik.

A kazán kihasználtsági fokának jellemzése, és a kapcsolatos felfogás és számítási eljárások gyökeresen újak minősülnek a hazai tervezési és üzemeltetési gyakorlatban.



Fontos kérdés a kondenzációs kazánok esetében a  $\lambda$  légellátási tényező. Amennyiben ugyanis ez a tényező kicsi, nem biztosítható a megfelelő égés. Ha viszont

$$\lambda_{\text{tényleges}} > \lambda_{\text{szükséges}}$$

akkor a harmatpont csökkenése miatt csökken a kazánkihasználtság, mert az indokolatlanul nagy légellátási tényező esetén feleslegesen hűtjük le az égésteret, így gazdaságtalanná tesszük a tüzelést. A légellátási tényező növelésével csökken, a  $\text{CO}_2$ -tartalom növekedésével pedig növekszik a harmatpont értéke, ami jelentősen rontja a tudatosan tervezett füstgáz hőjének hasznosítási lehetőségeit.

### 6.3.2. Az éves hatásfok fogalma, jelentősége, a fűtések gazdaságosságának új típusú értékelése

Ahogy láttuk, a hagyományos fűtéstechnikai felfogás a kazánok hatásfokát névleges állapot mellett értékelte, nem véve figyelembe sem az éves kihasználást és teljesítmény lefutást, sem pedig a kapcsolódó rendszer hatásfokbefolyásoló hatását.

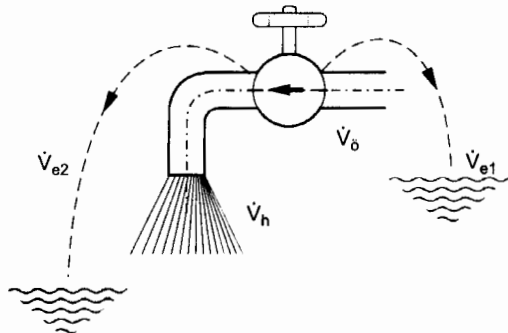
A legutóbbi években (sőt lassan már évtizedet is mondhatunk) a piacvezető kazángyártók elméletileg is kidolgozták és alátámasztották az éves hatásfok és a kihasználási fok kiszámításának módszerét. Az energiatakarékosságra és környezetvédelemre oly sokat adó, fejlett gazdaságokban pedig már a szabványosítás egész menete is szolgálja a méretezések megkönnyítését. Ezek nyomán mutatjuk be magunk is a gondolatmenetet [7], [15].

A *Viessmann kazángyár* igen szellemes analógiát mutat be a fogalom jellemzésére: egy kifolyó szelepet, melynél tömítetlenségi veszteség lép fel.

**A hatásfok ( $\eta$ ) és az éves hatásfok ( $\eta_e$ ) definíciója, tartalma és összehasonlítása.**  
Készült a [7] irodalom felhasználásával és annak nyomán!

A kazánok gazdaságossági és energetikai vizsgálatánál gyakran találkozhatunk a „hatásfok” és az „éves hatásfok” fogalmával. E két fogalom definiálásához (modellként) alkalmazzuk a **6.16. ábrán** látható kifolyószelepet és éljünk azzal a feltételezéssel, hogy a szelep előtti és utáni menetes kötéseknel veszteségek lépnek fel.

Példának tekintsük a következő értékeket:



6.16. ábra. Kifolyószelep veszteségei időegység alatt

$\dot{V}_h$	hasznos térfogatáram	15 liter/perc
$\dot{V}_{e1}$	a szelep előtt fellépő veszteség	0,01 liter/perc (állandó, használatától független)
$\dot{V}_{e2}$	a szelep után fellépő veszteség	0,03 liter/perc (csak nyitott szeleppállás esetén)
$\dot{V}_\Sigma$	össz-térfogatáram	$15+0,01+0,03=15,04$ liter/perc

A következő egyenlet írható fel:

$$\dot{V}_h = \dot{V}_\Sigma - \dot{V}_{e1} - \dot{V}_{e2}$$

$$15 = 15,04 - 0,01 - 0,03$$

Így már könnyen kiszámítható a vízcsap „ $\eta$ ” térfogati hatásfoka

$$\eta = \frac{\text{hasznos víztérfogatáram}}{\text{felhasznált (össz) víztérfogatáram}}$$

$$\eta = \frac{\dot{V}_h}{\dot{V}_\Sigma} = \frac{\dot{V}_\Sigma - \dot{V}_{e1} - \dot{V}_{e2}}{\dot{V}_\Sigma} = \frac{\dot{V}_\Sigma}{\dot{V}_\Sigma} - \frac{\dot{V}_{e1}}{\dot{V}_\Sigma} - \frac{\dot{V}_{e2}}{\dot{V}_\Sigma}$$

$$\eta = \frac{15}{15,04} = \frac{15,04}{15,04} - \frac{0,01}{15,04} - \frac{0,03}{15,04}$$

$$\eta = 99,73\% = 100 - 0,0665 - 0,199 \quad [\%]$$

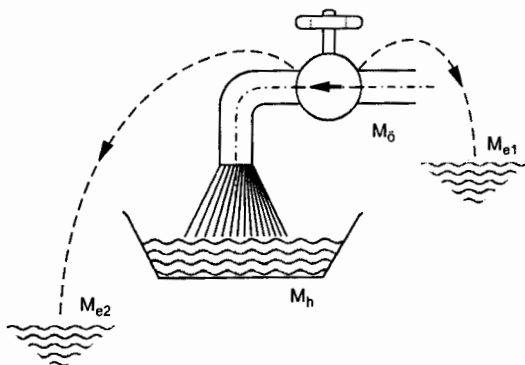
azaz általánosságban:

$$\eta = 100 - V_{e1} - V_{e2}$$

A  $V$  jel a veszteség százalékos értékeire utal!

A hatásfok  $\eta = 99,73\%$ -os, látszólagosan ilyen kedvező értéke miatt úgy tűnik: a kifolyószelep tömítését nem érdemes megjavítanunk.

A költségek vizsgálatánál azonban nem a mért térfogatáramok (felhasznált víz, és a veszteség), hanem az egy év alatt felhasznált vízmennyiség a döntő! Ez vezet minket az „éves hatásfok” ( $\eta_e$ ) fogalmához. Az éves hatásfok az egységnyi idő (pl. 1 év) alatt felhasznált (tehát hasznos) és az összes víz (nem a percnyi térfogatáram!) hányadosát mutatja meg (6.17. ábra).



6.17. ábra. Kifolyószelep veszteségei egy évre összesítve

Legyen tehát:

$M_h$  évenkénti hasznos vízmennyiség

évenkénti 50 fürdőkádás fürdést, 150 liter/kád vízfelhasználással feltételezve  
 15 liter/perc x 10 perc x 50/év = 7500 liter/év

$M_{e1}$  a szeleptülés előtti vízvesztesség – évente (8760 ó/év)

(állandó, használatától független)

0,01 liter/perc x 60 perc/h x 8760 h/év = 5256 liter/év

$M_{e2}$  a szelep után fellépő veszteség – évente

(csak nyitott szeleppállás esetén)

0,03 liter/perc x 10 perc x 50/év = 15 liter/év

$M_\delta$  a teljes vízmennyiség évente

7500 + 5256 + 15 = 12771 liter/év

Hasonlóan az előzőekhez:

$$M_h = M_\delta - M_{e1} - M_{e2}$$

$$7500 = 12771 - 5256 - 15$$

A kifolyószelep éves „hatásfokának” kiszámítása:

$$\eta_e = \frac{\text{hasznos vízmennyiség}}{\text{felhasznált (össz) vízmennyiség}}$$

$$\eta_e = \frac{M_h}{M_\delta} = \frac{M_\delta}{M_\delta} - \frac{M_{e1}}{M_\delta} - \frac{M_{e2}}{M_\delta}$$

$$\eta_e = \frac{7500}{12771} = \frac{12771}{12771} - \frac{5256}{12771} - \frac{15}{12771}$$

$$\eta_e = 58,7\% = 100 - 41,2 - 0,1 \quad [\%]$$

Azaz általánosan:

$$\eta_e = 100 - m_{e1} - m_{e2}$$

Az „m” jel a veszteség százalékos értékeire utal!

A „hatásfok” és az „éves hatásfok” összevetése

$$\eta = 99,73\% = 100 - 0,7 - 0,2 \quad [\%]$$

$$\eta_e = 58,40\% = 100 - 41,2 - 0,1 \quad [\%]$$

Az üzemeltetési költségek számításánál mértékadó éves hatásfok megmutatja, hogy a szeleptülés előtti – használatától független veszteség a teljes vízmennyiség 41,2%-a. A szivárgási hely megszüntetése, a megfelelő tömítés így már sürgetőnek tűnik.

A modellhez hasonlóan a **hatásfok** és az **éves hatásfok** kazánokra is meghatározható. A fenti egyszerű példából látható, hogy energetikai szempontból mennyire fontos a kazán-hatásfok és az éves hatásfok fogalmának pontos ismerete.

### A kazánok hatásfoka

A kazánok hatásfoka a **6.18/a ábra** segítségével a következőképpen számítható:

$$\eta_k = \frac{\text{hasznos hőáram}}{\text{felhasznált (össz) hőáram}}$$

$$\eta_k = \frac{\dot{Q}_h}{\dot{Q}_{tü}} = \frac{\dot{Q}_{tü} - \dot{Q}_{veszt}}{\dot{Q}_{tü}}$$

A „ $\dot{Q}$ ” jelentése hőáram [kW], míg „ $Q$ ” energiát [kWh] jelent!

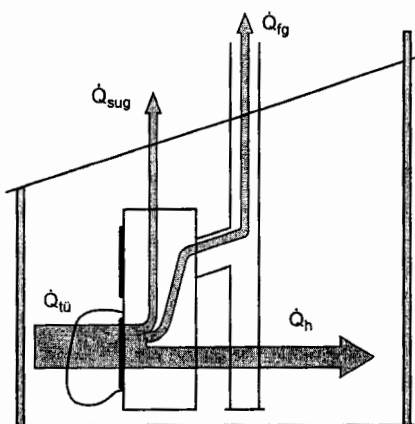
Példának tekintsük a következő értékeket:

$\dot{Q}_h$	hasznos hőáram	– kazánteljesítmény = 37 kW
$\dot{Q}_{sug}$	sugárzási veszteség	– állandó (sugárzási) veszteség = 1,3 kW
$\dot{Q}_{fg}$	füstgázvesztesség	– égő üzemelésekor fellépő veszteség = 5,3 kW
$\dot{Q}_{tü}$	a tüzelőanyaggal bevezetett hőáram	– égő teljesítmény = 37 + 1,3 + 5,3 = 43,6 kW

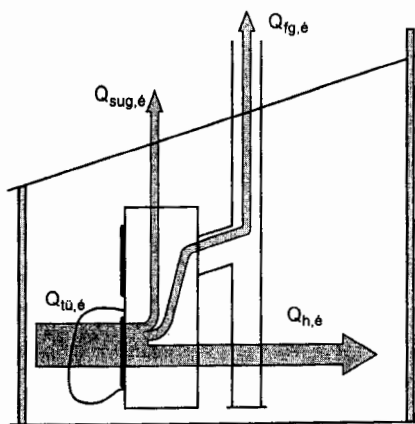
$$\dot{Q}_{veszt} = \dot{Q}_{sug} + \dot{Q}_{fg}$$

Ezzel:

$$\eta_k = 84,9\% = 100 - 3 - 12,1 \quad [\%]$$



6.18/a ábra. Kazánok hatásfokának megállapítása [7]



6.18/b ábra. Kazánok éves hatásfokának megállapítása [7]

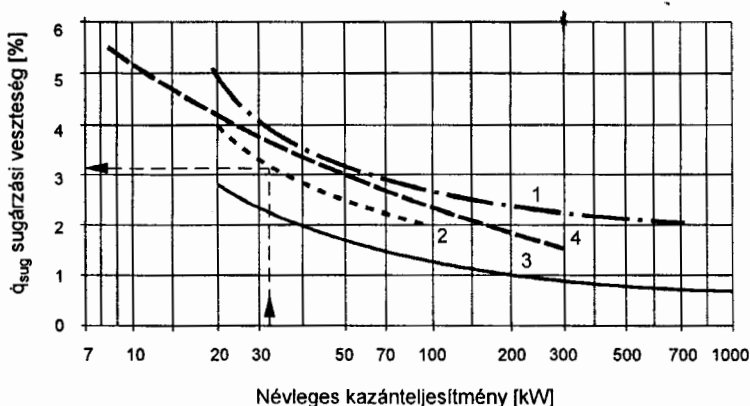
Általános formában felírva:

$$\eta_k = 100 - q_{sug} - q_{fg} = 100 - (q_{sug} + q_{fg}) \quad (6.2.)$$

A „q” százalékos értékeket jelent!

Esetünkben a hatásfok könnyen meghatározható, hiszen minden szükséges adat ismert. A valóságban nem ez a helyzet, hiszen a hőáramok mérése bonyolult feladat. Kiszámításukhoz az „Alapismeretek” kötet „Tüzeléstechnika” c. fejezetének összefüggései nyújtanak segítséget.

A sugárzási veszteség meghatározásánál a 6.19. ábrára támaszkodhatunk.



6.19. ábra. Tájékoztató ábra a sugárzási veszteségek meghatározásához [7]

1 – szilárd tüzelésű kazánok átállítva olajtüzelésre; 2 – állítható rostélyú vagy vegyes tüzelésű kazánok olaj vagy gáz blokkégővel; 3 – olaj vagy gáz blokkégős kazánok; 4 – atmoszférikus égővel ellátott gázkazánok

A kazánhatásfok az égő bekapcsolt állapotában ad pillanatképet az energiaáramokról. Ahogy azt az előbbi modell is megmutatta, a gazdaságossági megítéléshez az éves energiafogyasztás egyensúlyát kell felállítani. Kazánok esetében az általánosan elfogadott időtartam 1 év. Így a hatásfokot „éves hatásfok” formájában alkalmazzuk.

A vizsgálati időtartam legyen 1 év, de természetesen ez tetszőleges! Az év azon időszakát, ahol a kazán készenlétben van, készenléti időnek nevezzük és *b*-vel jelöljük. Az energiaegyensúly a 6.18/b ábra jelöléseivel:

- $Q_{h.é}$  éves hasznos hőmennyiség [kWh],
- $Q_{sug.é}$  éves sugárzási (hűlési) veszteség [kWh],
- $Q_{fg.é}$  éves füstgáz veszteség [kWh],
- $Q_{tü.é}$  éves teljes felhasznált tüzelőanyaggal bevitt hőmennyiség [kWh].

$$Q_{sug,é} = \dot{Q}_{sug} \cdot b - \text{teljes készenléti időtartamra (b)}$$

$$Q_{fg,é} = \dot{Q}_{fg} \cdot b_F - \text{csak az égő működésének idejére (b_F)}$$

$$Q_{tü,é} = \dot{Q}_{tü} \cdot b_F - \text{csak az égő működésének idejére (b_F)}$$

Az egyensúlyi egyenlet felírva:

$$\begin{aligned} Q_{h,é} &= Q_{tü} \cdot b_F - Q_{sug} \cdot b - Q_{fg,é} \cdot b_F \\ \eta_{é} &= \frac{Q_{h,é}}{Q_{tü,é}} = \frac{\dot{Q}_{tü} \cdot b_F}{\dot{Q}_{tü} \cdot b_F} - \frac{\dot{Q}_{sug} \cdot b}{\dot{Q}_{tü} \cdot b_F} - \frac{\dot{Q}_{fg,é} \cdot b_F}{\dot{Q}_{tü,é} \cdot b_F} \\ \eta_{é} &= 100 - q_{sug} \cdot \frac{b}{b_F} - q_{fg} \end{aligned} \quad (6.3.)$$

Ez az egyszerű végképlet néhány üzemeltetésből adódó tulajdonságot nem vesz figyelembe. Ennek illusztrálására szó szerint idézzük a [7] irodalmi forrás egy részletét:

„A sugárzási veszteség jelentős mértékben függ a kazán üzemi hőmérsékletétől, valamint az égő be- illetve kikapcsolt állapotától. Az égő bekapcsolt állapotakor a kazán vízzel nem érintkező külső részei mint pl. tisztítóajtó, füstgázgyűjtő, égőajtó stb. a forró füstgáz hatására jelentősen felmelegsznek. Az égő kikapcsolásakor adott esetben ezek a részek a környezeti hőmérsékletre visszahűlnek és a kéménynek a kazán felállítási helyéhez képest negatív nyomása miatt helyiséglevegő áramlik át a kazánon. Ebből is kiderül, hogy a vízzel nem érintkező részek aránya, valamint a kazán konstrukciója milyen döntő jelentőségű a hűlési veszteség szempontjából. A pontos számítás elvégzéséhez ezeket figyelembe kell venni...” Ezek kiszámítására javasoljuk a [2], [5], [15] irodalmat.

Az azonban világos, hogy a kifolyószelep modellhez hasonlóan itt is az állandó sugárzási (hűlési) veszteség a domináns. Ez a felismerés vezetett a kazán üzemi hőmérsékletének folyamatos csökkenéséhez, valamint a kis (75/60 °C) és a különlegesen kis hőmérsékletű (kb. 40 °C), kondenzációs kazánok fejlesztéséhez.

Mindezekből világos, hogy az éves hatások számításához figyelembe kell venni az üzemidőt, a készenléti időtartamot és a különféle üzemállapotok alatt fellépő veszteségeket.

Az e célra megalkotott, úgynevezett készenléti hatások tehát azt fejezi ki, hogy a kazán üzemszünetében is van veszteség a felületi sugárzás miatt:

$$\eta_B = \frac{b_{vk} \dot{Q}_f}{b_{vk} \dot{Q}_f + (b - b_{vk}) q_B \dot{Q}_f} \quad (6.5/a)$$

azaz:

$$\eta_B = \frac{I}{\left(\frac{b}{b_{vk}} - 1\right) q_B + I} \quad (6.5/b)$$

ahol

$\dot{Q}_f$  a fűtési teljesítmény,

$b_{vk}$  a valóban fűtéssel töltött üzemórák száma,

$q_B$  a fajlagos készenléti veszteség.

$$q_B = \frac{\text{hőleadás üzemszüneti állapotban}}{\text{teljes terhelésű kazán teljesítmény}}$$

Az éves kihasználási fok így:

$$\eta_e = \eta_k \eta_B = \frac{\eta_k}{\left(\frac{b}{b_{vk}} - 1\right) q_B + 1} \quad (6.6.)$$

Ezen számítási képlet fontossága abban rejlik, hogy kapcsolatot teremt az éves hatásfok és a kazán kiterhelése között. Az éves hatásfok képletben szereplő  $\frac{b}{b_{vk}}$  hányados ugyanis nem más, mint a kazán kiterhelésének ( $\varphi$ ) reciproka. Ennek felhasználásával az éves hatásfok képlete a következő formában írható:

$$\eta_e = \frac{\eta_k}{\left(\frac{1}{\varphi} - 1\right) \cdot \dot{q}_B + 1} \quad (6.7.)$$

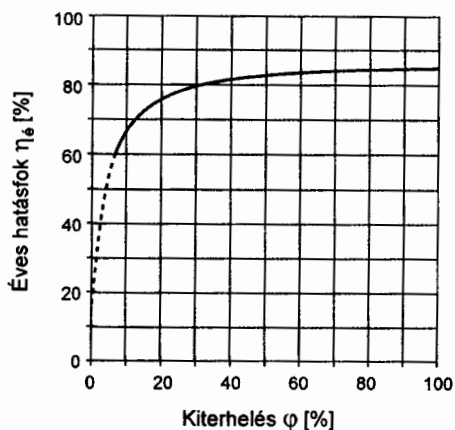
Ezen képlet segítségével a kazánok minden terhelési értékére kiszámítható az éves hatásfok és grafikusan ábrázolható. Teljes kiterhelésnél (100%), azaz mikor az elvétel megegyezik a kazán névleges teljesítményével (ekkor nincsen égő lekapcsolási idő)  $b = b_{vk}$  és

$$\varphi = 1 = 100\%; \text{ ekkor } \eta_e = \eta_k$$

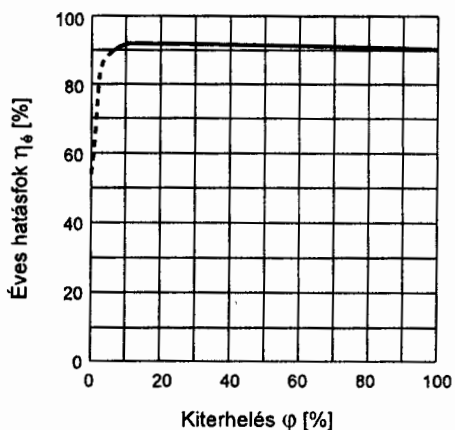
E számítási eljárás hasznosítására a „Fűtési rendszerek gazdaságossága” c. fejezetben még visszatérünk.

A hagyományos (állandó hőmérsékletű) kazánokra jellemző éves hatásfok-görbe lefutását mutatja a **6.20. ábra**, amelyet  $\eta_k = 84,9\%$  kazánhatásfok és  $q_B = 0,023$  fajlagos készenléti veszteség értékkel határoztuk meg.

A görbe lefutásából látható, hogy 20%-os kiterhelés felett már nem növekszik számottevően, az éves hatásfok, 20% alatt viszont drasztikusan csökken.



6.20. ábra. A hagyományos (állandó hőmérsékletű) kazánokra jellemző éves hatásfok-görbe



6.21. ábra. A korszerű, kishőmérsékletű (időfüggő) kazánokra jellemző éves hatásfok-görbe

$\varphi$ [%]	$\eta_K$ [%]
100	84,9
80	84,4
60	83,6
40	82,1
20	77,7
5	59,1

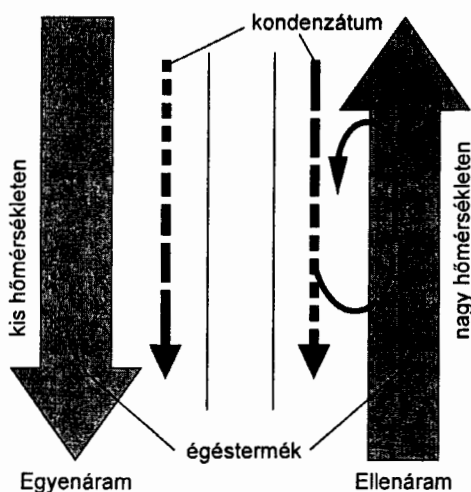
A korszerű, kishőmérsékletű (időfüggő) kazánokra jellemző éves hatásfok-görbe lefutására jellemző, hogy ellentétben a hagyományos kazánokéval, a részterhelési tartományban a görbe enyhén emelkedik és csak  $\varphi = 5\%$  értéknél van drasztikus csökkenés (6.21. ábra).

Ebből a lefutásból világosan látszik, hogy a kishőmérsékletű kazánok túlméretezése semmiképp sem nevezhető károsnak, hiszen a részterhelésen való üzemeltetésnél az éves hatásfok bizonyos határig egyenlő, vagy kevéssé nagyobb, mint a névleges teljesítményen.

### 6.3.3. A kondenzációs kazánok néhány szerkezeti kérdése

A kondenzációs fűtőberendezések égői elvileg megegyeznek az egyéb tüzelőberendezések égőivel. A kondenzációs technika szempontjából az a döntő, hogy az égéstermék hőmérséklete lehűthető legyen a harmatpontig, illetve, hogy az égő szabályozhatósága illeszkedjék a fogyasztói oldal teljesítményigényéhez, valamint hogy minél jobban teljesüljön a környezetbarátság feltételrendszere.





6.22. ábra. Az égéstermék és a kondenzátum egyen- és ellenirányú áramlása [4] (A kondenzátum és égéstermék egyirányú áramlása segíti a kondenzátum hozamnövelését)

A tüzelőberendezés kialakítása során az égéstermék elvezetésének irányát célszerű a kondenzátum áramlási irányával azonosan megválasztani, így az égéstermék nem ragadja el a kondenzátumot. Természetesen a fejlett ipar e téren is kísérleteket tesz az ellenáram, illetve a keresztáram előnyeinek kihasználására (6.22. ábra).

Az égéstermék elvezetés és az égési levegő ellátás értelemszerűen eltér a hagyományos, megszokott, általánosságban alkalmazott megoldásoktól. A kondenzációs kazánoknál ugyanis a tudatosan lehűtött és részben vízgőzzel telített, túlnyomás alatt álló

égéstermék kizárólag kényszeráramlással vezethető el, hiszen a hőmérséklet csökkentés következtében csökken a gravitációs hatásos nyomás is. A hagyományos, falazott, vagy pedig idomokból álló kémények erre a célra alkalmatlanok.

Az a törekvés, hogy a gazdaságossági és a környezetvédelmi igényeket egyre jobban kielégítsék, a kondenzációs kazánok területén is a megoldások széles skáláját hozta létre. Ezek csoportosítása az alábbi szempontok alapján lehetséges:

#### **Égési levegőellátás módja alapján:**

- Nyílt égésterű
- Zárt égésterű

#### **Biztosítás módja szerint:**

- El van látva égésbiztosítóval
- Nincs ellátva égésbiztosítóval

#### **Légellátás és égéstermék elvezetés módja szerint:**

- Égési levegőellátás és égéstermék elvezetés helyiségen belül
- Égéstermék elvezetés gyűjtő rendszerben, égési levegőellátás helyiségen belül
- Égéstermék elvezetés egyedi rendszerben, égési levegőellátás helyiségen belül
- Légellátás, égéstermék elvezetés külső falon keresztül azonos nyomású tartományban
- Csatlakozás gyűjtőrendszerű (1 huzamú) levegő égéstermék rendszerre
- Égési levegő ellátás és égéstermék elvezetés tetőn keresztül azonos nyomású tartományban
- Csatlakozás gyűjtőrendszerű (2 huzamú) levegő égéstermék rendszerre
- Égési levegőellátás és égéstermék elvezetés különböző nyomású tartományban
- Levegő égéstermék csatlakozás minősített és gyártmányként szállított vezetékrendszerekkel

**Égéstermék szállító ventilátor beépítési helye szerint:**

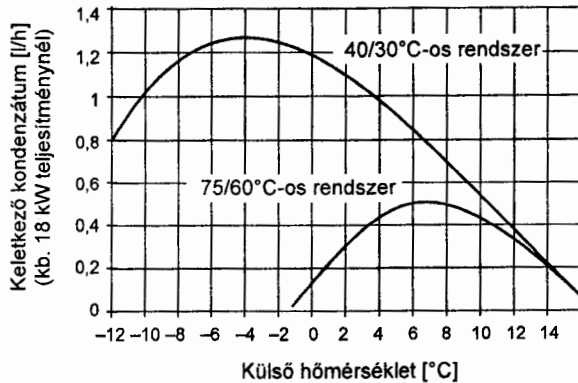
- Hőcserélő után
- Égő előtt
- Áramlásbiztosító után

Mindezen lehetőségek részletezését az egyedi gázkészülékek és gáztüzelésű kazánok gázellátási kérdéseivel foglalkozó fejezetben találjuk (kötetünk „Gázellátás” c. fejezete), az égéstermék elvezetés megoldására adott példákkal együtt.

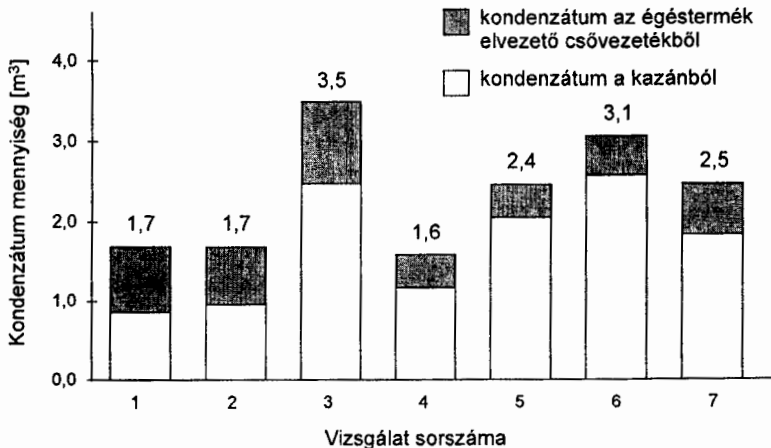
**6.3.4. Kondenzációs kazánok alkalmazásának környezetvédelmi vonatkozásai**

A teljesség igénye nélkül említsünk meg néhány környezetvédelmi vonatkozást is. A kazánokra jellemző  $\text{CO}_2$  emisszió kedvező értéket mutat a kondenzációs kazánok esetében.

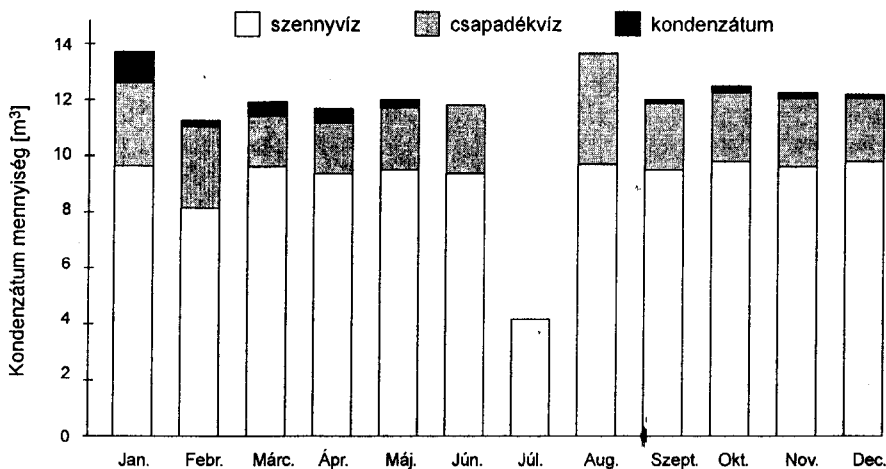
Igen fontos kérdés a kondenzátum mennyiségének és minőségének vizsgálata a szennyvíz befogadó oldaláról. A kérdés részletes elemzésére e könyvben nincs helyünk és módunk, de a 6.23. ábraszorozat ad némi tájékoztatást.



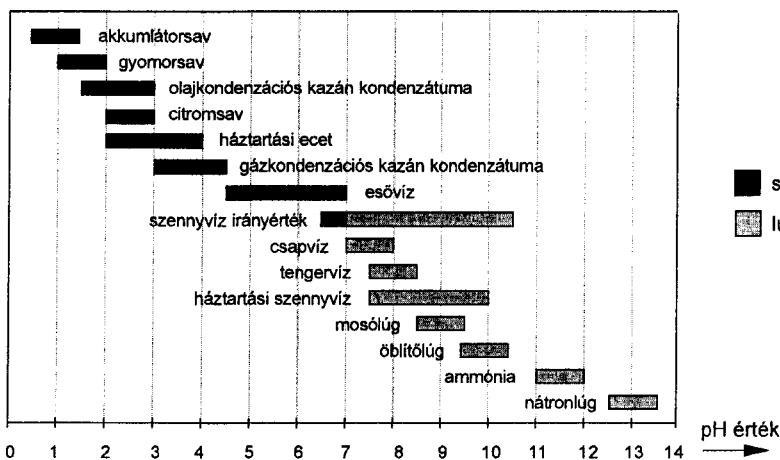
6.23/a ábra. A keletkező kondenzátum-áram a külső hőmérséklet függvényében [8]



6.23/b ábra. Gyakorlatban használható adatok a különféle jellegzetes helyeken keletkező kondenzátum mennyiségéről [8]



6.23/c ábra. A kondenzátum mennyisége a háztartási szennyvízben [8]



6.23/d ábra. A kondenzátum savassága [8]

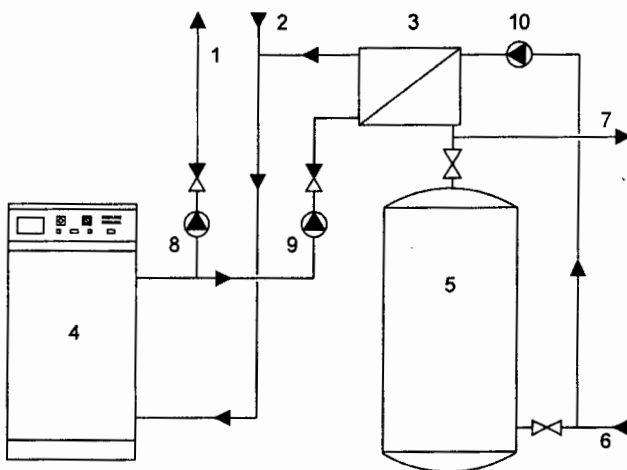
A szennyvízjogi kérdések tisztázása Magyarországon még várat magára, de a kondenzációs üzemmód terjedésével erre a problémára is egyre nagyobb figyelmet kell fordítanunk.

### 6.3.5. Kondenzációs kazánok alkalmazása és illesztése

A kondenzációs kazán alkalmazása számos kérdést vet fel a fogyasztó oldali csatlakoztatás szempontjából is, hiszen a gazdaságosságot kizárólag a megfelelően illesztett fűtési és használati melegvíz ellátó rendszerrel lehet megoldani.

Ha a kondenzációs kazánhoz fűtést és használati melegvízellátást is csatlakoztatunk, fokozottan merül fel az egymástól eltérő igényű két fogyasztói csoport egyidejű kifogástalan ellátásának kérdése.

Példaképpen mutatjuk be a 6.24. ábrát. Gondoljuk meg, hogy egy hagyományos kazánra csatlakoztatott közvetett fűtésű használati melegvíz termelő tartály nyári üzeme (amikor is a kazánt kizárólag a használati melegvíz termelésére alkalmazzuk), általában gazdaságtalan. Ugyanez a kondenzációs kazánnál nagyobb éves kihasználást jelent. Ugyanakkor a kondenzációs kazánokkal összeépített, megfelelő kialakítású tárolós rendszerű használati melegvíz termelő berendezéssel az aránylag nagy használati melegvíz-hőmérsékletek esetén is az egész felfűtési idő alatt kondenzációs üzem érhető el. Ezt a célt szolgálja az ún. réteges tároló. Ez utóbbi, a



6.24. ábra. A használati melegvíz termelés gazdaságosabbá teszi a kondenzációs kazán üzemet [8]

- 1 – fűtési előremenő vezeték; 2 – fűtési visszatérő vezeték;  
3 – hőcserélő; 4 – kondenzációs kazán; 5 – használati melegvíz tároló; 6 – hálózati hideg víz; 7 – használati meleg víz;  
8 – fűtési keringtető szivattyú; 9 – hőcserélő fűtést szolgáló szivattyú; 10 – a tároló kör szivattyú

kondenzációs kazánhoz való helyes illesztés esetében az egész felfűtési idő alatt 30–40 °C visszatérő hőmérsékletet eredményez, amelynek révén intenzív kondenzáció jön létre, és ez természetesen jó hatásfokot eredményez. A kondenzációs kazán kis készenléti vesztesége miatt így a használati melegvíz készítés hatásfoka is javul [8].

Szóljunk néhány szót a kondenzációs kazánokhoz csatlakozó hőleadókról is. A hőleadók típusait, megválasztását, méretezését kötetünk azonos című fejezetében részletesen megtaglaljuk, ezért itt csak néhány igen jellegzetes gondolatot kell megemlítenünk:

- A hővédelmi előírások szigorításával, illetve a hővédelem lehetőségeinek kihasználásával a transzmissziós és filtrációs veszteségek csökkenése mellett a lehűlő határoló szerkezetek átlagos belső felületi hőmérséklete az ún. „ $t_{\text{sug}}$ ” hőmérséklet jelentősen megnövekedett (ld. „Alapismeretek” kötet „Épületfizika” és „Hőérzet” c. fejezete). Emiatt azonos komfortérzet biztosításához elegendő a csökkentett léghőmérséklet alkalmazása, az ún. „ $t_{\text{eredő}}$ ” hőmérséklet állandósága mellett. Így jelentősen csökkenthető a fűtőfelületek közepes hőmérséklete.

- Ugyancsak kiváló lehetőség a fűtővíz hőmérsékletének csökkentésére a padlófűtések, illetve a kombinált padló- és konvekciós fűtések alkalmazása [9].
- Az üzemeltetési kultúra növelésével természetessé válik a nyári hőkomfort biztosítása is. Erre nyújt kiváló lehetőséget a klíma-konvektorok alkalmazása.

#### 6.3.6. A kondenzációs kazánok hazai alkalmazásának fontossága és korlátai

Ahogy láttuk, a kondenzációs kazánok, más szóval égéshő kazánok alkalmazása számos mai energiatakarékossági és környezetvédelmi gondunkra és problémánkra ad választ és megoldást. Mindez nyilvánvalóan bizonyított, mégis igen természetes alkalmazási korlátot szab a berendezés és a kapcsolódó rendszer beruházási költsége. Ezért sajnálatos tény az, hogy a berendezések alkalmazása a pillanatnyi beruházási költség és az energiaárak viszonyától függ, ami ma még általában a hagyományos kazánok beépítését segíti elő.

Ezt a szemléletet kizárólag a tudatos méretezés, az összehasonlítás alapjául szolgáló éves kihasználási fok alkalmazása, a változó energiaárakkal való tervezési előkészítés, az energia-gazdálkodási és a környezetvédelmi szemlélet felzárkóztatása változtathatja meg. Egy olyan könyvben, melyet az új évszázad/évezred szakembereinek szánunk, meg kellett említenünk ezt a műszaki kultúrát jelentő kérdést is, hiszen e szemlélet nélkül az európai csatlakozás és a további fejlődés egyaránt lehetetlenné válik.

Napjainkban a környezetbarát technológia alkalmazása társadalmi méretű mérnök-etikai kérdéssé vált. Számos vízellátási, csatornázási, forgalmi, gépkocsi használati kérdést nem lehet ma már a gazdaságosság pillanatnyi szempontjainak alapján eldönteni, hanem vizsgálnunk kell az alkalmazandó rendszerrel együtt járó kultúrát is. Ezért foglalkoztunk aránytalanul nagy terjedelemben és részletességgel a kondenzációs technika alkalmazásával [5], [7], [8], [12], [13], [14], [15].

### 6.4. Kazánok ismertetése alapanyaguk szerint

A központi fűtéstechnika legjellegzetesebben az öntöttvas és acéllemez kazánokat alkalmazza. A központi fűtések a korai, gyors és nagymértékű elterjedés időszakában hőtermelőként az öntöttvasra, mint szerkezeti alapanyagra támaszkodtak, az első központi fűtési kazánok lényegében korábbi öntödékben készültek [5].

#### 6.4.1. Öntöttvas kazánok

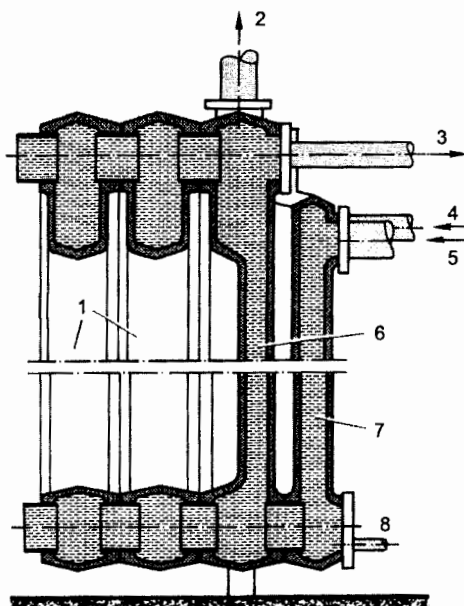
Hosszú ideig a központi fűtéstechnika uralkodó kazántípusa volt az öntöttvas tagos kazán.

Az öntöttvas tagos kazánok előnyei:

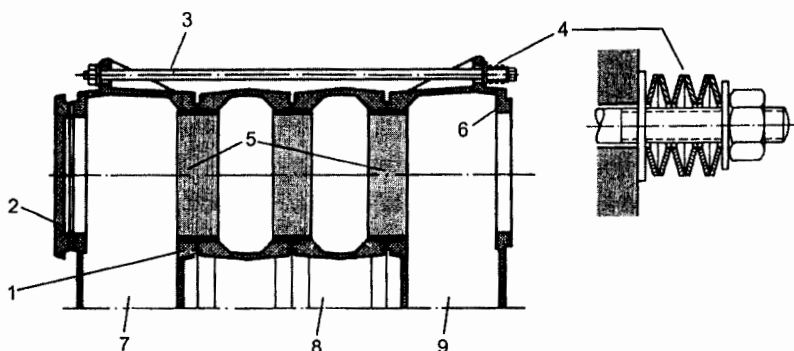
- olcsó, tömeggyártásra alkalmas szerkezet;
- a kazánok javítása a hibás tag cseréjével megoldható;
- a fűtőfelület a tagok számával nagy határok között és kis lépcsőkben változtatható;
- a huzatigény csekély;
- a kezelés egyszerű;
- a tüzelőanyag elégetése megfelelő hatásfokú;
- a kazán anyaga korrózióálló;
- a tagok könnyen szállíthatók;
- a kazán szerkezeti magassága és helyigénye kicsi.

Mivel az öntöttvas kazánok előnye döntően a tagos szerkezetben rejlik, a 6.25 ábrasorozaton bemutatjuk a tagok összehúzásának módszerét, a tagok jellegzetes elemeit, és a csatlakoztatások elvét.

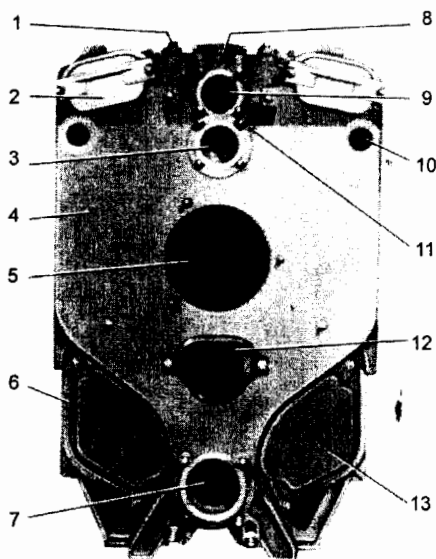
Ma már ezek az öntöttvas kazánok rendelkezésre állnak szilárd-folyékony és gáztüzelésre, kis-



6.25/a ábra. Az öntöttvas kazánok jellegzetes elemei [25]  
1 – középső tagok; 2 – előremenő vezeték; 3 – biztonsági előremenő; 4 – biztonsági visszatérő; 5 – visszatérő vezeték;  
6 – hátsó tag; 7 – összekötő tag; 8 – ürítés

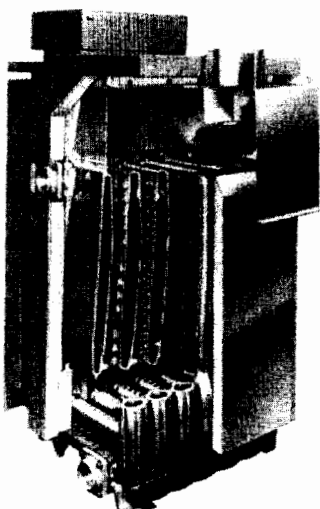


6.25/b ábra. Öntöttvas kazánok összekapcsolása [25]  
1 – tömítés; 2 – vakkarima; 3 – kötővas (bekötőrúd); 4 – táglás-kompenzáló (tányér alakú rugós alátét-csomag); 5 – acél csőkapcsoló karmantyúk; 6 – csőcsatlakozásra szolgáló agy;  
7 – első tag; 8 – közbülső tag; 9 – hátsó tag



6.25/c ábra. Öntöttvas kazánok csőcsatlakozásai [25]

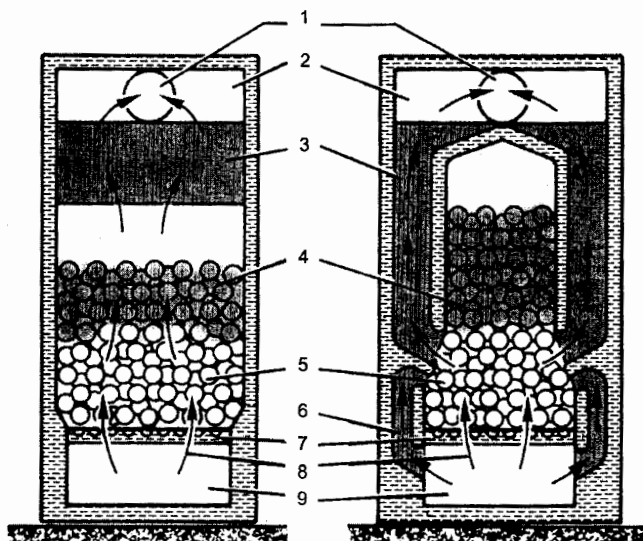
1 – mérő- és szabályozókészülékek csatlakozója; 2 – a füstgáz-gyűjtő csatorna tisztító fedele; 3 – visszatérő vezeték; 4 – csatlakozó elem; 5 – füstgázkimenet; 6 – hátsó tag; 7 – töltő és leürítő csatlakozás; 8 – előremenő vezeték; 9 – biztonsági előremenő; 10 – biztonsági visszatérő választható jobb vagy bal oldalon menetes csatlakozással; 11 – légtelenítő csatlakozás az illeszkedő taghoz; 12 – a távozó füstgáz csatlakozás tisztító fedele; 13 – a füstgáz csatlakozás tisztító fedele



6.26/a ábra. Korszerű öntöttvas kazánok:  
100...370 kW teljesítményű, gáztüzelésű, kompresszor nélküli, égőfejes Buderus öntöttvaskazán égéstere és utánfűtő felülete

hőmérsékletű és kondenzációs kivitelben, a teljes szabályozhatóság minden lehetőségével, és valamennyi korszerű kazánszerkezetségi elv alkalmazásával. Néhány igen korszerű megoldást mutat a 6.26. ábrasorozat.

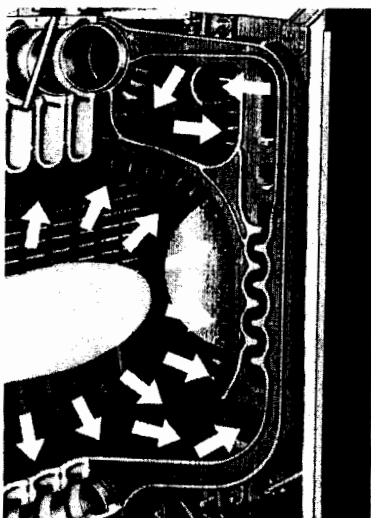
A hagyománytisztelet kedvéért említjük meg itt, hogy a magyar öntöttvas kazán gyártás hosszú évtizedekig nagy hírnévnek örvendett. A tüzelőanyag ellátás lehetőségeit rugalmasan követő gyártmányok sorra alkalmasak voltak a kokszt, majd az egyre gyengébb minőségű barnaszenek, a 60-as évek után pedig az olajok és a gáz eltüzelésére. E gyártmánycsalád a MARABU fantázia-nevet viselte a „Magyar Radiátorgyár Budapest” szavak kezdőbetűiből képzett mozaikszóként [6].

Felső elégetés  
(átégetés)

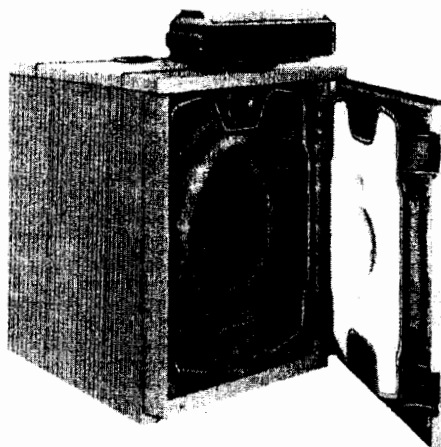
Alsó elégetés

6.26/b ábra. Korszerű öntöttvas kazánok: Szilárd tüzelésű öntöttvas kazán.

1 – füstgáz csatlakozó csomák; 2 – füstgáz gyűjtőcső; 3 – utánfűtő felület; 4 – töltőakna tér; 5 – tüztér;  
6 – másodlagos levegő; 7 – tűzrostély; 8 – elsődleges levegő; 9 – hamutér



6.26/c ábra. Korszerű öntöttvas kazánok:  
Legyezőjáratok és füstgáz az öntöttvas kazánok  
utánfűtő felületén a turbulencia növelésére



6.26/d ábra. Korszerű öntöttvas kazánok:  
Öntöttvas kazán kombinált égéstér ajtója az égéstér  
és a füstgáz-gyűjtőcsatornák lezárására

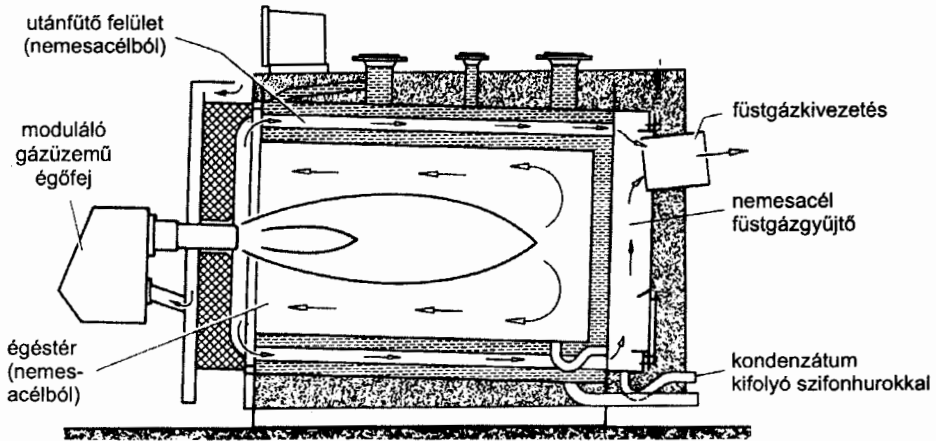


### 6.4.2. Acéllemez kazánok

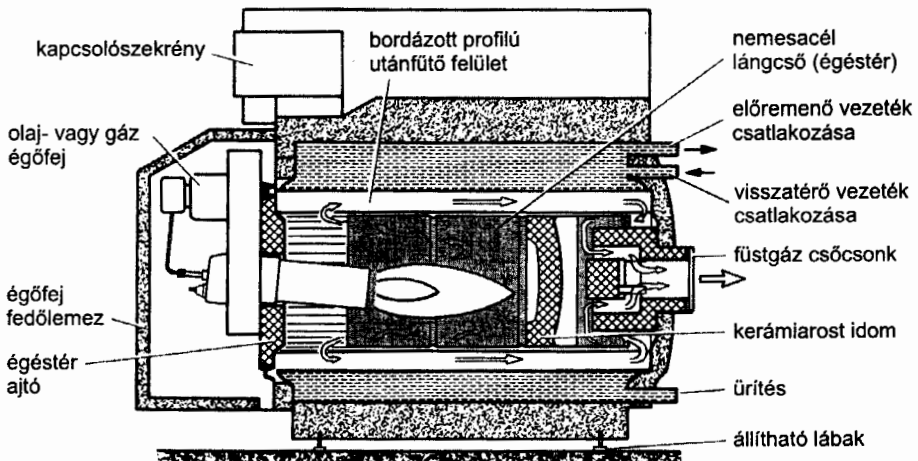
A központi fűtéstechikában alkalmazott acéllemez kazánok a klasszikus kazántechnika felosztása szerint csoportosíthatók nagy vízterű és kis vízterű kazánokra.

A nagy vízterű kazánok az ősi mozdonykazán elvén felépülve ma már igen korszerű kivitelben kaphatók. Példákat láthatunk a **6.27. ábrasorozaton**.

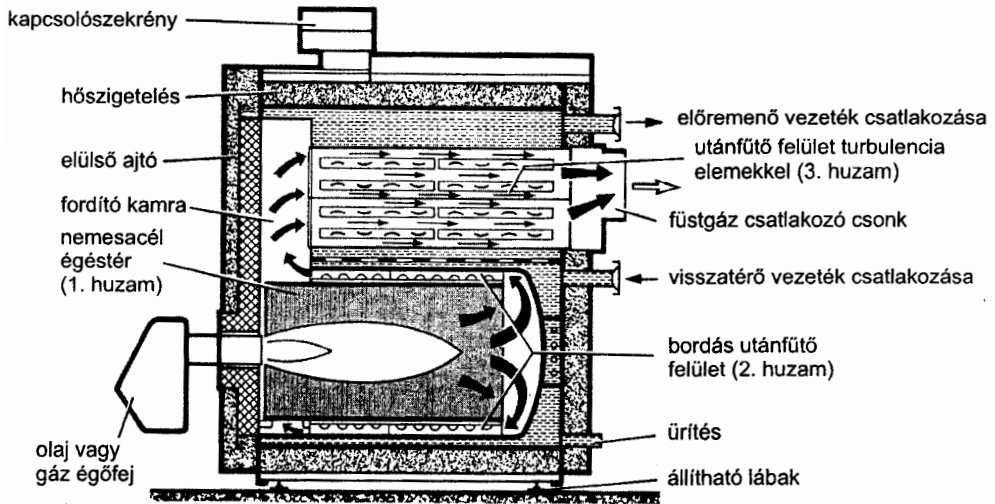
A kis vízterű kazánokat az álló kazánok elvén szerkesztették. Ezek tipikus kialakítását mutatja a **6.28. ábrasorozat**.



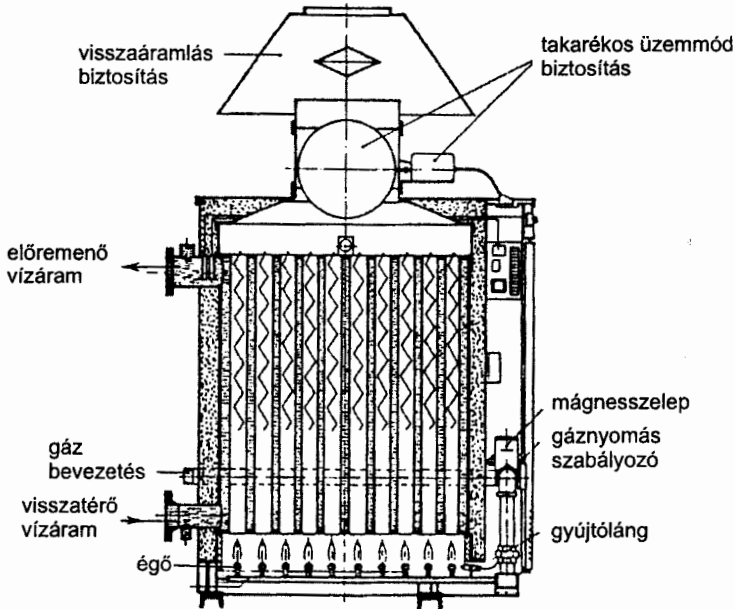
**6.27/a ábra. Nagyvízterű (láng- és füstcsöves) kazánok:**  
Nemesacélból készült Buderus gyártmányú kondenzációs kazán



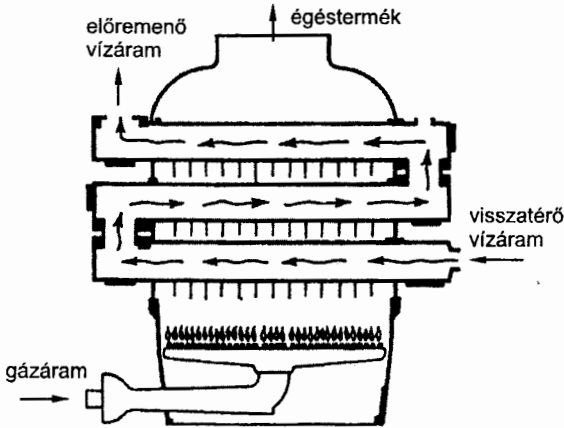
**6.27/b ábra. Nagyvízterű (láng- és füstcsöves) kazánok:**  
A fűtőgáz áramlása a Buderus nagyvízterű kazánjában



6.27/c ábra. Nagyvízterű (láng- és füstcsöves) kazánok: Háromhuzamú kazán

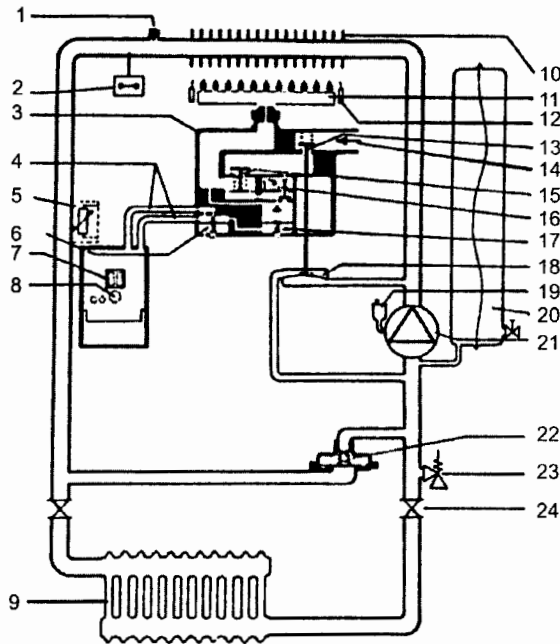


6.28/a ábra. Kisvízterű álló acéllemez gázkazán (Rohleder)



6.28/b ábra. Kisvízterű öntöttvas kazán (Hydrotherm)

A víztér csökkentése és általában a korszerű irányzatokra jellemző méretcsökkentési törekvések vezettek az úgynevezett szivattyús fali kazánok kialakításához. Ezek ma rendkívül változatos formában, megoldásban, kivitelezésben állnak a fűtéstechikai ipar rendelkezésére (6.29. ábra). A mai lakás- és családi ház fűtési megoldások igen nagy hányada választja ezt a kazántípust a fűtés és a használati melegvízellátás hőtermelőjeként. Ugyanezen megoldásokat blokkosítva, több egységet összeépítve, készre-



6.29. ábra. Átfolyós, fali gázfűtőkészülék (Vaillant) [12], [13] nyomán

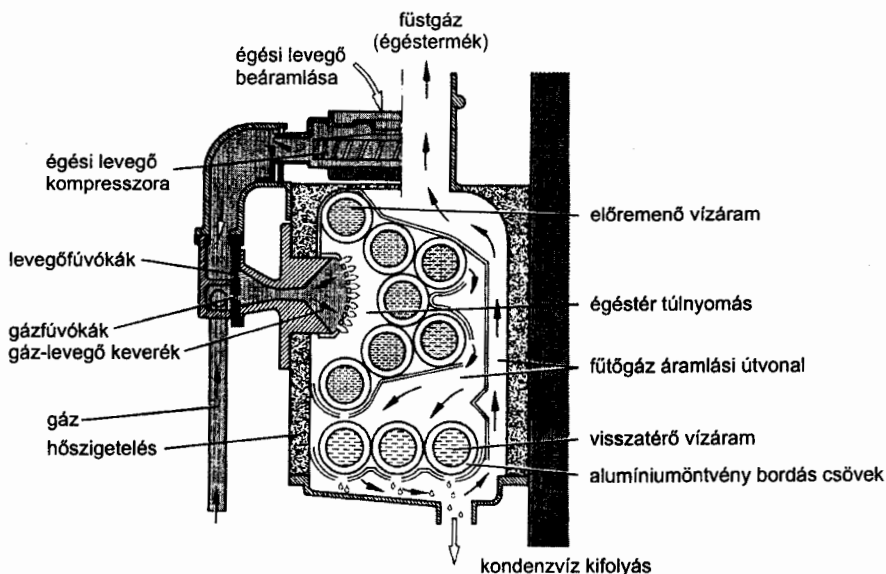
- 1 – légtelenítés; 2 – hőmérsékletkorlátozó; 3 – gáz szabályozó egység; 4 – levegővezetékek - membránszivattyú;  
 5 – előremenő hőmérsékletérzékelő; 6 – maximális segédnyomás szabályozó; 7 – főkapcsoló; 8 – előírt előremenő hőmérséklet beállítója; 9 – fűtőtest; 10 – bordázott csöves hőcserélő; 11 – égőfej; 12 – gyújtóelektroda;  
 13 – vízhiány szelep; 14 – gáz bevezetés; 15 – gáznyomás szabályozó; 16 – működtetés; 17 – segédnyomás szabályozó; 18 – áramláskapcsoló; 19 – automatikus légtelenítő; 20 – tárgulási tartály; 21 – keringtető szivattyú;  
 22 – áteresztőszelep; 23 – biztonsági szelep; 24 – karbantartási célú elzáró

(A gázoldali biztonsági ésszabályozó egységekkel a 10. fejezetben foglalkozunk részletesen.)

szerelve is gyártják, lemezből készült szekrényben. Ez az igen könnyű, egyszerű, és rugalmas teljesítményhatárok között tervezhető megoldás a tetőtéri kazántelegek kedvelt hőtermelője.

### 6.4.3. Egyéb szerkezeti alapanyagú kazánok

A súlycsökkentés érdekében ma már alumínium öntvényből is készítenek kazánokat, a fali kazánok csőrendszere pedig gyakran készül réz–alumínium lamella kombinációval (6.30. ábra). A kondenzációs technika értelemszerűen támaszkodik a rozsdamentes nemesacél alapanyagú gyártmányokra.



6.30. ábra. Öntött alumínium bordás csöves kondenzációs fali gázkazán, modulációs, előkeveréses égővel [5]

## Irodalom

- [1] ASHRAE – Technical Committees and Task Groups:  
*Ashrae Handbook HVAC Systems and Equipment*  
ASHRAE Inc. Atlanta, USA, 1996.
- [2] Bassa, G. – Fülöp, Z. – Láng, L.:  
*Kalorikus gépek*  
Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1997.
- [3] Bassa, G.:  
*Tűzeléstechnika. Egyetemi jegyzet*  
Tankönyvkiadó, Budapest, 1969.
- [4] Böhm, G.:  
*Auswahl und Enisatz von Heizkesseln und Warmwasserspeichern*  
Karl Krämer Verlag Stuttgart-Zürich, 1997.
- [5] BUDERUS  
*Handbuch für Heizungstechnik* (33. Auflage)  
Beuth Verlag GmbH, Berlin-Wien-Zürich, 1994.
- [6] Homonnay, Gyné – Molnár, Z.:  
*Fűtéstechika*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.
- [7] Hortobágyi, A.:  
*A hőtermelés hatásfoka. Értelmezés-mérés-növelés*  
Viessmann Fűtéstechikai Kft. kiadványa
- [8] Janemann, Th. B.:  
*A gázkondenzációs technika kézikönyve*  
Dialóg Campus Kiadó, Pécs, 1998.
- [9] Kraft, G.:  
*Fűtőberendezések kishőmérsékletű fűtőközeggel*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983.
- [10] Müller, H.:  
*Technische Thermodynamik Grundlagen der Synthese und Berechnung thermischer Systeme. Zentrum für Energie- und Umwelttechnik*  
(Zeut) e.V. Wismar, 2000.
- [11] Nádas, L. – Korényi, J.:  
*Kazánfűtés*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1989.
- [12] Recknagel, H. – Sprenger, E. – Schramek E. R.:  
*Fűtés- és Klimatechnika 2000*  
Dialóg Campus Kiadó, Budapest-Pécs, 2000.

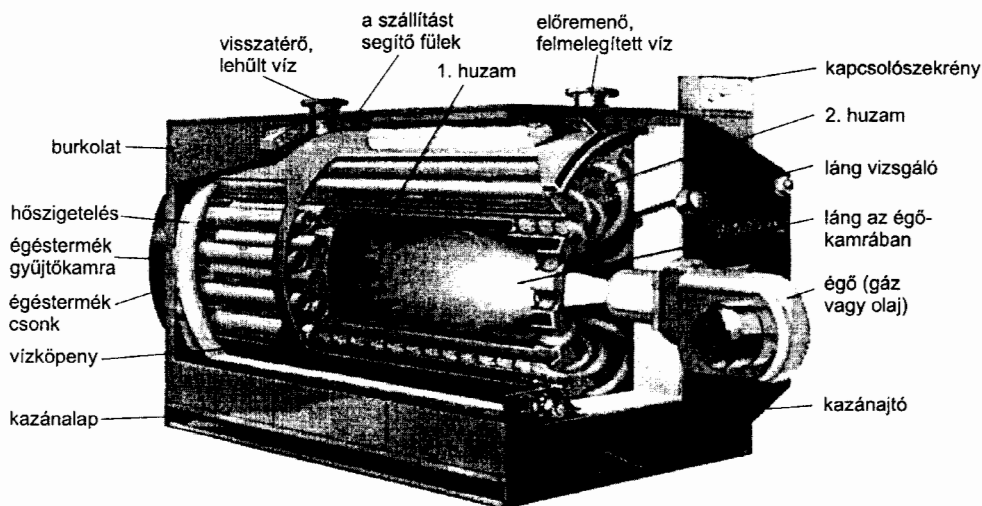
- [13] Schramek, E. R. (Recknagel-Sprenger):  
*Taschenbuch für Heizung+Klimatechnik 2000* (69. Auflage)  
R. Oldenbourg Verlag, München-Wien, 1999.
- [14] Szilágyi, S.:  
*Korszerű melegvízkazánok*  
GÉP (a Gépípari Tudományos Egyesület Műszaki Folyóirata)  
L. évfolyam 1999/10. szám
- [15] Viessmann, H.:  
*Heizungshandbuch*  
Gentner Verlag, Stuttgart, 1987.

## 7. Ipari jellegű és tömbfűtőművekben alkalmazott kazánok

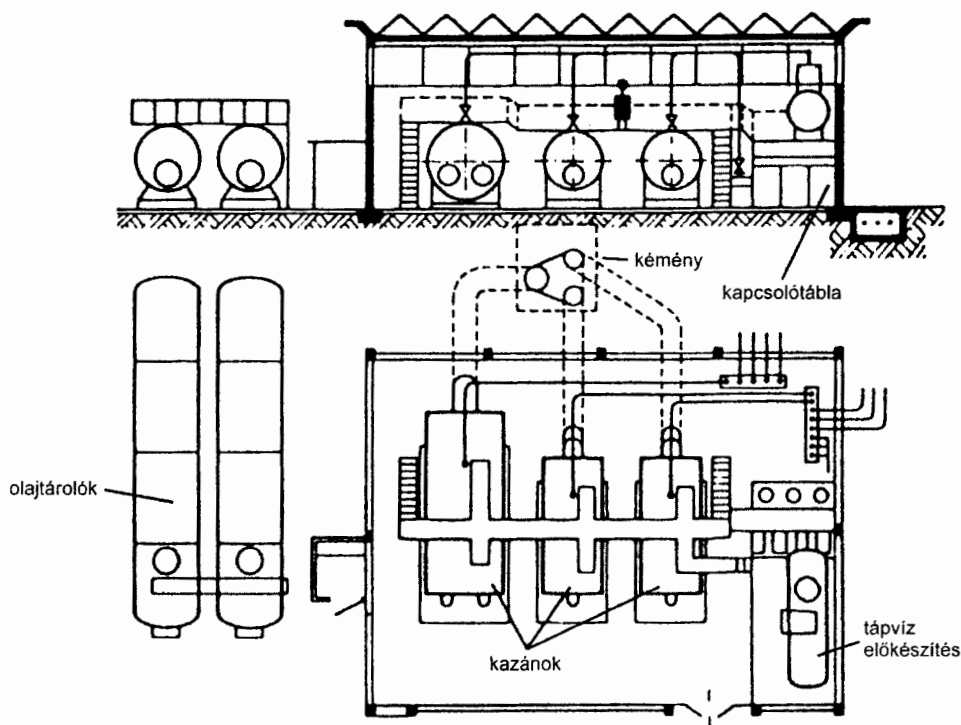
Az ipari méretű és teljesítményű kazánok legfontosabb jellemzője a víztérfogat, azaz, hogy a fűtendő víz a láng- és füstcsöveket körülvevő térben, vagy pedig csövekben áramlik.

### 7.1. Nagy víztérű (lángcsöves) kazánok

A távfűtési rendszerek hőtermelő telepeiben elterjedten a nagy víztérű kazánokat alkalmazzák. Ezek felépítése hasonló ahhoz, amit a 6.3. és 6.27. ábrasorozaton már bemutattunk, áttekintő, összefoglaló képet pedig a **7.1. ábra** mutat. A nagy víztér azért kedvező, mert így nagyobb tehetetlenségű víztömeg áll rendelkezésre a fogyasztói hálózat esetlegesen ingadozó igényeinek kielégítésére. E többhuzamú lángcsöves kazánokból általában 3-4 egység szolgál egy tömbfűtőművet (Részletesebben lásd kötetünk „Kazánházak, kazántelegek” és „Táv-hőszolgáltatás” c. fejezete). Ilyen kazánteleg felépítését mutatja a **7.2. ábra**.



7.1. ábra. Nagy víztérű, fekvő elrendezésű gáz- vagy olajtüzelésű kazán (YgNis-Pyrotherm) [3]



7.2. ábra. Kazántelep (tömbfűtőmű) nagyvízterű kazánokból összeépítve [2], [3]

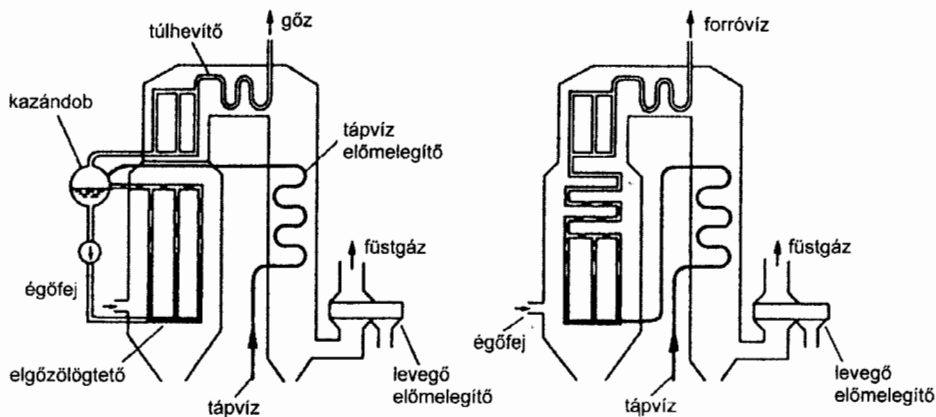
## 7.2. Kis vízterű (füstcsöves) kazánok

A kis vízterű kazánokat általában

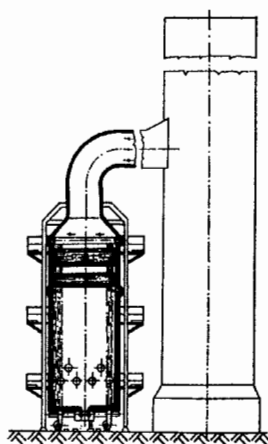
- természetes és
- kényszeráramlású kazánokra osztjuk.

Két jellegzetes típusát gőz- és víztermelés céljára mutatjuk be (7.3. ábra). Megemlítjük még, hogy a távhőszolgáltatás fejlesztésének erőltetett korszakában, kb. 1965 és 1985 között tömbkazánházakban is létjogosultságot nyertek, főleg olyan helyeken, ahol a fűtési igény mellett ipari gőzigény is jelentkezett. Előnyük a nagy vízterű kazánokkal szemben, hogy kis helyigényük miatt könnyebben elhelyezhetők és beépíthetők, mint nagy vízterű megfelelőjük. Ez a tulajdonságuk úgyszólván kizárólagos alkalmazhatóságukat biztosítja számos meglevő kazánház átalakításánál.





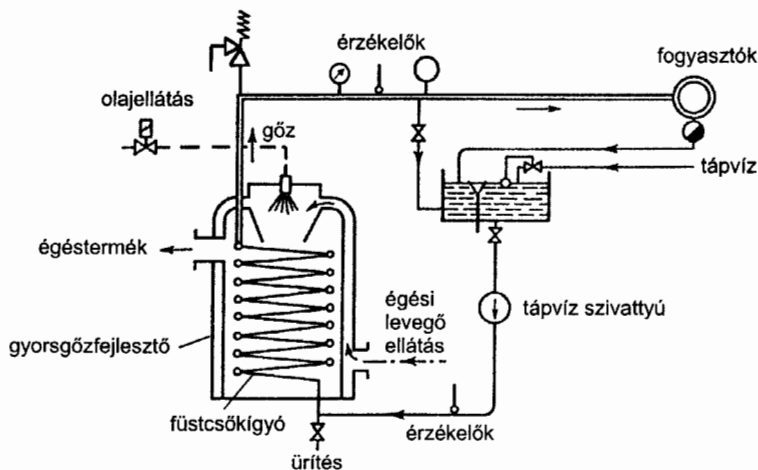
7.3. ábra. Vízcsöves kazán [2], [3]



7.4 ábra. Toronykazán [1]

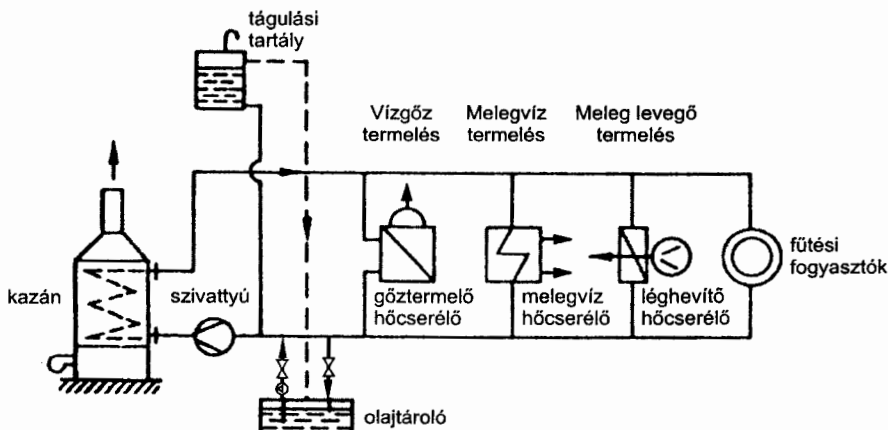
Ezek sorába tartozik a 0,05...0,2 GW teljesítményű, kényszerkeringetésű, torony-elrendezésű kazán (7.4 ábra), amely az említett időszakban a nagy hazai fűtőművek szinte kizárólagosan alkalmazott hőtermelő egysége volt. Rendkívül korszerűtlen és gazdaságtalan szerkezet, ma sorra-rendre megszüntetik és jó hatásfokú, modern berendezésekkel helyettesítik.

Újabban korszerű, kis helyvel rendelkező épületekben, vagy épület pincéjében is gond nélkül beépíthető kazántípust fejlesztettek ki, az ún. gyorsgőzfejlesztőt. A cső-kígyó kihúzható és egyben cserélhető, így a javítás rendkívül gyors és egyszerű (7.5. ábra).



7.5. ábra. Gyorsgőzfejlesztő vázlata [2], [3]

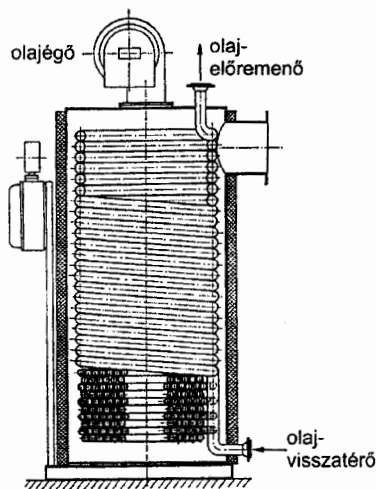
Az azonos kazántípus ismertetése kedvéért, itt emlékezzünk meg végül azokról a fűtési módokról, amelyekben hőhordozóként is olajat alkalmaznak. Az olajnak mint hőhordozónak rendkívüli előnye, hogy mintegy  $320\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra melegíthető, atmoszferikus nyomáson (7.6. ábra). Magát az olajmelegítő kazánt a 7.7. ábra mutatja.



7.6. ábra. Olajmelegítő kazán különféle alkalmazásokkal [3]

## Irodalom

- [1] Homonnay, Gyné – Molnár, Z.:  
*Fűtéstechika*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.
- [2] Recknagel, H. – Sprenger, E. – Schramek E. R.:  
*Fűtés- és Klimatechnika 2000*  
Dialóg Campus Kiadó, Budapest-Pécs, 2000.
- [3] Schramek, E. R. (Recknagel-Sprenger):  
*Taschenbuch für Heizung+Klimatechnik 2000*  
(69. Auflage)  
R. Oldenbourg Verlag, München-Wien, 1999.
- [4] Kényszeráramlású forróvízkazánok  
távhőrendszeri alkalmazásának követelményei  
MSZ 09-85.0021:1989  
Ipari Ágazati Szabvány G-24  
(kötelező erejű!)



7.7. ábra. Olajhevítő kazán vázlata

## 8. Tüzelőberendezések további alkotóelemei

Az előző, 6. és 7. fejezetekben ismertetett kazánok különféle tüzelőanyagok elégetésével működtethetők. A rendszerszemlélet felismert fontosságának és elterjedésének mai korszakában [2], [3] nyilvánvaló, hogy az a folyamat, mely a kazánokban a tüzelőanyagok oldalán lejátszódik, azaz:

- a tüzelőanyag szállítása,
- tárolása,
- a különféle elzáró és biztonsági berendezések sora,
- az égők,
- a szabályozási megoldások,
- az égéstermék elvezetési rendszerek,
- valamint a kapcsolatos környezetvédelmi megoldások sora olyan rendszert alkot, melynek minden eleme kölcsönhatásban van egymással.

Ahogy azt előző, 6. fejezetünkben már felsoroltuk, és az „Alapismeretek” kötet „Tüzeléstechnika” c. fejezetében részletesen ismertettük, az alkalmazott tüzelőanyag szerint a kazán energiaforrása lehet:

- szilárd tüzelőanyag,
- folyékony tüzelőanyag,
- gáznemű tüzelőanyag,
- villamos fűtés,
- különleges tüzelőanyag: biomassa, szeméttégetés.

A halmazállapot szerinti, fizikai szempontból logikusnak tűnő csoportosítás azonban egyáltalán nem felel meg a mai gyakorlatnak. A központi fűtési technika ma már csak egészen kivételes esetekben alkalmaz szilárd tüzelőanyagot, ide sorolva a 4. fejezetben bemutatott, fatüzelésű, belső hőcserélővel ellátott kandallókat is.

Ezért itt mellőzzük a szilárd tüzelőanyagok tárolási, belső mozgatási kérdéseit. Ha és amennyiben könyvünk olvasójának ilyen ismeretekre lenne szüksége, a következő irodalmi forrásokat ajánljuk: [1], [3], [5].

Az olajellátással természetesen foglalkoznunk kell, de ahogyan ezt könyvünk során igen gyakran megemlítjük, hazánkban a gáztüzelés jelentősége messze nagyobb, mint az olajtüzelésé. Ezért nem foglalkozhatunk azonos terjedelmű és súlyú fejezetben a különféle megoldások ismertetésével.

## Irodalom

- [1] Bassa, G.:  
*Tüzeléstechnika*. Egyetemi jegyzet  
Tankönyvkiadó, Budapest, 1969.
- [2] Churchman, C., W.:  
*Rendszerszemlélet*  
Statisztikai Kiadó Vállalat, Budapest, 1974.
- [3] Homonnay, Gyné:  
*Fűtéstechnika I.* Egyetemi jegyzet  
Tankönyvkiadó, Budapest, 1976.
- [4] Homonnay, Gyné – Molnár, Z.:  
*Fűtéstechnika*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.
- [5] Macskásy, Á. és szerzőtársai:  
*Központi fűtés I. és II.*  
Tankönyvkiadó, Budapest, 1975.
- [6] Recknagel, H. – Sprenger, E. – Schramek E. R.:  
*Fűtés- és Klimatechnika 2000*  
Dialóg Campus Kiadó, Budapest-Pécs, 2000.
- [7] Schramek, E. R. (Recknagel-Sprenger):  
*Taschenbuch für Heizung+Klimatechnik 2000* (69. Auflage)  
R. Oldenbourg Verlag, München-Wien, 1999.

## 9. Folyékony tüzelőanyaggal üzemelő berendezések

A folyékony tüzelőanyagok útjának követését a kazánok tüztérétől indítjuk, és követjük egészen a telepre való beérkeztetésig. A tüztérbe az olajat az égő juttatja, kezdjük tehát a sort az olajégők ismertetésével

### 9.1. Olajégők

Az olajégők szerkesztése természetesen nem tartozhat a fűtési rendszerekkel foglalkozó épületgépész mérnök feladatainak sorába. Az égők megválasztásában is támaszt nyújtanak a különféle gyártmányismertetők, melyeket a gyártmányok tervezői bocsátanak a felhasználók rendelkezésére. Mindezek miatt mi e könyvben csak az elvek ismertetésére szorítkozunk, s ezeket mutatjuk be egy-egy jellemző gyártmány példáján. Az olajégők működési elve alapvetően kétféle lehet:

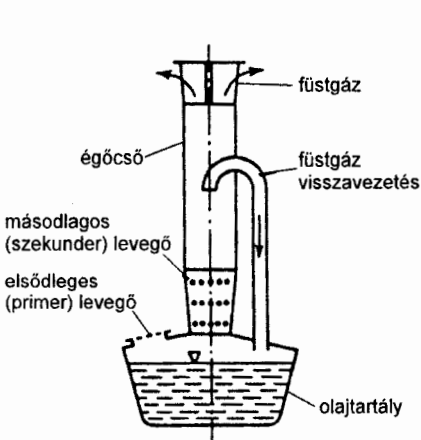
- elgőzölgési elv és
- porlasztási elv.

#### 9.1.1. Elgőzölgési elven alapuló olajégők

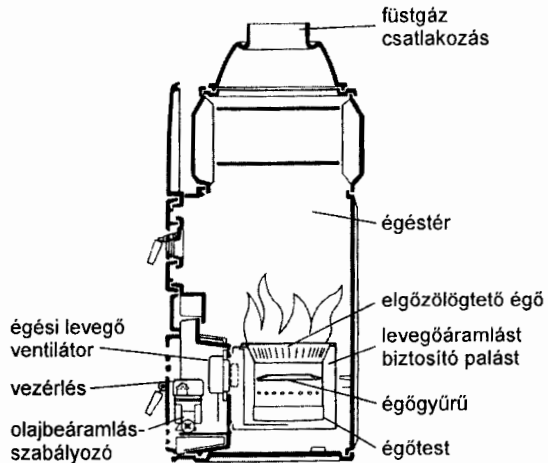
A legegyszerűbb változat esetén a füstgáz egy részét visszavezetik az égőbe, egyébként a füstgáz a fűtött helyiségben marad, s az égő egyben olajtartály is. Ezt részben a történelmi hűség kedvéért és az elv megértéséért mutatjuk be, részben pedig azért, mert ipari célokra és épületek kiszáraitására alkalmazható kb. 35 kW teljesítmény határig. Megoldását a 9.1. ábra mutatja.

A kazánokban alkalmazott változat működhet természetes huzattal és ventilátorral. Előbbieket általában kis – jobbára 12 kW-nál kisebb – teljesítményű kazánokban alkalmazták, illetve ezeket találjuk a konyhai tűzhelyekben, esetlegesen az egyedi fűtőkészülékekben az úgynevezett olajkályhákban is.

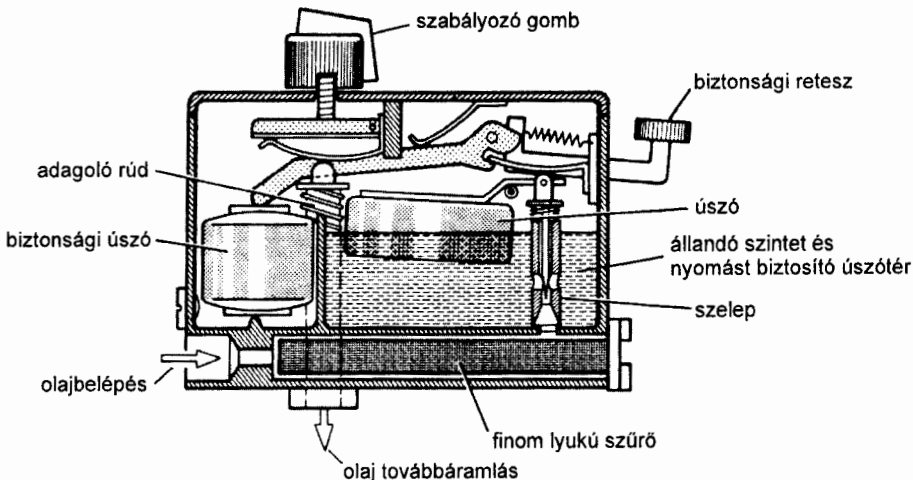
Tipikus kivitelét mutatja a **9.2. ábra**. Az olaj szabályozását úszós megoldás biztosítja (**9.3. ábra**), a kezelést általában a **9.4. ábrán** bemutatott kihúzható égőszekrény biztosítja. Hatásfoka 86% körül van. A 9.4. ábrán bemutatott megoldásnál az olaj az ellátó vezetékből szabályozórendszeren át jut az égőbe. A szabályozás ellátja az adagoló és a biztosítás szerepét is. A szelepen keresztül az „úszó” jelle ellátott úszó tartja az állandó olajsintet és olajnyomást, a továbbáramló olaj útjában. A biztonsági úszó egy biztonsági térben helyezkedik el. Ha az „úszó” terében az olajsint növekedne, a biztonsági úszóhoz erősített, rúgóval ellátott kar az olaj beeresztő szelepet zárja. A szabályozó gombbal e kar működését lehet állítani.



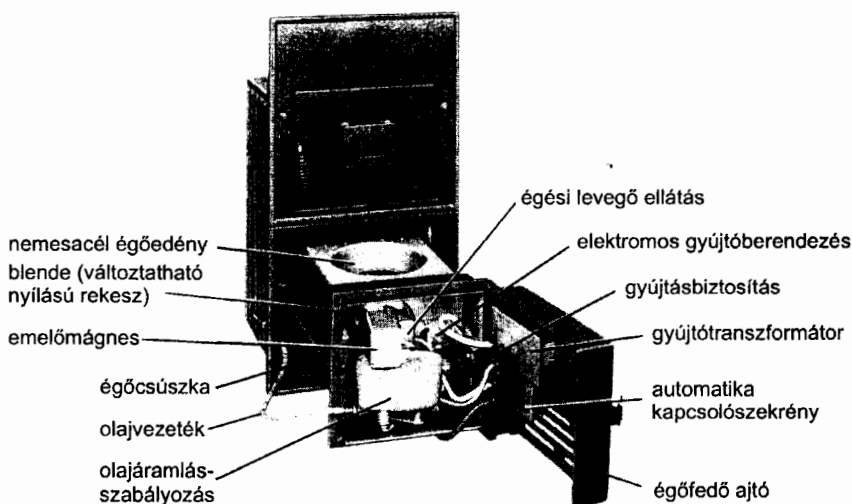
9.1. ábra. Építkezések során alkalmazott olajégő (olajkályha) [7], [8] (Heylo, Sarstedt)



9.2. ábra. Olajtüzelésű előgyújtó égő cserépkályha fűtőbetétben

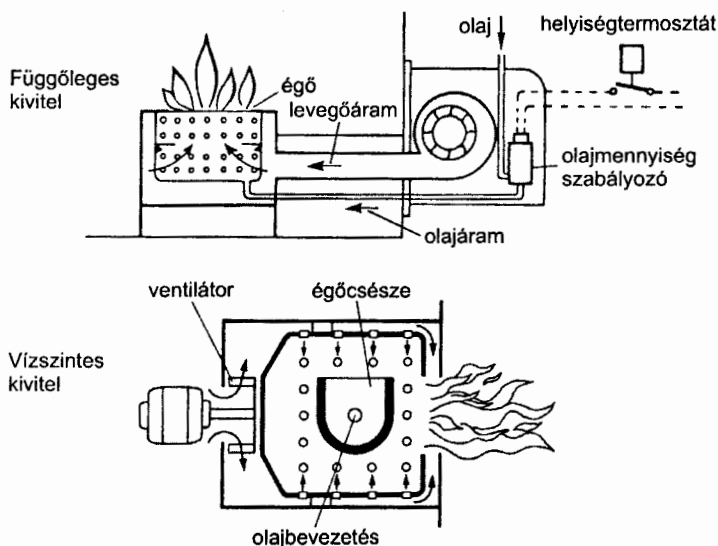


9.3. ábra. Az olajáram szabályozása előgyújtó égők esetén [3]



9.4. ábra. Kihúzható égőszekrény képe [3]

Annak érdekében, hogy a huzatfüggőséget enyhítsék, készültek el a ventilátoros megoldások. Ezek példáit látjuk a 9.5. ábrán. A teljesítményhatár 30 kW körül van, a hatásfok eléri a 88%-ot.



9.5. ábra. Elgőzölögtetős olajégő ventilátorral

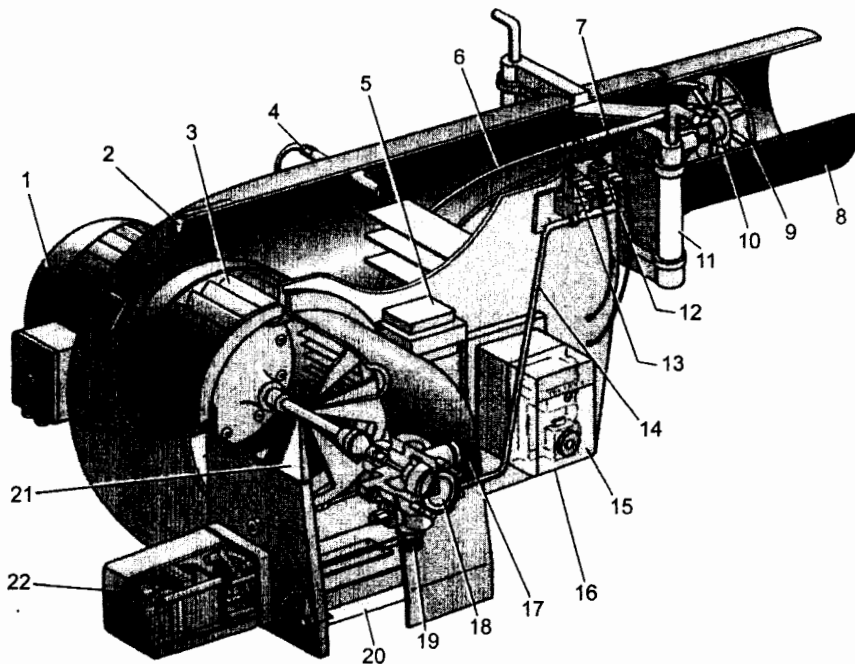
### 9.1.2. Porlasztás elvén működő égők

A porlasztás az alábbi elveken képzelhető el:

- nyomásporlasztás,
- levegő-, illetve gőzporlasztás,
- forgó porlasztás,
- ultrahangos porlasztás.

#### A nyomásporlasztás elvének alkalmazása

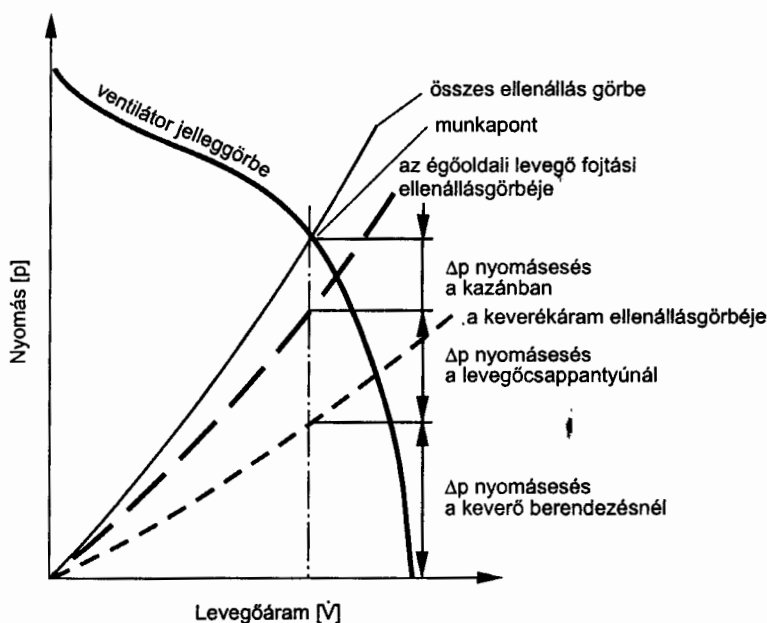
A nyomásporlasztás előnye, hogy az olajfűvókán túlmenően csak egy nagynyomású szivattyúra van szükség ahhoz, hogy az olaj kompresszióját biztosítsuk. Kis égőknel 6–20 bar, nagyobb égőknel 20–40 bar nyomáshatárról beszélünk. A porlasztás után a cseppek átmérője 80–120 $\mu$ m. Kisebb égőknel a szabályozhatóság 1:2, míg nagyobb égőknel az 1:4, sőt 1:6 arány is elérhető (9.6. ábra). A jelleggörbét és ezzel az üzemi viszonyokat a 9.7. ábra mutatja.



9.6. ábra. Nyomásporlasztással működő olajégő alkotóelemei [3]

- 1 – motor; 2 – figyelőablak; 3 – ventilátor járókerék; 4 – lángör; 5 – gyújtótranszformátor; 6 – gyújtókábel;  
 7 – gyújtóelektrodák; 8 – lángcső; 9 – torlasztó tárcsa; 10 – olajporlasztó fűvóka; 11 – rögzítő karima;  
 12 – az 1. fűvókafokozat mágnesszelepe; 13 – a 2. fűvókafokozat mágnesszelepe; 14 – olaj nyomóvezeték;  
 15 – vezérlőkészülék; 16 – elektromos csatlakozósaruk (elrejtve); 17 – olajszívó vezeték csatlakozás;  
 18 – nagynyomású olajszivattyú; 19 – a visszatérő olajvezeték csatlakozás; 20 – elzáró csappantyú a levegő  
 beszívó nyílásban; 21 – a levegőáram alapbeállítására szolgáló blende; 22 – a levegőáramot szabályozó  
 csappantyú motorja

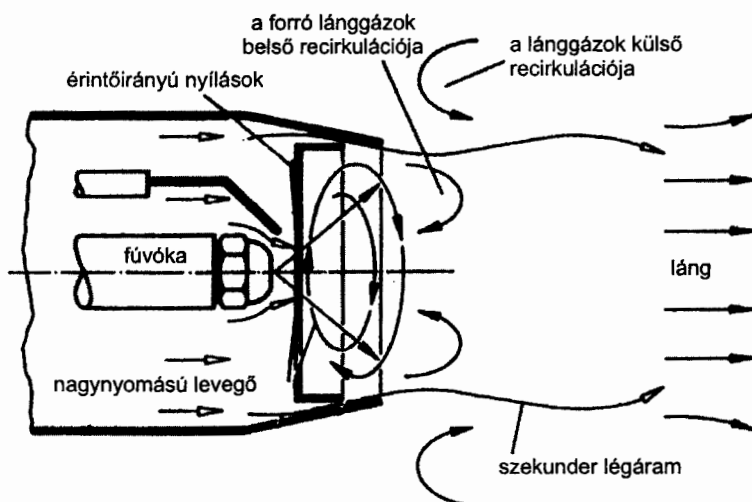




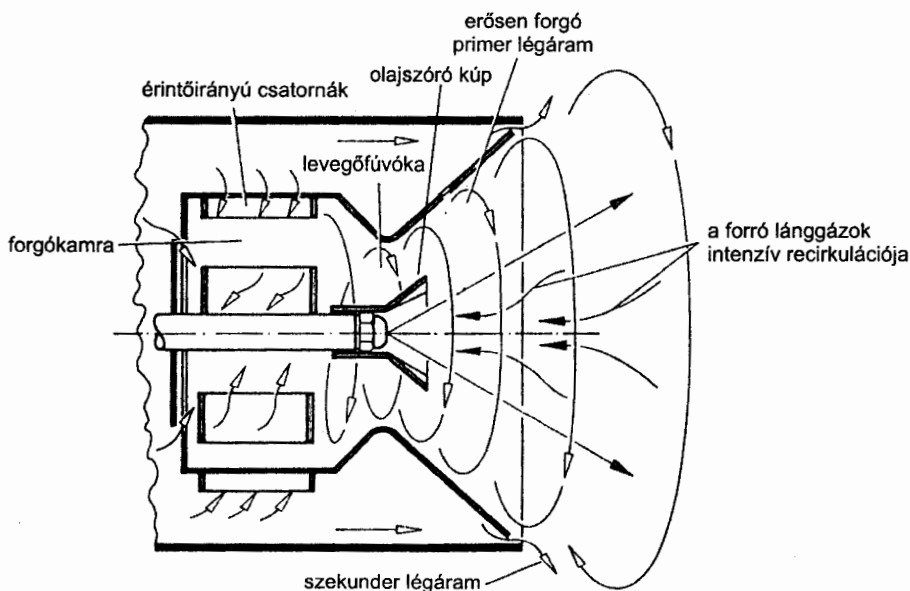
9.7. ábra. Ventilátoros olajégő jelleggörbéje [3]

### Levegővel való porlasztás

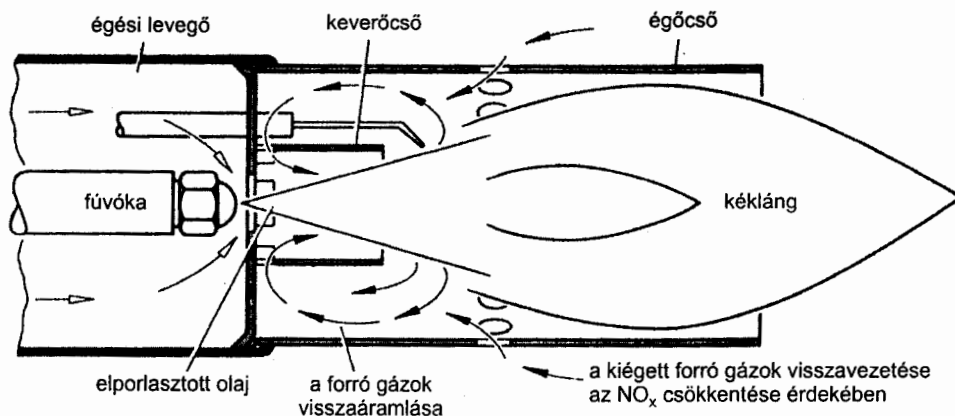
A levegő-olajkeverék elvén alapuló égőket a 9.8., 9.9. és 9.10. ábra mutatja. A 9.8. ábra úgynevezett torlólemezkes keverőrendszert mutat. A torlólemez három részre osztja a fúvóka fölé vezetett légáramot: az olajpermet égőzónájába belépő levegőre, a terelőlemez közepén



9.8. ábra. Levegőkeveréses olajégő torlasztó tárcsával. Áramlási viszonyok [3]



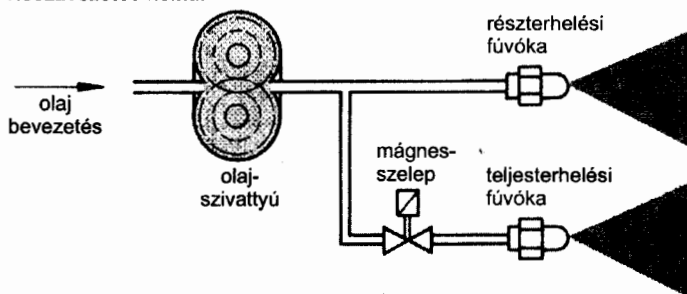
9.9. ábra. Forgó légkeveréses olajégő áramlási viszonyai [3]



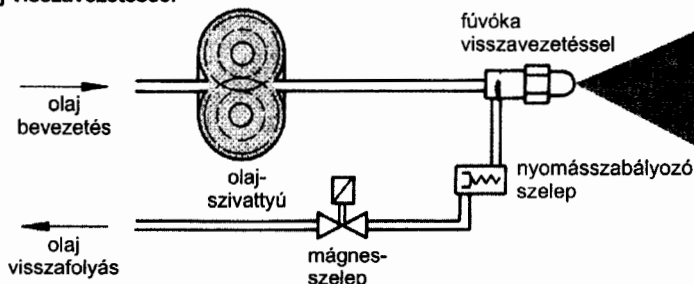
9.10. ábra. Rakéta-elven működő légkeveréses olajégő áramlási viszonyai [3]

belépő levegőre, valamint a torlólemez külső éle és az égőház között belépő levegőre. Az első kettőt primer, az utóbbit szekunder levegőnek tekintjük. Jól látható, hogy ezen égőtípusok nagy előnye a láng stabilitásának biztosítása, valamint az, hogy a láng alakja igen kedvezően igazítható az égőtér alakjához. Ezen túlmenően az olajégők szabályozhatósága is értelem-szerűen igen fontos kérdés, hiszen a fűtéstechnikai megoldásoknak követniük kell az időjárási változásokat. A szabályozhatóság megoldását mutatja 2 fúvókás esetben a 9.11. ábra.

## Olaj visszavezetés nélkül



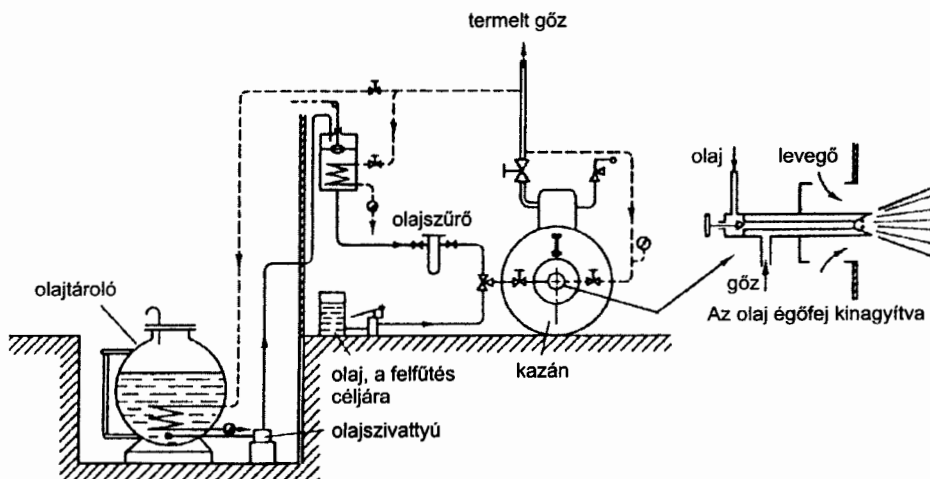
## Olaj visszavezetéssel



9.11. ábra. A kétlépcsős égők működése

## A gőzporlasztás elve

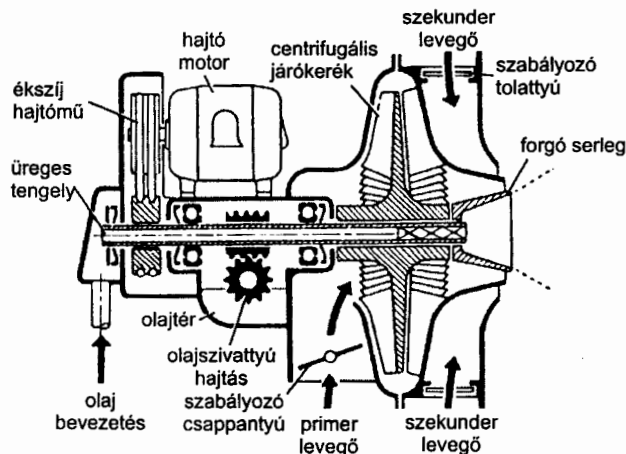
A gőzporlasztás aránylag igen egyszerű megoldás (9.12. ábra), de hátránya, hogy az égés miatt egy gőzkazánt üzemben kell tartani, és hogy a füstgázok nedvességtartalma és ezzel együtt az energiavesztés értéke nagy. Hozzávetőleg minden kg olaj elégetéséhez 0,2–0,4 kg gőzre van szükség. A szükséges gőznyomás értéke: 2,0–8,0 bar túlnyomás.



9.12. ábra. Olajtüzelő berendezés gőzporlasztással [8]

## A forgóporlasztás elve

A forgó porlasztásos égő elvét a 9.13. ábra mutatja. A fordulatszám 3000–6000 ford/perc között változik a szabályozhatóság aránya 1:10. Nem túl érzékeny az olaj fajtájára, zajosabb, mint a nyomásporlasztásos égők, de üzeme igen megbízható.



9. 13. ábra. Rotációs égő elvi felépítése [7], [8]

## Olajégők üzemének ellenőrzése

Az olajégők üzembehelyezésének és üzemének ellenőrzésére mutat mintát a [3] jelű irodalomból vett példával a 9.1. és a 9.2. táblázat, az esetleges üzemzavarokat pedig a 9.14. ábrán foglaltuk össze.

### Kazán-égőegység üzembevételének és optimalizálásának ellenőrzőlistája [3]

9.1. táblázat

1. Az elektromos dugaszolók átvizsgálása		<input type="checkbox"/>	
2. Az olajcsatlakozás és az olajellátó berendezés átvizsgálása		<input type="checkbox"/>	
3. Az égőtér-ajtó csavarjainak utánhúzása		<input type="checkbox"/>	
4. Az égőfej üzembe helyezése		<input type="checkbox"/>	
5. Az égő jellemzőit mérjük meg, és a mért értékeket az 5.1...5.9 sorokba írjuk be**		átvizsgálás <input type="checkbox"/>	optimalizálás után <input type="checkbox"/>
5.1	Olajnyomás	bar	
5.2	Levegőbeállítás	skálaosztás	
5.3	Füstgázhőmérséklet	°C	
5.4	Belépő levegő hőmérséklete	°C	
5.5	Széndioxid-tartalom, CO <sub>2</sub>	%	
5.6	Füstgázveszteségek, $q_{fg}$	%	
5.7	Szénmonoxid-tartalom, CO	%	
5.8	Koromtartalom	Bacharach szerint	
5.9	Kéményhuzat	mbar	
6. Általános működésvizsgálat, különösen a lángőr átvizsgálása		<input type="checkbox"/>	

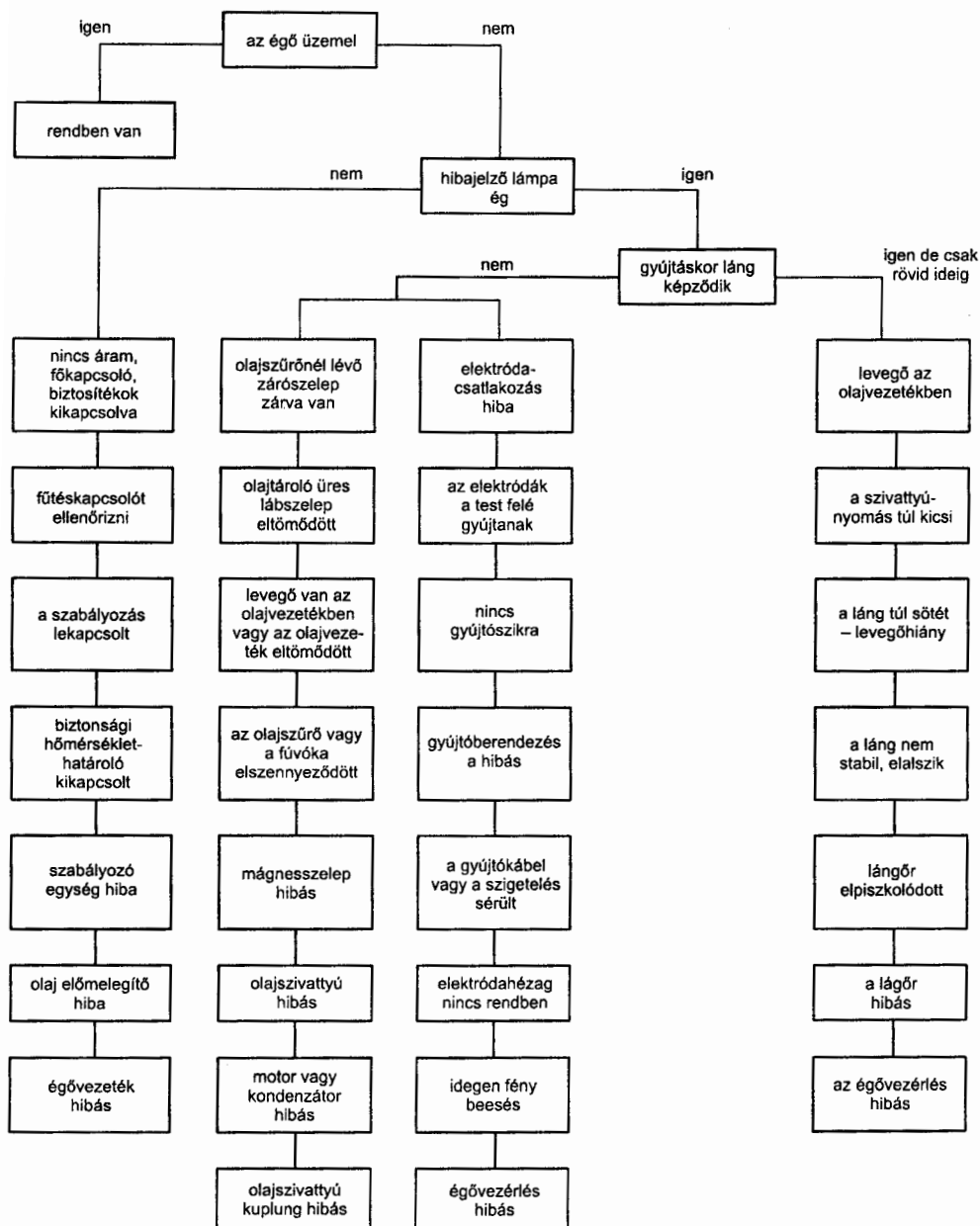
\* A vizsgálat alkalmával az elvégzett műveletet a négyzet áthúzásával kell jelölni és igazolni

\*\* Ha a füstgáz összetétel vizsgálata nem hoz kielégítő eredményt, akkor utánszabályozás szükséges.

Olajégők karbantartási ellenőrzőlistája [3]

9.2. táblázat

Karbantartási munkák	Dátum: .....	
1. Égő-jellemzők megmérése, mért értékeket a 16. sorba írjuk be	<input type="checkbox"/>	
2. A megmért berendezést helyezzük üzembe kívül	<input type="checkbox"/>	
2.1 A főkapcsolót kapcsoljuk le	<input type="checkbox"/>	
2.2 Az elektromos csatlakozást húzzuk ki	<input type="checkbox"/>	
3. Átvizsgálás szemrevételezéssel, szükség esetén alkatrészek megtisztítása	<input type="checkbox"/>	
3.1 Olajsűrűt átvizsgálni, adott esetben tisztítani	<input type="checkbox"/>	
3.2 Szivattyúsűrűt átvizsgálni, adott esetben tisztítani	<input type="checkbox"/>	
3.3 Ellenőrizzük minden elektromos csatlakozást	<input type="checkbox"/>	
4. Az égőt billentsük ki karbantartási helyzetébe, az összes részegységet, (ventilátorház, kompresszor-járókerék, keverő berendezés, gyújtóelektrodák, fűvókataró stb.) tisztítsuk meg	<input type="checkbox"/>	
5. A fűvókát cseréljük ki (az olajfűvóka adatait a 17.1 sorba írjuk be.)	<input type="checkbox"/>	
6. Gyújtóelektrodák átvizsgálása és beállítása (ha kell cseréljük ki)	<input type="checkbox"/>	
7. A ventilátor-járókerék rögzítését vizsgáljuk át	<input type="checkbox"/>	
8. A keverőrendszer beállítási értékeit ellenőrizzük	<input type="checkbox"/>	
9. Az égőfej-csővet vizsgáljuk át	<input type="checkbox"/>	
10. Az égőt csavarozzuk vissza a az égő tartó ajtóra	<input type="checkbox"/>	
11. Az égőajtót nyissuk ki, tisztítsuk meg a kazánt és az ajtót zárjuk vissza	<input type="checkbox"/>	
12. Helyezzük üzembe a berendezést	<input type="checkbox"/>	
13. Ellenőrizzük az olajvezetékek és –csatlakozók tömítettségét	<input type="checkbox"/>	
14. A berendezés működését, a lángbiztosítót ellenőrizzük	<input type="checkbox"/>	
15. Végezzük el a szabályozó működésének ellenőrzését	<input type="checkbox"/>	
16. Az égőt állítsuk be, ellenőrizzük a mérési és beállítási értékeket	<input type="checkbox"/>	
17. A mérések és beállítások jegyzőkönyvezése:	1. pont szerint	beállított
17.1 fűvóka <u>porlasztási szög</u> fok		
<u>átfolyás</u> kg/h vagy g/h		
17.2 olajnyomás bar		
17.3 füstgázhőmérséklet, bruttó °C		
17.4 a belépő levegő hőmérséklete °C		
17.5 széndioxid-tartalom (CO <sub>2</sub> ) %		
17.6 szénmonoxid-tartalom (CO) %		
17.7 füstgázvesztesség $q_{fg}$ %		
17.8 koromtartalom Bacharach szerint		
17.9 kéményhuzat a füstcsonkon mbar		
18. A munkát végző cég:	Dátum	Aláírás



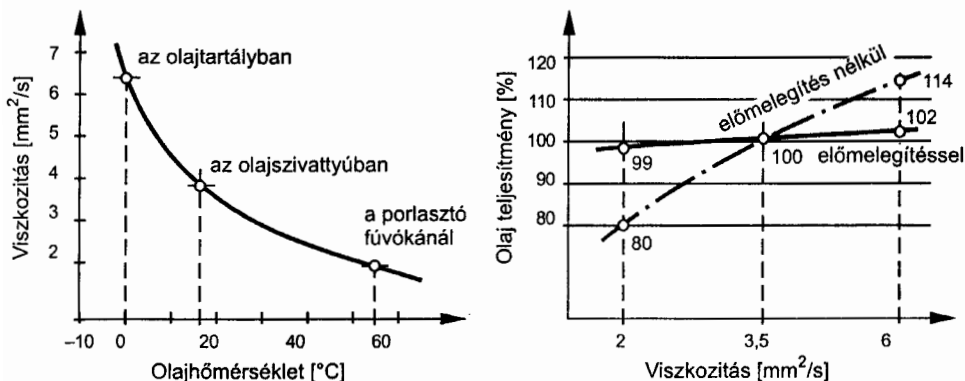
9.14. ábra. Hibakeresési útmutató az égőhibák okának megállapítására [3]

## 9.2. Az olajtűzelés segédberendezései, az olajellátás kialakítása

Hangsúlyozzuk, hogy ez a fejezet kizárólag a központi fűtési és a kisebb méretű távhőszolgáltató, azaz tömbfűtési rendszerek olajellátásával foglalkozik, tehát nagyobb teljesítmény, vagy ipari célú olajellátó rendszerek megismerése, részletei és szabályozása ügyében további szakirodalmat ajánlunk [1], [9].

### 9.2.1. Az olaj melegítése

Ahogy az „Alapismeretek” kötet „Tűzeléstechnika” c. fejezetében láttuk, az olajmelegítés és az olajtulajdonságok hőmérsékletfüggése igen lényeges kérdés, hiszen mind a viszkozitás, mind pedig az olajátbocsátó képesség számunkra előnytelenül változik a lehűléssel (9.15. ábra). Mivel az olajmelegítés elméleti és elvi kérdéseit ott már leírtuk, itt és most csak a gyakorlati megoldásokkal foglalkozunk. A korszerű olaj előmelegítés villamos ellenállás-elemekkel, vagy úgynevezett félvezetőkkel oldható meg. Így a zárt olajégő szerkezetek e megfelelő hevítő szerkezetet is magukba foglalják.

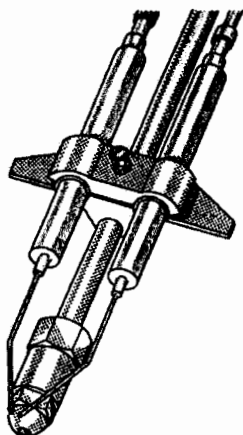


9.15. ábra. Az olaj viszkozitás változása a hőmérséklet függvényében (bal oldal) és az olaj átfolyás a viszkozitás függvényében (jobb oldal) EL típusú tüzelőolajra ( $v = 3,5 \text{ mm}^2/\text{s}$ ) [3]

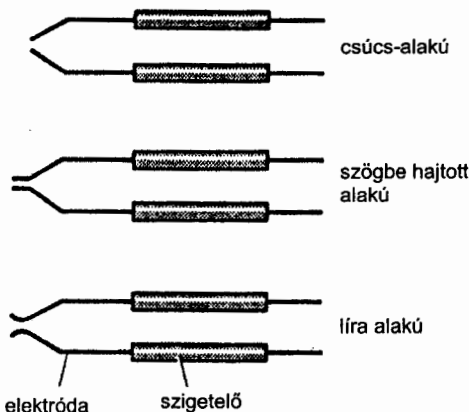
### 9.2.2. Gyújtó szerkezetek

A leggyakoribb gyújtószerkezet a két gyújtóelektróda között villamosan gerjesztett szikra (9.16. ábra). A szikra előidézéshez transzformátorra van szükség, amely 14 ezer V feszültséget gerjeszt. A korszerű gyújtótranszformátorok elektronikus elven működnek, nagy (kb. 20 kHz) rezgési frekvenciával. Igen lényeges a gyújtóelektródák egymáshoz viszonyított geometriai elrendezése. Mind az elektródák egymástól való távolsága, mind pedig az a rés, ami az elektródák és a fűvóka fej között van, fontos lehet a zavartalan üzem szempontjából.

Fűvóka gyújtóelektróda párral



A gyújtóelektródák lehetséges kialakításai



9.16. ábra. Nyomásporlasztásos égők gyújtóelektródái [3]

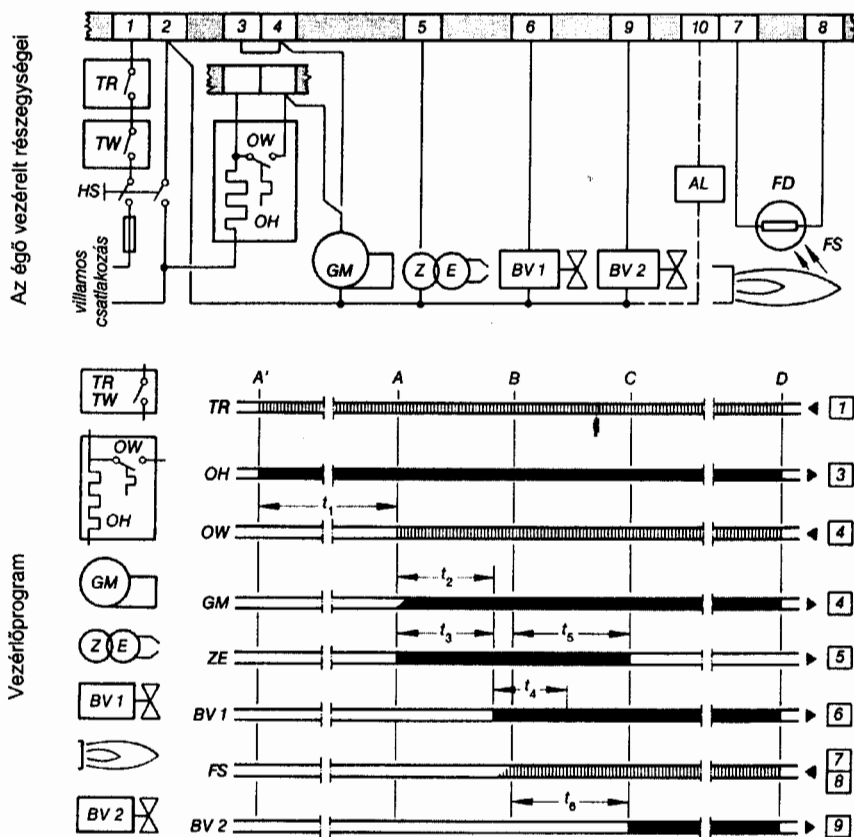
### 9.2.3. Szabályozó szerkezetek

A szabályozhatóság az olajtüzelés legfőbb előnyei közé tartozik. Az egy szóval „automatika” néven nevezett egység alkotóelemei:

- a már előbb említett gyújtótranszformátor,
- a lángőr, a lángérzékelővel együtt,
- a kazántermosztát,
- a szobatermosztát és
- az olajtüzelés automatikája.

Egy 30 kg/h-nál nagyobb olajárammal működő olajégő szabályozó és biztonsági berendezéseinek működési programjára mutatunk be példát [3] alapján a 9.17. ábrán.





A vezérlőkészüleknél használatos jelölések:

===== > jelpálya      ===== < bemenő ill. visszajelző jel      ===== > kimenő jel

**Az égő vezérelt részegységei:** AL – vészjelző berendezés; BV – fűtőanyag mágnesszelepek az 1. és 2. égőfokozatokhoz; FD – fényérzékelő (lángdetektor); FS – lángjel (a látható láng jelenlétét jelzi); GM – a ventilátor és olajszivattyú motor; HS – az üzembeszakadás főkapcsolója; OH – olaj előmelegítő; OW – az olaj előmelegítő készenlétét jelző érintkezőpáros; TR – hőmérséklet- vagy nyomásszabályozó műszer; TW – hőmérséklet- vagy nyomásellenőrző műszer; ZE – a gyújtóelektródák transzformátora

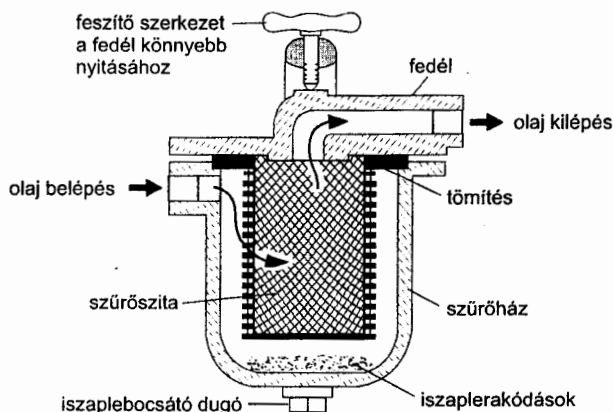
**Vezérlő program:** A' – olajelőmelegítő égőknél az üzembevétel kezdete; A – olajelőmelegítő nélküli égőknél az üzembevétel kezdete; B – a láng képződés időpontja; C – tartós üzemelési állapot; D – szabályozási lekapcsolás

$t_1$  – a fűvókacső-fűtés felfűtési ideje, a végén az OW érintkezőpáros készenléti jelzést ad;  $t_2$  – a ventilátor eloszellőztetési ideje;  $t_3$  – előgyújtási idő;  $t_4$  – biztonsági idő;  $t_5$  – utángyújtási idő;  $t_6$  – a láng és a 2. fokozat olaj-mágnesszelepének engedélyezése közötti idő

9.17. ábra. Kétfokozatú égő vezérlő és biztonsági egységei és vezérlő programja [3]

### 9.2.4. Olajsűrők

Ez igen fontos elem, hiszen minden lehetőséget meg kell ragadnunk, hogy az eltömődést megelőzhessük. A szűrők készülhetnek fémhálóból, szinterelt bronzból, műanyag hálóból stb. A rendszeres tisztítás igen döntő (9.18. ábra).



9.18. ábra. Olajsűrő elvi vázlata [7], [8]

### 9.2.5. Olajszivattyúk

Általában fogaskerék-szivattyúkat alkalmaznak, ezeket rugalmas tengelykapcsolóval kötik össze az égők motorjának tengelyével. Mindez rendszerint egy házban, vagy azonos motor alapon van. A szivattyúnyomás 7–40 bar. Áramszünet esetére gyorszárat biztosítanak. A maximális szívási magasság: 5,0 méter. A közepes áramlási sebesség a szívóvezetékben 0,2 m/s, a nyomóvezetékben 0,4–0,5 m/s.

### 9.2.6. Olajtartályok és szerelvényeik

Az olajtartályok mérete természetesen igen sok tényezőtől függ, ilyenek az épület helyzete, az olaj rendelkezésre állása, a tartály bekerülési költsége stb.

Természetesen az a kedvező, ha egy teljes fűtési idény szükségletét fedező olajmennyiség tárolására lehet tartályt építeni, ez azonban általában túl nagy helyigényt jelent és rendkívül költséges.

A tüzelőolaj becsült, közelítő mennyisége lakóépületek esetében (használati melegvíz termelés nélkül!):

$$V_{olaj} = (150 \dots 200) \dot{Q}_{fűtés} \quad [\text{liter/év}]$$

ahol a fűtési teljesítményt ( $\dot{Q}_{fűtés}$ ) kW-ban mérjük és helyettesítjük.

Felhívjuk a figyelmet, hogy az épületek hőveszteségének számítását az „Alapismeretek” kötet „Épületfizika” c. fejezetében, az éves tüzelőanyag-fogyasztás részletes számítását pedig kötetünk „Fűtési rendszerek gazdaságossági számításának alapjai” c. fejezetében találjuk.

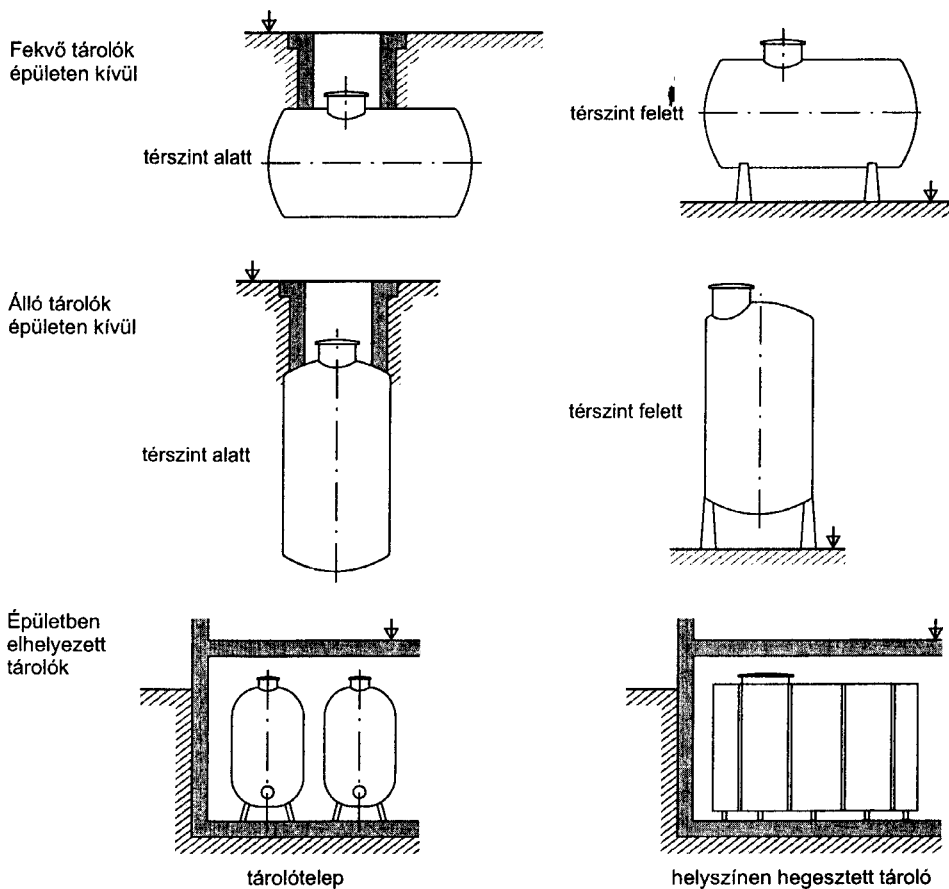
A kisebb berendezések olajkészlete fém- vagy műanyag kannában, illetve hordóban tárolható, a nagyobb berendezésekhez alakos tartályokat, illetve fekvő (MSZ 9909) vagy álló (MSZ 9910) hengeres tartályokat telepítenek.

Az elhelyezés szerint megkülönböztetünk:

- szabadban elhelyezett föld alatti, földtakarás alatti vagy föld feletti, illetve
- helyiségben elhelyezett tárolóedényeket, tartályokat [11].

(A definíció szerint föld alatti az olyan tartály, amelynek legfelső alkotója felett legalább 0,3 m földtakarás található. A földtakarás alatti tartály esetében a 0,3 m földtakarást a terepszintből kiemelve alakítják ki. A föld feletti tartály teljes egészében a terepszint felett helyezkedik el [12].)

A 9.19. ábrán összefoglaló jelleggel, a DIN szerinti csoportosításnak megfelelően mutatjuk be az olajtárolók elhelyezési módjait [3].



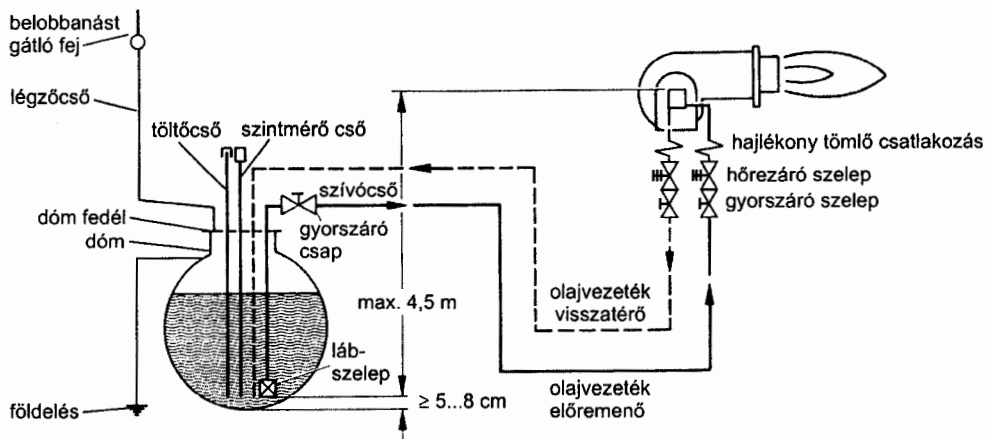
9.19. ábra. Az olajtároló elhelyezési módjai (DIN szerinti csoportosítás) [3]

Olajat csak olyan anyagú tartályban szabad tárolni, amely olajnak ellenálló és olajat át nem eresztő. Leggyakoribb a fém tartály, de az MSZ 9933 szerinti üvegszál erősítésű poliszter tartályok is beépíthetők. A fekvő és álló hengeres tartályok méretezésére, anyagára és vízsz-

gálatára magyar szabványok vonatkoznak [12], [13]. A tárolással kapcsolatos tűzvédelmi előírásokat [11] tartalmazza.

Ezekből kiemeljük, hogy a tüzelőberendezés helyiségében legfeljebb 600 liter névleges űrtartalmú tartály (napi olajtartály) helyezhető el. A tartály alatt a tartály űrtartalmával azonos térfogatú felfogó teret kell kialakítani, amely megakadályozza az esetleg kifolyó olaj elfolyását. A nagyobb tartályokat épületen belül, külön helyiségben kell telepíteni. Ebben az esetben a felfogó térnek az összes tárolt mennyiség 80%-át kell befogadnia.

Az olajellátás teljes folyamata a könnyebb áttekinthetőség kedvéért a 9.20. ábra szerinti vázlaton látható, ahol megfigyelhetők az olajtartály szerelvényei is. A vonatkozó magyar szabvány [12] a szerelvényeket a biztonságos üzemeltetéshez és karbantartáshoz kötelezően szükséges és feltételeken kötelező, vagy nem kötelező csoportba sorolja.



9.20. ábra. A tüzelőolaj-ellátó rendszer elvi felépítése és a tartály szerelvényei [3]

A tartály kötelező szerelvényei és tartozékai a szabvány szerint a következők:

- dóm (búvónyílás),
- töltőcső,
- szívócső,
- földelés-csatlakozás és villámvédelem,
- emelőfülek,
- légzőcső és légzőszerelvények,
- túltöltést jelző vagy gátló szerkezet,
- mérőcső, szintmérő.

A tartály feltételesen kötelező vagy nem kötelező szerelvényei és tartozékai egyebek között:

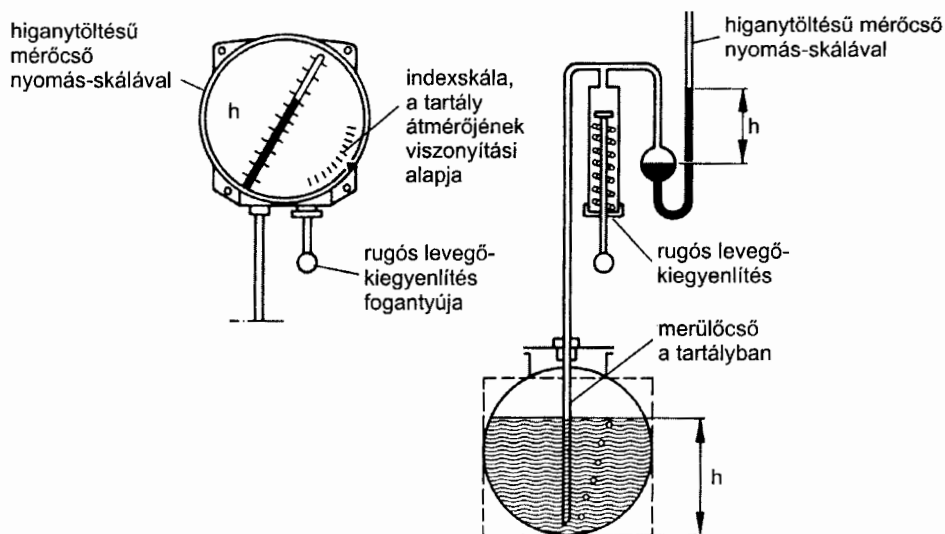
- fenékkürítő cső,
- mintavevő cső vagy csonk,
- lyukadásjelzés,
- hőszigetelés,
- fűtőberendezés.

A tartályhoz a csővezetéseket csak oldható kötéssel szabad csatlakoztatni.

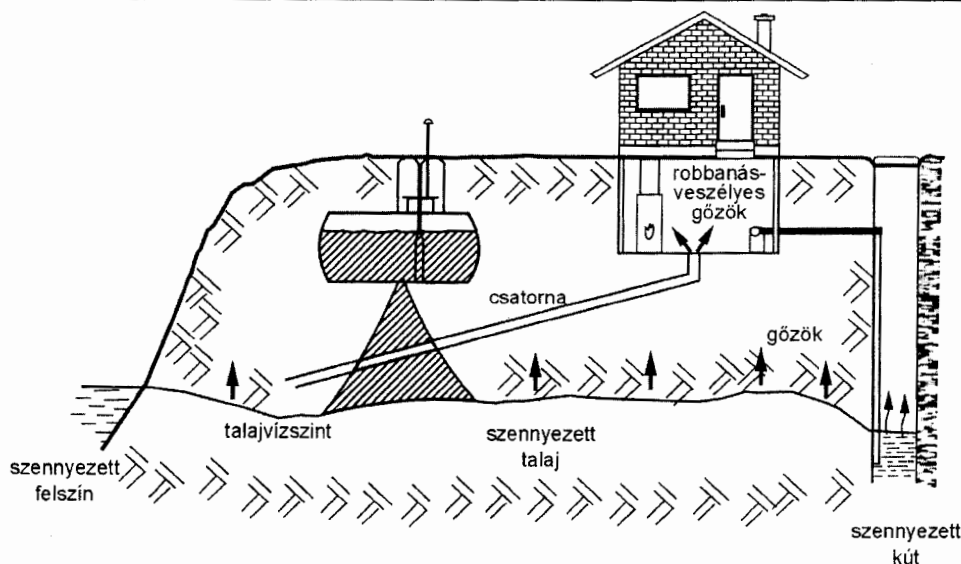
A kötelezően szükséges szerelvények között felsorolt **légzőcsövet** a gyújtóhatás áttérjedését megakadályozó szerkezettel, az ábrán belobbanásgátló fejként jelölt szerelvénnel kell ellátni. A légzőcső kilépőnyílásainak elhelyezésére [12] a telepítés módjától függő távolságokat ad meg, azonban a nyílások kéményektől, esővíz elvezetőktől, épületek nyílászáróitól vízszintes vetületben legalább 3 m távolságra legyenek, a terepszinttől mért magasság min. 4 m.

A **töltés megakadályozására** szolgáló jelző vagy gátló szerkezetet úgy kell elhelyezni, hogy a tartályban a szint a legnagyobb töltési szintet ne haladja meg [12], ami – ha egyéb tárolási körülmények nem indokolják –, a tartálytérfogat 97%-ának megfelelő szint. Csak jelzést adó szerkezetek esetében biztosítani kell, hogy a töltés leállítására, elzárására elegendő idő álljon rendelkezésre.

A **szintmérés** legegyszerűbb módja a mérőcsövön leeresztett mérőpálca, de mechanikus (úszós), induktív vagy pneumatikus elven működő szerkezetek is ismertek. A 9.21. ábra pneumatikus működésű olajsint-jelzőt mutat [3].



9.21. ábra. Pneumatikus működésű olajsint-jelző [3]



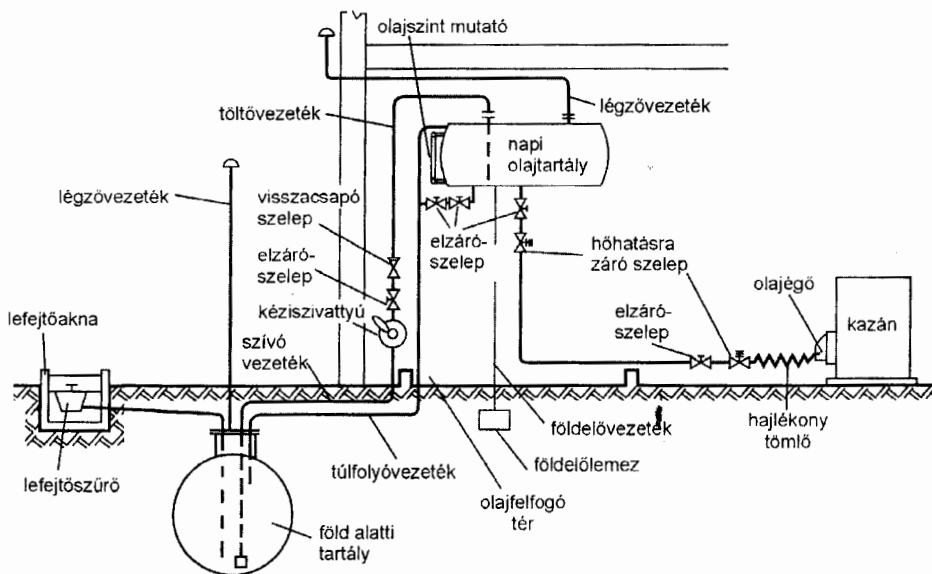
9.22. ábra. Az olaj szivárgás jelentősége és veszélyei [1]

Amennyiben a tartály föld alatt van, **szivárgásjelzőt** is alkalmaznunk kell. A szivárgás jelentőségét és az érintett környezetet a 9.22. ábra mutatja. [12] szerint a lyukadásjelző rendszerek direkt és indirekt csoportba sorolhatók. Az első rendszerfajta lényege, hogy a tartály lyukadásának tényét az ellenőrzött berendezésben bekövetkezett állapotváltozások révén jelzi, szemben az indirekt megoldással, amely közvetve, például a fogyás alapján mutatja a szivárgást.

Egyrétegű tartályfal esetén a direkt szivárgásjelzés vákuum létrehozásával működhet: az olajtükör fölött egy vákuumszivattyú kiszivattyúzza a levegőt. Amennyiben e térben a nyomás a szivárgó olaj miatt megváltozik, a rendszer vészjelet ad. Bélelt tartályok esetén a jelzőrendszert a tartály és a bélés közé helyezik el. Kettősfalú tartályoknál a két falazat közé juttatott jelzőközeg (folyadék, gáz), az ott létrehozott vákuum, vagy folyadék jelzőszonda állapotváltozás illetve jelzése mutatja a szivárgást.

Mindezekeken felül természetesen a tartályok külső és belső **korrozóvédelme** is igen fontos kérdés.

A tartályok telepítésével kapcsolatban már említettük a napi olajtartály fogalmát, amely a tüzelőberendezés helyiségében legfeljebb 600 liter névleges úrtartalmú lehet, és nevének megfelelően egy napi, vagy egy műszak tüzelőolaj-igényét tárolja. A külső tartályból kézi, vagy motoros hajtású szivattyúval töltik fel a napitartályt, ahonnan az olaj már gravitációsan jut az égőhöz. Ennek a hazai gyakorlatban kedvelt megoldásnak előnye, hogy az épületen belül uralkodó nagyobb hőmérséklet hatására javul az olaj viszkozitása. Az olajban lévő szennyeződések a napitartályban kiválnak és onnan az alján lévő ürítőn eltávolíthatók.

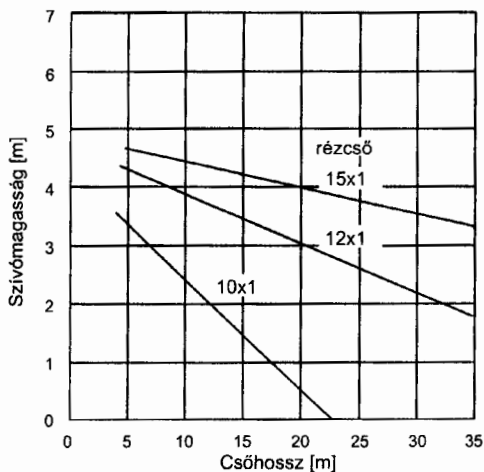


9.23. ábra. Olajellátás napi tartállyal

Napitartályos tüzelőolaj-ellátás vázlatát kéziszivattyús töltés esetére, [11] alapján a **9.23. ábra** mutatja. Látható, hogy a tartály kilépő vezetékébe elzárószelepet, utána pedig hőre záró szelepet kell beépíteni. A tartályt túltöltés elleni védelemmel kell ellátni.

### 9.2.7. Olajvezetékek

A tüzelőolaj-ellátás vezetékei korábban acélcsőből készültek, ma már azonban előtérbe került a rézcsővek alkalmazása. Ezek kötése olajtömör szorítógyűrűs vagy ropantógyűrűs kötés, illetve préskötés lehet. A csővezeték átmérőjére a **9.24. ábra** ad eligazítást. Fűtőolajnál, az amúgy is nagyobb teljesítmények miatt, acélcsőveket alkalmaznak, hagyományos hegesztett kötésekkel. A vezetékeket nyomáspróbának kell alávetni.

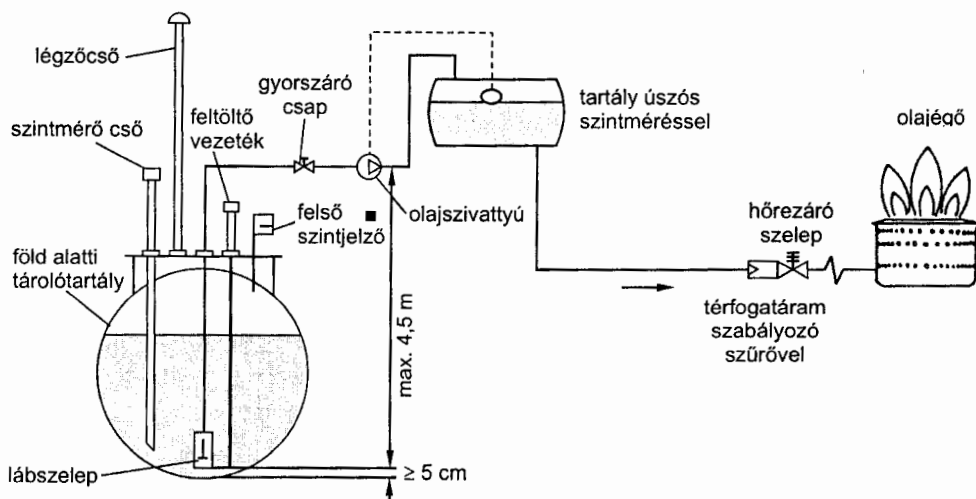


9.24. ábra. Olajvezetékek átmérője

### 9.2.8. Az olajellátás rendszere

Az olajellátás rendszere egy-, két- vagy körvezetékes kialakítású lehet.

**Egyvezetékes rendszer** csak kis berendezéseknél, és csak tüzelőolajoknál alkalmazható, ha az olaj ráfolyása az égőre biztosított. Ilyen kialakítás elvét mutatja a **9.25. ábra**. A megoldás hátránya a vezeték nehézkes légtelenítése, ami az ábrán láthatónál bonyolultabb rendszerekben légbuborékok kialakulásához vezethet és a szivattyú egyenetlen olajszállítását okozhatja.

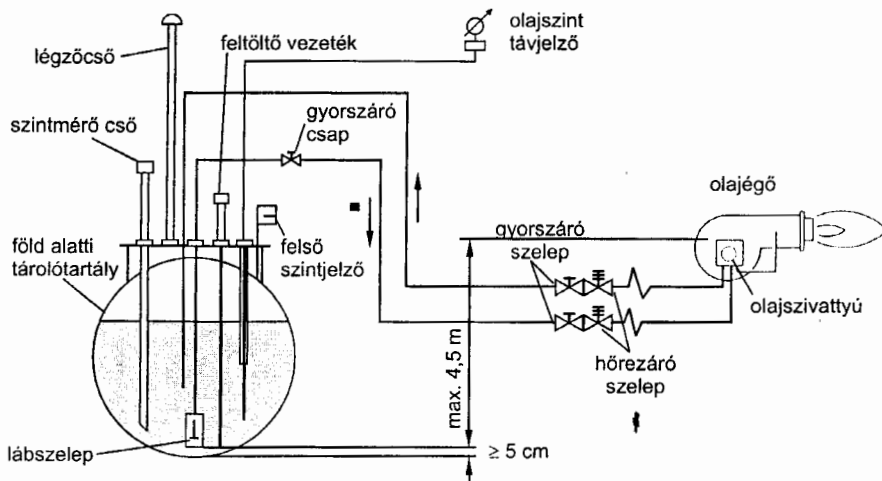


9.25. ábra. Egyvezetékes olajellátás [3]

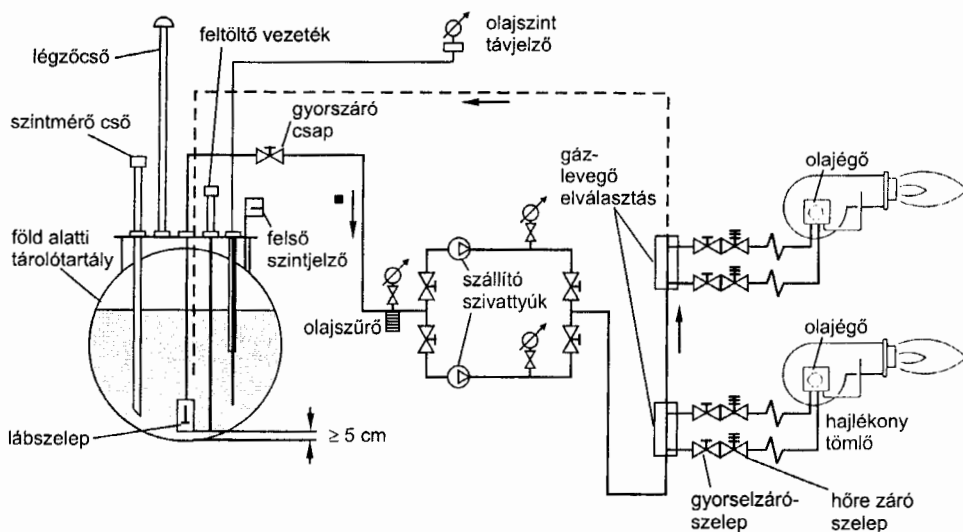
A **kétvezetékes olajellátás** (9.26. ábra) az előzőekben említett bizonytalanságot kiküszöböli, és az olaj légtelenedése a visszatérő vezetéken keresztül folyamatosan biztosított, a levegő- és gázbuborékok az olajtartályba jutva kiszabadulnak a vezetékhalózatból. Előnyös, hogy az olaj és a levegő áramlásának iránya itt megegyezik.

Több olajégőt ellátó berendezéseknél és főleg fűtőolaj esetében (ld. „Alapismeretek” kötet „Tüzeléstechnika” c. fejezete) a **körvezetékes rendszer** kialakítása szükséges (9.27. ábra). Az ábrán látható módon az olaj szállítását ebben az esetben nem az égők olajszivattyúja végzi, hanem önálló szivattyú beépítésére van szükség. A szivattyú legyőzi a vezetékhalózat ellenállását, és a nyomásszabályozó szelep révén kismértékű túlnyomást biztosít a hálózatban. Az égők szivattyúi az igényelt olaj térfogatáramot veszik el a hálóból. Fűtőolajnál a vezeték kísérő fűtését meg kell oldani.



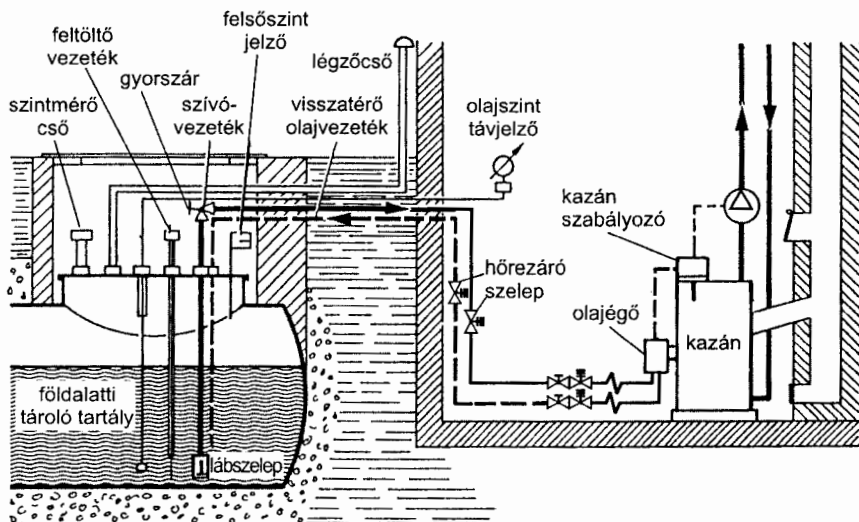


9.26. ábra. Kétvezetékes olajellátás [3]

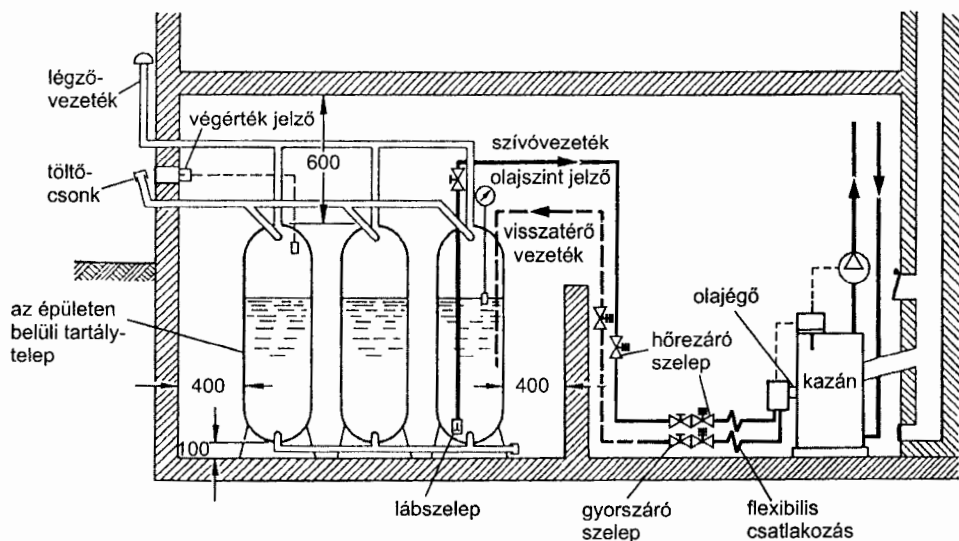


9.27. ábra. Körvezetékes olajellátás több kazán esetén [3]

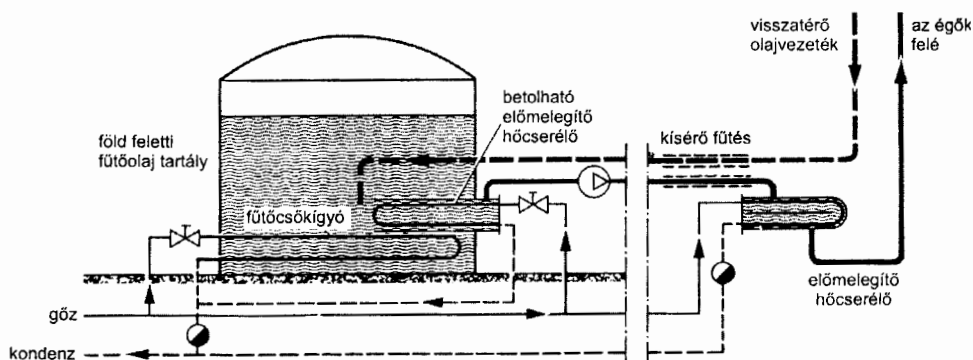
Az olajellátó rendszer és az olajtüzelésű kazánok elrendezésére néhány példát mutatunk be. A **9.28. ábrán** föld alatti tárolóval – napitartály nélkül – üzemelő kazánház kapcsolása látható, míg a **9.29. ábra** épületben elhelyezett tartálytelep kapcsolását mutatja. Megjegyezzük, hogy mindkét esetben az olajáramlást az olajégő szivattyúja biztosítja, ezért azt külön nem tüntettük fel.



9.28. ábra. Olajtüzelésű kazánház külső, föld alatti tárolótartállyal [3]



9.29. ábra. Olajtüzelésű kazánház pincében elhelyezett tartályokkal [3]



9.30. ábra. Olajellátás melegítéssel [3]

A 9.30. ábrán fűtőolaj ellátó rendszer vázlata látható. Mivel a fűtőolaj viszkozitása lényegesen nagyobb a tüzelőolajokénál (a hazai tüzelőolajoké  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on a típustól függően  $8 - 20\text{ mm}^2/\text{s}$ , a fűtőolajoké  $35\text{ mm}^2/\text{s}$  [2]; a fűtőolajok viszkozitását a hőmérséklet függvényében, valamint egyéb tulajdonságait ld. az „Alapismeretek” kötet „Tüzeléstechnika” c. fejezetében). Emiatt a fűtőolajok környezeti hőmérsékleten nem fejthetők le és nem szivattyúzhatók. Erre utal az ábra, ahol a tartály fűthető kivitelű, az olajvezetékét pedig kísérő fűtéssel kell ellátni.

**Irodalom**

- [1] Barótfi, I. (szerk):  
*Környezettechnika kézikönyv*  
Környezettechnika Szolgáltató Kft., Gödöllő, 1990.
- [2] BME Épületgépészeti Tanszék I. Munkaközössége:  
*Fűtéstechikai segédlet*. Egyetemi jegyzet  
Tankönyvkiadó, Budapest, 1988.
- [3] BUDERUS  
*Handbuch für Heizungstechnik* (33. Auflage)  
Beuth Verlag GmbH, Berlin-Wien-Zürich, 1994.
- [4] Korényi, J.:  
*Kazánfűtés*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1981.
- [5] Macskásy Á. és szerzőtársai:  
*Központi fűtés I.*  
Tankönyvkiadó, Budapest, 1975.
- [6] Menyhárt, J. főszerk.:  
*Az épületgépészet kézikönyve*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1977.
- [7] Recknagel, H. – Sprenger, E. – Schramek, E. R.:  
*Fűtés- és klimatechnika 2000*  
Dialóg Campus Kiadó, Budapest-Pécs, 2000.
- [8] Schramek, E. R. (Recknagel-Sprenger)  
*Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik 2000* (69. Auflage)  
R. Oldenbourg Verlag, München-Wien, 1999.
- [9] Turner, C. W.:  
*Energy Management Handbook*  
The Fairmont Press Inc. Lieburn, USA, 1993.
- [10] Viessmann, H.:  
*Heizungshandbuch*  
Gertner Verlag, Stuttgart, 1987.
- [11] MSZ 9901/1-4:1982  
*Olajtüzeléshez tartozó tároló- és kiszolgáló építmények, berendezések tűzvédelmi előírásai*
- [12] MSZ 9909-3:1998  
*Fekvő, hengeres acéltartályok éghető folyadékok és olvadékok tárolására. Szerelvények, tartozékok, elhelyezés és telepítés*
- [13] MSZ 9910-2:1998  
*Föld feletti, álló, hengeres acéltartályok éghető folyadékok és olvadékok tárolására. Szerelvényezési, biztonságtechnikai és környezetvédelmi előírások*
- [14] MSZ 15633-2:1992  
*Éghető folyadékok és olvadékok tároló- és kiszolgáló létesítményei, berendezéseinek tűzvédelmi előírásai. Tárolási módok és eszközök*

## 10. Gázüzemű tüzelőberendezések

A gázüzemű tüzelőanyagok útjának tárgyalását – az olajhoz hasonlóan – a kazánok tüztérétől indítjuk, és követnünk kellene egészen a gáz fogadásáig. Ahogyan azonban már több ízben említettük, a gázellátás tárgyalását néhány sajátos szempont miatt nem folytatjuk az olajellátással azonos módon.

A földgáz később jelent meg a világ energia ellátásában, mint az olaj, talán a halmazállapot különbözőségének fizikai tényén túl innen is származik a tan- és szakkönyvek hagyománnyá vált rendszere, amely szerint előbb foglalkozunk az olajellátással, és azután kerül sor a gázüzemű tüzelőanyagok ismertetésére.

Hazánkban ezt a tényt azonban tovább módosítja az a körülmény, hogy az 1960-as évektől kezdve nálunk a földgáz felhasználása rendkívül intenzívvé vált. Ennek különféle politikai, földrajzi, geológiai és gazdasági okai vannak. A felsorolást és elemzést e könyvben mellőznünk kell, az okokat kutató olvasónk számára csak irodalmi művek felsorolását adhatjuk [1], [7]. Elégedjünk itt meg azzal, hogy míg a földgáz felhasználásának részaránya a hazai primer energiamérlegben a 1980-as évek elején 26–27% volt, addig 1999-ben már meghaladta a 37%-ot [15] (részletesen ld. a következő fejezetben).

A fűtési és használati melegvíz termelési (egyes felfogások szerint „kommunális”) hőfogyasztás azonban még ennél is nagyobb hányadban alapoz a földgázra.

A hazai épületgépészeti közép- és felsőoktatás – eltérően az egyéb hasonló kultúrájú országoktól – a hatalmas ívű, 1960-as években bekövetkezett fejlődés miatt külön „Gázellátás” tantárgyat vezetett be, s e hagyomány szemlélete szerint könyvsorozatunk jelen kötetében is külön fejezetben tárgyaljuk a témakört. A hazai helyzet ugyanis annyira sajátos, s szakembereinknek annyira nagy szükségük van a tárgykör ismeretére, hogy ez az indokolt megoldás [9].

A számtalan tapasztalatot, előírást, méretezési eljárást, szabványt és egyéb sajátosságokat leíró szakmai és tananyagot ezért „Gázellátás” címen, külön fejezetben találja az olvasó. E fejezetben szerepel a gázvezetékek, a vezetékre való csatlakozás, a nyomásszabályozás és a gázmérés, továbbá a gázkészülékek légellátási kérdéseinek tárgyalása, jelen fejezetünkben pedig csak a tüzelőberendezések és gázoldali biztonsági szerkezeteik ismertetésére szorítunk.

## 10.1. Gázégők

A gáz, mint tüzelőanyag számtalan előnyös tulajdonsággal rendelkezik, ezekről könyvünk különféle fejezeteiben bővebben olvashatunk. Említettük már e kérdést a tüzelőanyagok felsorolásánál, vagy az egyedi gázfűtő készülékek ismertetésénél is. A gázok jellemzőit és tüzeléstechnikai tulajdonságait az „Alapismeretek” kötet „Tüzeléstechnika” c. fejezetében tárgyaltuk részletesen.

Elöljáróban a gázüzemű tüzelőberendezésekről szóló jelen fejezetünkben azonban az előnyök sorából ki kell emelnünk azt, hogy a gáz és az égéshez szükséges levegő halmazállapota egymással azonos. Így tehát az égési levegő biztosítása lényegesen egyszerűbb, mint a szilárd, vagy akár a folyékony tüzelőanyagok esetében. Emlékezzünk vissza, hogy az olajégőknel a porlasztást, illetve elgőzölgést milyen bonyolult szerkezetekkel kellett megvalósítanunk.

A gázégőket többféleképpen csoportosíthatjuk:

- a láng fajtája szerint (világító láng, Bunsen láng, injektoros égők);
- a láng elrendezése szerint (egyes égők, csoportos égők gyűrűformában, síkban, egyéb felületek mentén elhelyezve);
- a gáz fajtája szerint, (városi gáz, földgáz, többféle gáz elégetésére alkalmas, illetve minden gáz elégetésére alkalmas égők);
- a gáz nyomása szerint (kisnyomású: 5–50 mbar nyomású, illetve nagynyomású 0,5–3,0 bar nyomású égők);
- a szabályozás módja szerint (kézi szabályozású, félautomatikus és automatikus égők);
- a gáz és a levegő találkozási helye szerint (színgázégők, előkeveréses gázégők, utókeveréses égők);
- a gáz-levegő keverék előállításának módja szerint (természetes és kényszerlevegős égők).

A csoportosítási lehetőségek pontosítása érdekében először meg kell fogalmaznunk a gázégők feladatát, ami leegyszerűsítve a következő:

- a gáz tüzelőanyag és a az égéshez szükséges levegő bejuttatása,
- a gáz és a levegő összekeverése,
- a keverék meggyújtása és az égési reakció stabilizálása [8].

A gáz és az égési levegő bejuttatásának módja szerint megkülönböztetünk

- **természetes levegőellátású**, „atmoszférikus” égőket, ahol az égéshez szükséges levegőt a nagy sebességgel beáramló gázszugár szívja be az injektorhatás révén, és
- **mesterséges levegőellátású**, „kényszerlevegős” égőket, ahol a levegőt ventilátorral létrehozott nyomáskülönbség segítségével juttatjuk az égőbe.

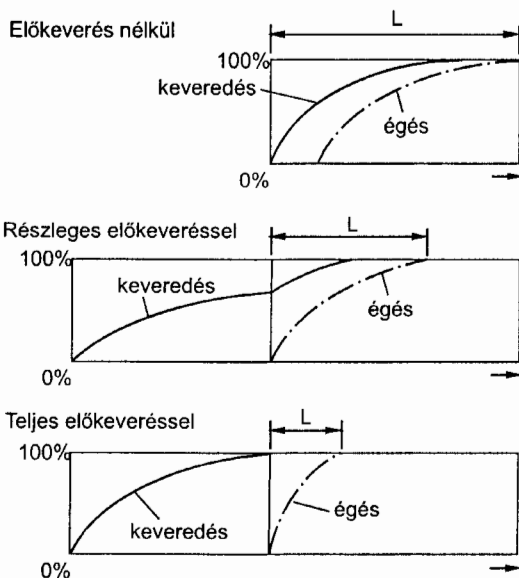
A gáz és a levegő összekeveredésének helye szerint megkülönböztetünk

- **előkeverés nélkül üzemelő égőket**, ahol az égés és az égési levegő bejutásának helye megegyezik (ezek az ún. diffúziós égők),

- **részleges előkeveréssel működő égőket**, ahol az égési levegő egy része még az égés helye előtt keveredik a gázzal, a többi része pedig az égés helyén, valamint
- **teljes előkeverésű égőket**, amelyeknél az égési levegő még az égés helye előtt teljesen összekeveredik a gázzal.

A gáz és a levegő keveredésének helye szerinti csoportosítás lényegét szemléletesen mutatja a **10.1. ábra**, [8] alapján. Érdemes figyelni az égés hosszára ( $L$ ), aminek a károsanyag-kibocsátás szempontjából még jelentősége lesz.

Az előkeverés nélküli – külső keveréses, ún. „színgáz” – égő, vagy más néven diffúziós égő esetében az égési levegő csak a gáz kilépése után, az égés helyén keveredik a gázzal. A részleges előkeveréses égők jellegzetes típusa a *Bunsen*-égő, amelyet inkább csak laboratóriumi célokra használnak. Ide sorolható azonban például a gáztűzhelyek, valamint sok háztartási készülékek égője is.



**10.1. ábra.** Az égők csoportosítása a keveredés helye szerint [8]

Ismertetésünk alapjául e csoportosítási lehetőségek bizonyos kombinációjaként a gyakorlatunkban előforduló égőcsoportokat a továbbiakban részletebben is bemutatjuk. Előtte azonban szólnunk kell még egy további felosztásról is.

A nyugat-európai előírások, valamint ma már az ezeknek megfelelő magyar szabvány is ([30]) az égőket, illetve a készülékeket aszerint is csoportosítják, hogy hány gázcsaláddal működtethetők (a gázcsaládok megnevezését és jellemzőit az „Alapismeretek” kötet „Tüzeléstechnika” c. fejezetében tárgyaltuk, de a következő, „Gázellátás” c. fejezetben is részletezzük.

Eszerint:

- I. kategória: kizárólag egyetlen gázcsaláddal, és ennek gázcsoportjaival működtethető készülékek.  
Például:  $I_{2H}$ ,  $I_{2S}$ ,  $I_{3B/P}$ ,  $I_{3P}$ ,  $I_{3B}$ ;
- II. kategória: két gázcsaláddal működtethető készülékek.  
Például:  $II_{2H3B/P}$ ,  $II_{2H3P}$ ,  $II_{2H3B}$ ;
- III. kategória: három gázcsaláddal működtethető készülékek. Hazánkban nem használják, az EU egyes tagországaiban előfordul.

A jelölésekben a kategóriát mutató római szám után indexben arab számmal a gázcsalád jele (1, 2, 3) és a családon belüli gázcsoport jelölése látható (H, S, B/P stb., ld. a „Gázellátás” c. fejezetet).

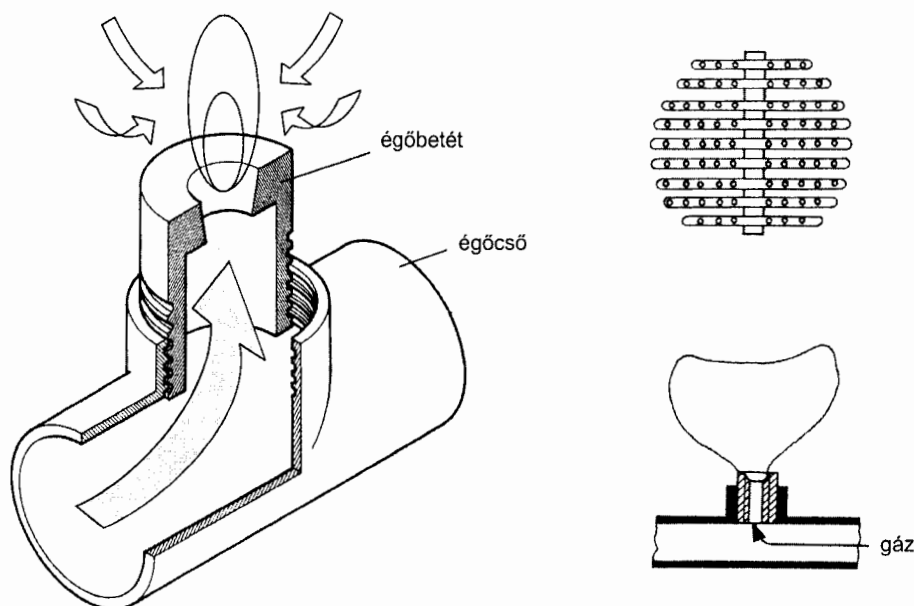
Ezek után térjünk rá az egyes égőtípusok tárgyalására.

### 10.1.1. Természetes levegőellátású égők

#### Előkeverés nélküli, diffúziós égők

Az előkeverés nélküli, diffúziós vagy más néven ún. színgázégő mindössze egy fűvókából áll, az ebből kiáramló gázhoz a levegő diffúzió útján keveredik, ezért más szempontból ez az égőfajta a természetes levegőellátású, utókeveréses égők családjába tartozik. Ezt az égőt a korábbi, városi gázzal működtetett, egyszerűbb háztartási fűtőkészülékeknek és vízmelegítőknek alkalmazták, ahol a nagyobb teljesítmény miatt már nem egyetlen fűvókát használtak, hanem a gázáramot több részáramra osztották. Így alakultak ki az ún. fésűs égők (10.2. ábra).

A földgázra való átállással megszűnt az égő létjogosultsága, mert földgáz alkalmazása esetén a kis hőterhelésűknél „leszakad a láng”, hiszen a földgáz égési sebessége kisebb, mint a nagy hidrogéntartalmú városi gázé.

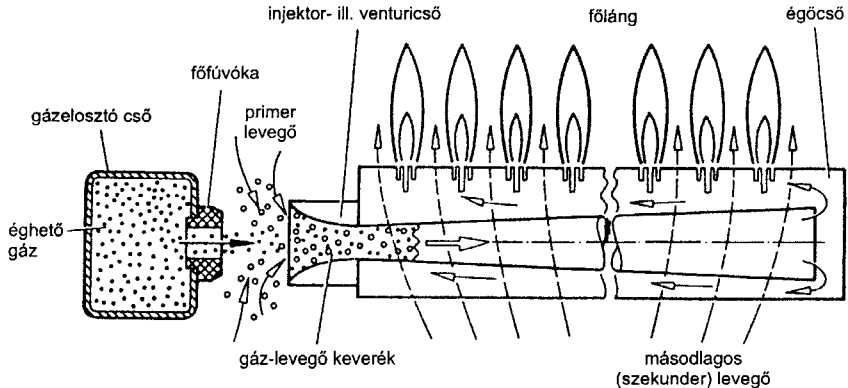


10.2. ábra. Előkeverés nélküli, diffúziós égő [4], [13]



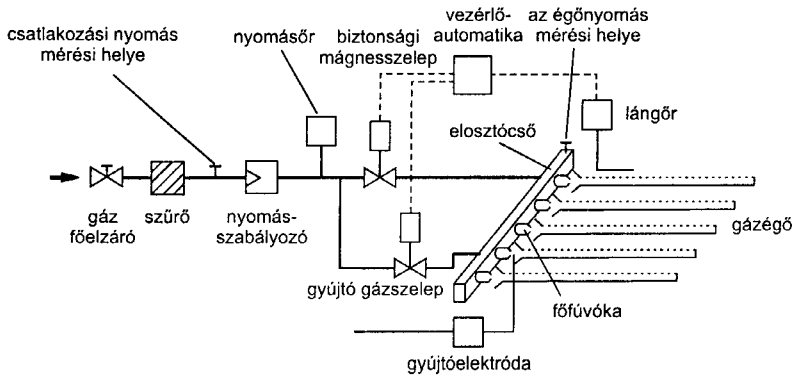
### Természetes levegőellátású, részleges előkeveréses égők

Ezt az égőtípust előnyös tulajdonságai miatt – egyszerű szerkezet, nem tartalmaz mozgó alkatrészeket, zajszegény működés – széles körben alkalmazzák a háztartási gázkészülékekben.

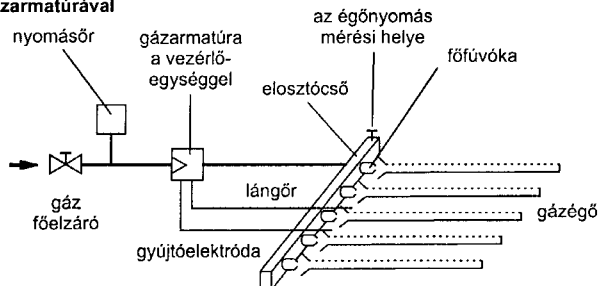


10.3. ábra. A természetes levegőellátású, részleges előkeveréses égő elve [5]

#### Gázégő vezérlőautomatikával és égésbiztosítással



#### Gázégő gázarmatúrával



10.4. ábra. Természetes levegőellátású, részleges előkeveréses égő és kiegészítő elemei [8]

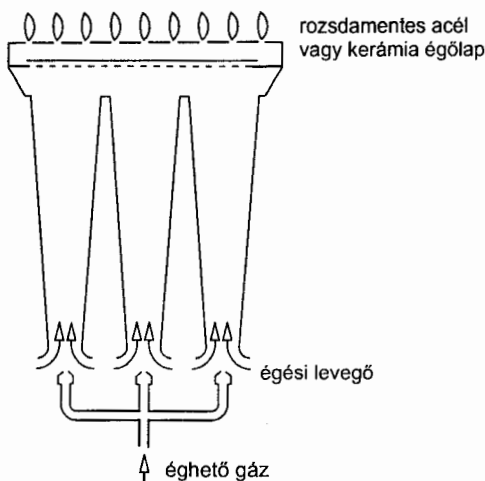
A **10.3. ábrán** bemutatott szerkezet működésének lényege, hogy az osztócsőből az éghető gáz a fűvókán keresztül nagy sebességgel beáramlik az injektor csőbe, amely *Venturi*-cső alakú, és ezzel az áramlási törvényszerűségeknek megfelelő mennyiségű égési levegőt szív be. A kb. 35–50% **primer levegő** összekeveredik a gázzal és ez a keverék áramlik ki az égő nyílásain. Az égés csak a keveredés után jön létre, és a láng diffúzió révén **szekunder levegő** von magához. Az égők fűvókacserével és a primer levegő szabályozásával más gázfajtára is átállíthatók.

A természetes levegőellátású, részleges előkeveréses égő alkotóelemei a következők:

- az égőcső az injektor (*Venturi*-) csővel, valamint a gáz elosztócső a főfűvókával,
- a szabályozó szerelvények,
- a gyújtószerkezet, a
- a lángőr és
- az égővezérlés (**10.4. ábra**).

### Természetes levegőellátású, teljes előkeveréses gázégők

A környezetvédelmi követelmények szigorodásával, a károsanyag kibocsátás csökkentése érdekében fejlesztették ki a teljes előkeveréses égőket. Ezekben a fűvókából kiáramló gáz a hosszú keverőcsőbe a szükséges égési levegő teljes mennyiségét beszívja, és ott a gáz a levegővel teljes mértékben összekeveredik. Az égőfelületen szekunder levegő hozzákeverésére már nincs szükség, az égés nagyon rövid lánggal, vagy láng kialakulása nélkül

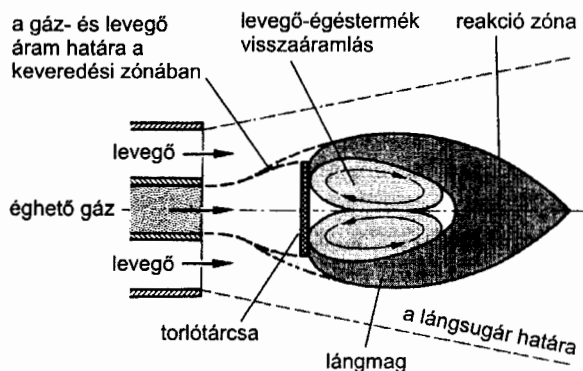


10.5. ábra. Természetes levegőellátású, teljes előkeveréses égő [12]

### 10.1.2. Mesterséges levegőellátású, ventilátoros gázégők

#### Előkeverés nélküli, diffúziós égők

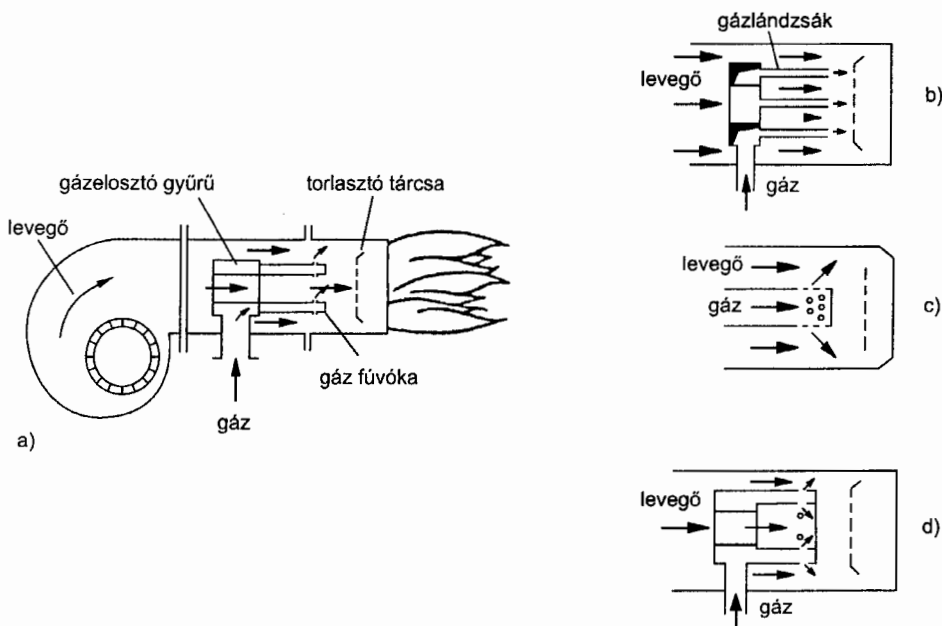
Ezeknél az égőknél az éghető gáz a fűvókából kilépve keveredik a ventilátorral oda szállított égési levegővel. A jobb keveredést torlótárcsa is segíti. A működés elvét jól szemlélteti a **10.6. ábra**. A megoldás előnye az, hogy független a környezeti nyomástól és egyéb körülményektől, a visszagyulladás kizárt, így üzembiztos és teljesen automatizálható.



10.6. ábra. Előkeverés nélküli, diffúziós gázégő elve [5]

Ezeket az égőket korábban csak nagy teljesítmények és ipari berendezések esetén alkalmazták, ma azonban az energiagazdálkodási verseny miatt kisebb teljesítményű gyártmányokat is találunk a kommunális hőellátás területén (a teljesítmény egészen 3,0 kW értékig csökkenhet).

A ventilátoros gázégők felépítését és fűvóka kialakítási lehetőségeit a 10.7. ábrán szemlélhetjük.



10.7. ábra. Mesterséges levegőellátású, diffúziós gázégő felépítése, valamint a gáz- és levegő bevezetésének elve [18]

a) felépítés; b) párhuzamos áramlású égőfej; c) keresztáramlású középcsöves égőfej; d) keresztáramlású lándzsáégőfej

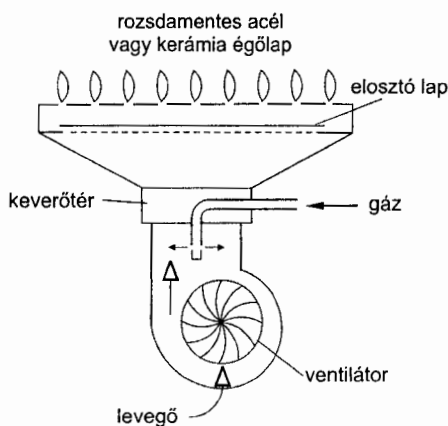
### Mesterséges levegőellátású, részleges előkeveréses égők

A mesterséges levegőellátású, részleges előkeveréses égőknél az égési levegő egy részét már a gáz kilépése előtt hozzákeverik a gázhoz. Az intenzív keveredés miatt, és a visszagyulladás elkerülése érdekében a keverőtérben nagy sebességű áramlásra van szükség. Bár az előkeverés előnye a stabil láng, a szabályozási feltételek rosszabbak, ezért a diffúziós égők mellett ezek a kialakítások háttérbe szorultak [5].

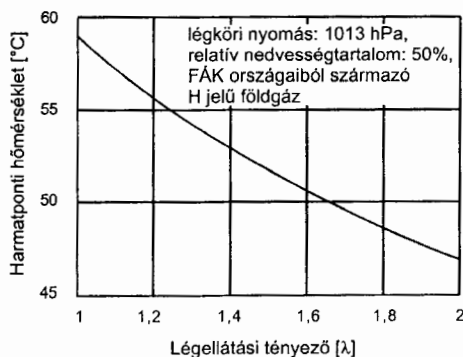
### Mesterséges levegőellátású, teljes előkeveréses égők

A természetes levegőellátású égőknél már említett környezetvédelmi szempontok miatt a mesterséges levegőellátású égők esetében is kifejlesztették a teljes előkeveréses szerkezeteket (10.8. ábra).

Ezek az égők nagy szerepet kapnak a kondenzációs kazánok kialakításánál, amelyek értelemszerű igénye a kis légellátási tényező, az ezzel együtt járó kis  $\text{CO}_2$  tartalom az égéstermékben és a minél nagyobb harmatponti hőmérséklet. Az égéstermékben lévő vízgőz harmatpont ugyanis erőteljesen függ a légellátási tényezőtől (10.9. ábra). Kis légellátási tényező esetén a nagyobb fűtővíz hőmérsékleteknél is elérhető a megfelelő kondenzációs mérték, igen kismértékű  $\text{CO}$  és  $\text{NO}_x$  emissziós érték mellett.



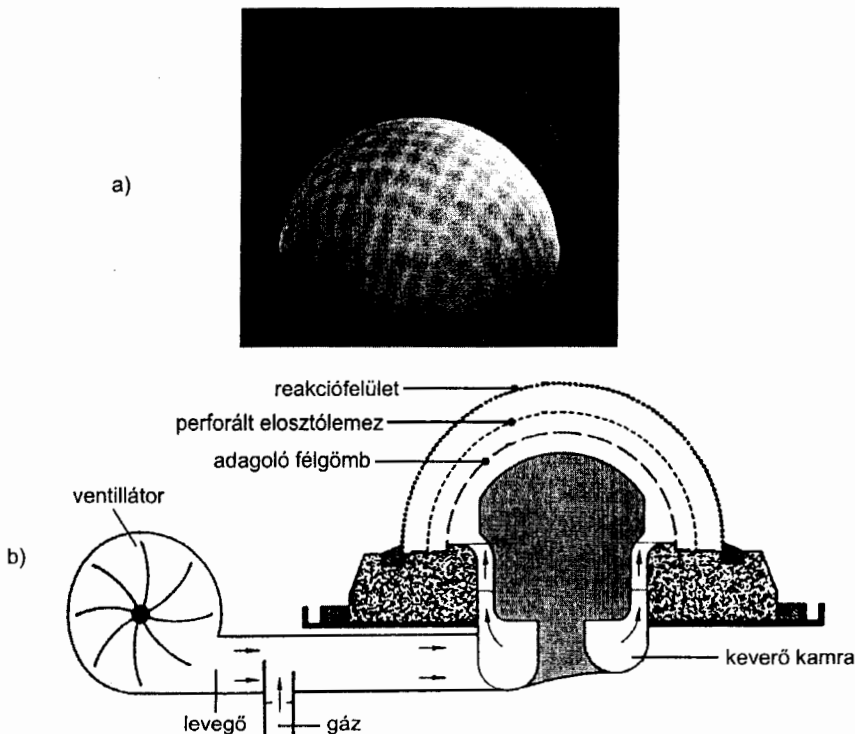
10.8. ábra. Teljes előkeveréses ventilátoros égő [12]



10.9. ábra. Az égéstermék vízgőz harmatpontja a légellátási tényező függvényében [11]

Ilyen, teljes előkeveréses égőt mutat példaként a **10.10. ábra**. Ezeknél, a kondenzációs készülékekben időközben uralkodóvá vált égőknél számos újfajta és javított megoldást találunk az égési felületek kiképzésére kerámiából, szálas kerámiából, perforált fémlemezről, fémlamellákból és fémszövetből [20], [22]. A jövőben a megfelelő teljesítménytartományban ezek a megoldások válhatnak általánosan elterjedté. Előnyük:

- a flexibilitás, mely miatt az égő formája és az égési levegő hozzávezetése szinte tetszőlegesen illeszthető a tüztérhez és a hőcserélőhöz,
- a klasszikus túlnyomásos égőkkel szemben csekély  $\text{NO}_x$  emisszió (általában 20–40 mg/kWh),
- az alacsony zajszint és
- a rendkívül kicsi tüztérmetret, ami a lakásépítésben alkalmazott kompakt, zárt égésterű, fali készülékeknek igen előnyös,
- a tüztér és az égéstermék-elvezető rendszer különböző nyomásviszonyainál is nagyon stabil égés,
- a többnyire elektronikusan szabályozott égéslevegő ventilátorok révén egyszerű a szabályozási beavatkozás lehetősége, ugyanis az égési levegő a ventilátor fordulatszáma révén a mindenkor teljesítményigényhez illeszthető.

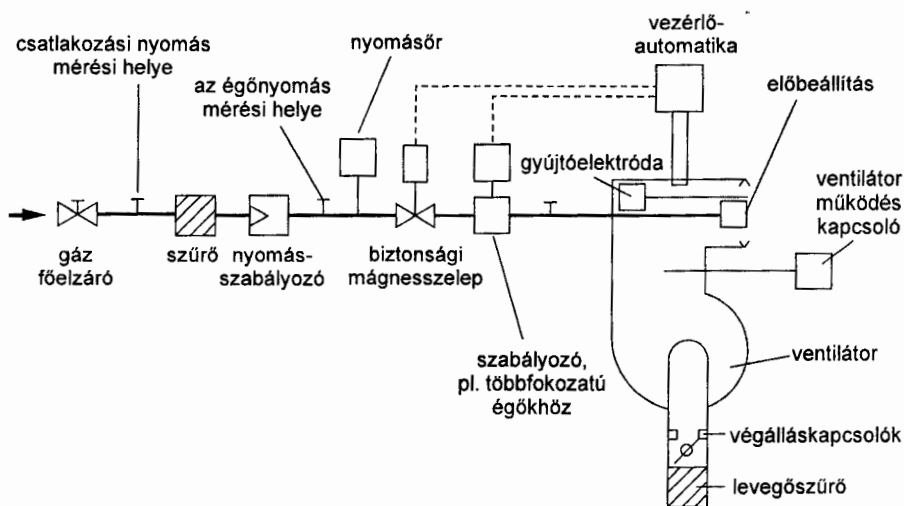


**10.10. ábra.** Teljes előkeveréses felületi égő gömbsüveg égőfelülettel (Viessmann mátrix-égő)  
a) üzemi állapot; b) szerkezeti metszet

Fentiekben túlmenően a fejlesztés további iránya és eredménye a kétlépcsős, vagy az ún. modulációs égők kialakítása. Ezekkel a kapcsolási gyakoriság csökkenthető, és a kazán pillanatnyi teljesítménye jobban illeszthető változó hőigényekhez. Ezeknél a megoldásoknál az éghető gáz és az égési levegő biztos adagolása, illetve állandó aránya rendkívül fontos.

Az első, teljesen elektronikus megoldású gáz-levegő arány szabályozók mellett kialakult a pneumatikus gáz-levegő arány szabályozók családja is.

A mesterséges levegőellátású égők tüzelőanyag-ellátó vezetékében és magában az égőben szükséges szabályozó, gyújtó- és biztonsági szerelvényeket a **10.11. ábrán** foglaltuk össze. A szerelvények kialakítását a következő pontban tárgyaljuk.



10.11. ábra. Mesterséges levegőellátású égő tüzelőanyag útja a szabályozó, gyújtó- és biztonsági szerelvényekkel [8]

## 10.2. Gázégők szerelvényei és biztonsági berendezései

A gázégők szerelvényei a következők szerint csoportosíthatók:

- az **égők üzeméhez szükséges szerelvények**, mint
  - a gyújtószerkezetek valamint
  - az égőteliesség, illetve az éghető gáz és az égési levegő térfogatáramának szabályozására szolgáló szerelvények,
- **biztonsági szerelvények**, mint
  - az égés,
  - a vízáramlás és
  - a gáznyomás meglétét ellenőrző, valamint
  - a ventilátor (ha a készülékben van) üzemét ellenőrző szerkezetek, továbbá
- **kombinált szerelvények**.

A következőkben röviden bemutatjuk néhány szerelvény jellegzetes kialakítását.

## Gyújtószerkezetek

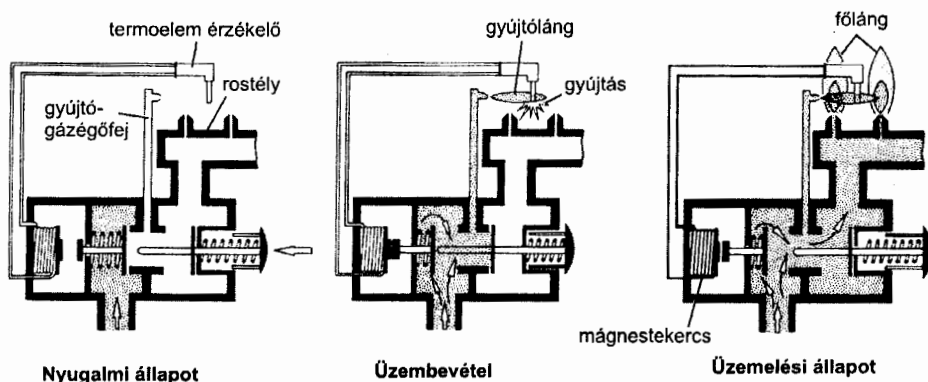
A gyújtószerkezet működhet félautomatikus elven, vagy lehet automatikus gyújtás. A fél-automatikus szerkezeteket csak az atmoszférikus égőknel használják. A megoldás lényege, hogy a főlángot egy őrláng gyújtja meg, amelyet előzőleg kézzel meggyújtottak. Az őrlángot a régebbi készülékekben gyufával gyújtották meg, ezt azonban felváltotta az úgynevezett piezoelektromos gyújtószerkezet, ahol a szikrát a szerkezet mozgatókarjával előidézett ütés hozza létre. Az őrláng alkalmazása energiapazarló, mert gázfogyasztása folyamatosan 23–30  $\ell/h$  [5].

A korszerű készülékekben a szikrát transzformátorral hozzák létre, és a szikra a készülék üzembe lépésekor rögtön a főégőt gyújtja meg, tehát nincs szükség gyújtóláng égőre.

## Az égés jelenlétét ellenőrző szerkezetek

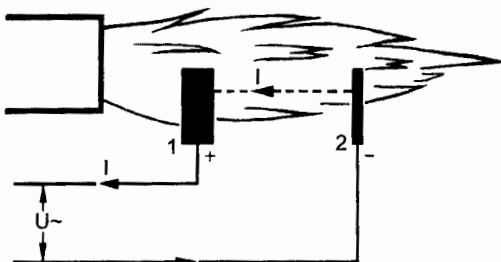
A régebbi készülékekben a gyújtóláng jelenlétének ellenőrzését bimetallos szerkezettel oldották meg. Működése azon alapult, hogy a gyújtóláng melegítette az ikerfém szalagot, amely ennek hatására behajlott és nyitotta a fő gázáram útjában lévő szelepet. Bár a megoldás kétségtelenül olcsó, hosszú holtideje nem volt kiküszöbölhető, ezért a korszerű készülékekben már nem alkalmazzák.

A ma használt megoldások termoelektromos, ionizációs és ultraibolya elven működnek. A gyújtóláng meglétét ellenőrző **termoelektromos** szerkezetek azon alapulnak, hogy két különböző anyagú fémvezeték forrasztási pontját melegítve a vezetékek másik vége között feszültségkülönbség keletkezik, amely elektromágneest működtet. A mágnes a kézzel benyomott szelepet egy rugó ellenében magához vonzza és ezzel a főgőz gázútját nyitva tartja (10.12. ábra). Ha a gyújtóláng nem ég, a főgőz nem kap gázt [4].



10.12. ábra. A termoelektromos égésbiztosítás elve [5]

Az **ionizációs elven működő** égésbiztosító szerkezetek lényege, hogy az éghető gáz és az oxigén reakciója során a molekulák atomokra, majd pozitív töltésű ionokra és negatív töltésű elektronokra esnek szét. Ha a lángba két elektródát helyezünk, és ezekre feszültséget adunk,



10.13. ábra. Az ionizációs gyújtóláng ellenőrzés elve [5]

1 – nagy felületű elektróda (pozitív); 2 – kis felületű elektróda (negatív); U – váltófeszültség;

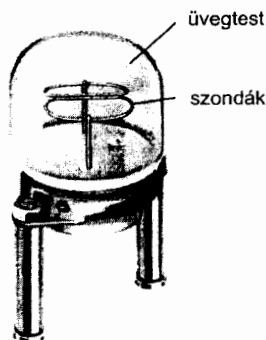
I – egyenáramú összetevővel rendelkező áram

akkor az elektródák között, a lángon keresztül áram folyik mindaddig, amíg az égés fennáll (10.13. ábra) [4], [5].

A korszerű, gyújtóláng nélkül üzemelő készülékekben a főláng őrzésére nem a láng vezető-, hanem inkább egyenirányító képességét használják ki: az elektródákra váltakozó feszültséget kapcsolva a láng egyenirányítóként működik. A kapott jeleket felerősítve „láng van” vagy „láng nincs” jellé alakítják. A gyakorlatban csak egy elektródát helyeznek a lángba, a másik elektróda az égő fém alkatrészre. Az elek-

tróda anyagának hőmérséklet- és beégésállónak kell lennie. Az elektróda oxidációja, vagy elpiszkolódása esetén a kör ellenállása megnő, a szerkezet nem jelez lángot [4].

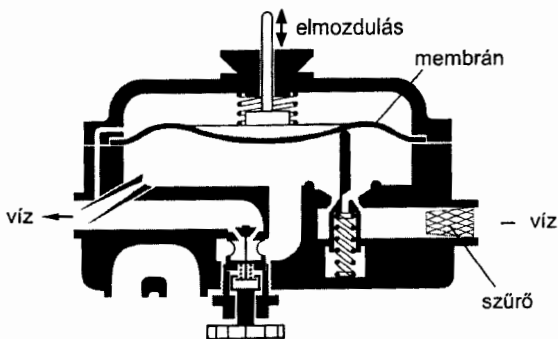
Az **ultraibolya elven működő** szerkezetek ugyancsak alkalmasak a főláng meglétének ellenőrzésére. A gáztöltetű UV-érzékelőben két elektróda kap helyet, amelyeken feszültségkülönbség van. A láng UV-sugarainak hatására a gáz vezetővé válik, áram keletkezik, amit relé segítségével folyamat kapcsolására használnak fel (10.14. ábra). A megoldást szinte kizárólag ventilátoros égőknél használják. Hátránya az elektroncső korlátozott élettartama és ára [5].



10.14. ábra. Az ultraibolya lángellenőrzés elve [5]

### A vízáramlás jelenlétét ellenőrző szerkezetek

A fali fűtőkészülékekben és gáz-vízmelegítőekben az égés indulásának feltétele a vízáramlás megléte. Ennek ellenőrzésére szolgálnak a vízáramlást ellenőrző szerkezetek, amelyek az áramlás hatására létrejött nyomáskülönbséggel nyitják a gáz útját a fő gázégő felé. A nyomáskülönbség hatására a membrán megemelkedik és a rugó ellenében a gázszelepet nyitja (10.15. ábra).

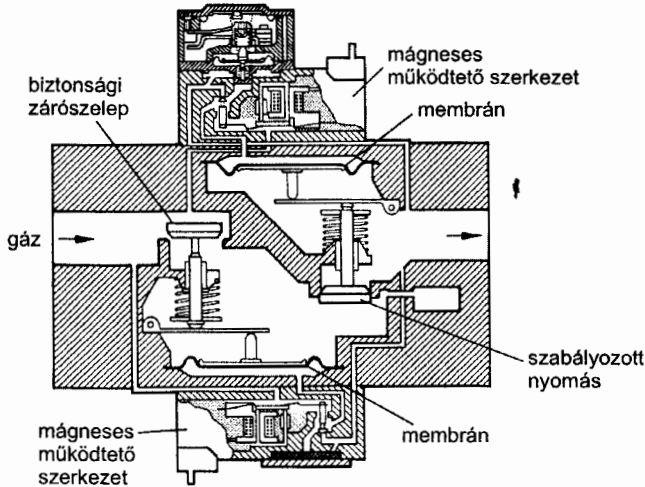


10.15. ábra. A vízáramlás jelenlétét ellenőrző szerkezet (Vailant)

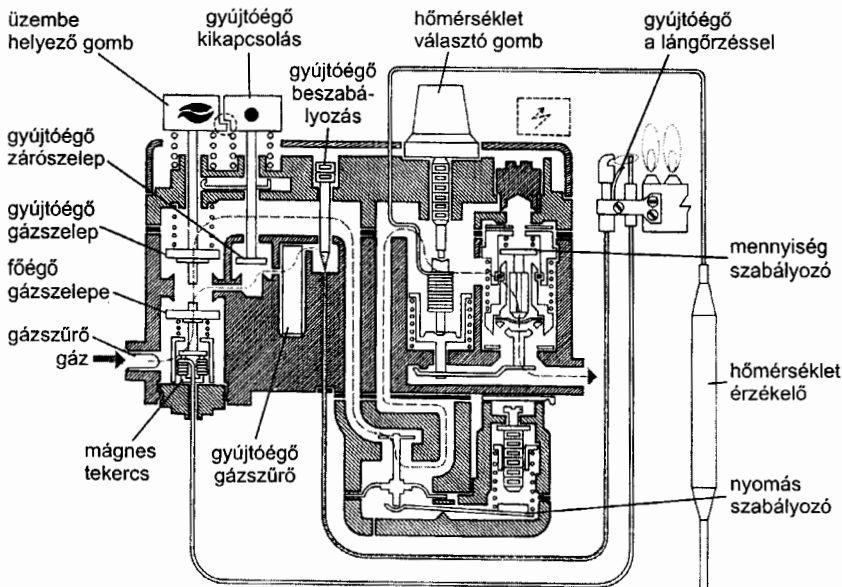


## Kombinált szerelvények

Kisebb gázkészülékekben komplett „gázarmatúráként” biztonsági és szabályozási feladatokat látnak el. Példaként a **10.16. ábrán** egy segédenergiával működő gáz kombinált szelep látható, amely fél- és teljesen automatikus gyújtószerkezettel szerelt gázégők szerelvénye. A gázáram útjában először egy vezérlő szerkezet helyezkedik el, majd a gáznyomás-szabályozó következik.



10.16. ábra. Szervovezérlésű kombinált gázszelep (Honeywell) [5]



10.17. ábra. Segédenergia nélküli kombinált gázszelep egyedi fűtőkészülékekhez [4]

A főleg egyedi fűtőkészülékekben, a hazánkban elterjedten alkalmazott gázkonvektorokban található kombinált szelep a **10.17. ábrán** látható. A szerelvény tartalmazza a termoelektromos elven működő égésbiztosítót, a hőmérsékletszabályozót, a nyomásszabályozót és a piezoelektromos gyújtószerkezetet.

A 10.15, 10.16 és 10.17. ábrával kapcsolatban megjegyezzük, hogy a vízáramlási jelenlétét és elégséges voltát biztosító szerkezetet a háztartásokban működő, hozzá nem értő fogyasztókat ellátó gázfűtőkészülékek legkényesebb, legfontosabb elemei. Ezért a gyártó cégek állandóan finomítják, javítják e megoldásokat, egyre bonyolultabb elemeket fűznek össze egymással. Könyvünkben e 3 utóbbi ábra kizárólagos célja, hogy a problémára és megoldási módzataira felhívjuk az olvasó figyelmét, a szerkezeti részleteket a vonatkozó gyártmányismertetőkből találjuk meg, illetve a gyártmányfejlesztéssel foglalkozók adhatnak részletesebb felvilágosítást.

A 10.4. és 10.11. ábrán bemutatott a természetes és a mesterséges levegőellátású égők tüzelőanyag útjában alkalmazott szabályozó, gyújtó- és biztonsági szerelvényeket. Ez a szerelvénycsoport kapcsoló relék és mikroprocesszoros vezérlőelemek együttese. Egy kapcsolási folyamat és a kapcsolási séma látható példaképpen a **10.18. ábrán**. Az égő *vezérlő programja* az ábra jelöléseivel:

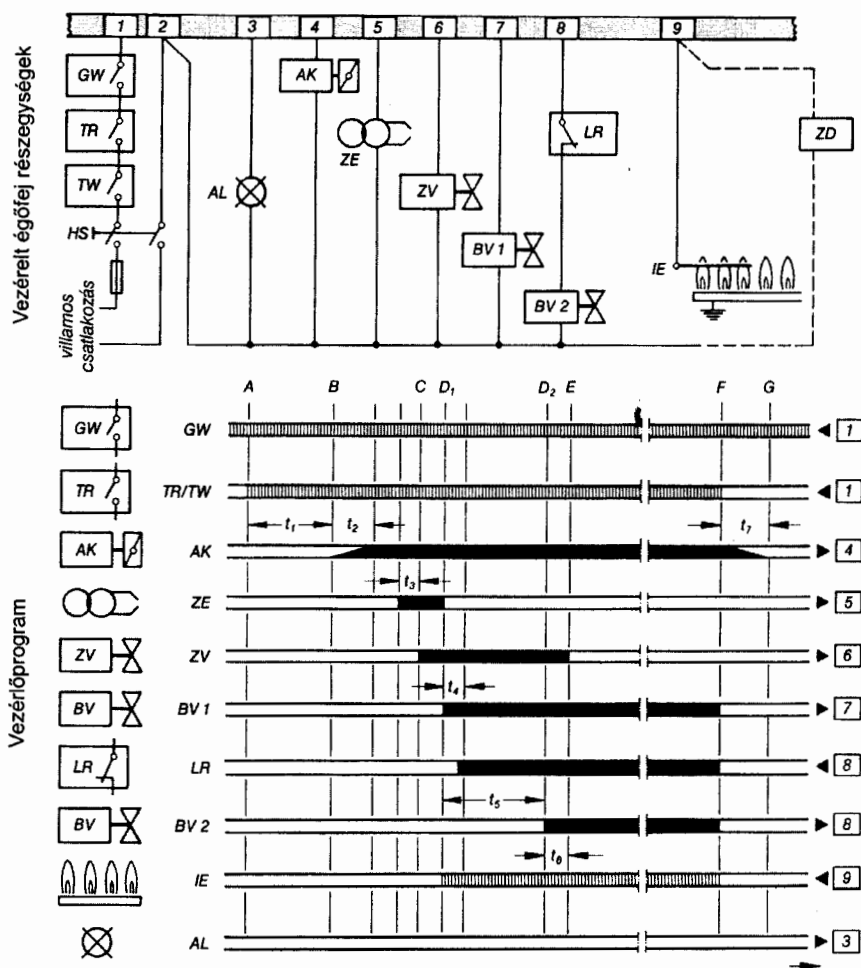
A – az üzembevétel kezdete; B – az AK jelű égéstermék-csappantyú nyitása; C – gyújtóláng képződés; D1 – főláng keletkezése, 1. égőfokozat; D2 – főláng 2. égőfokozat; E – tartós üzemi állapot; F – szabályozási lekapcsolás; G – az égéstermék-csappantyú zárása.

Az egyes lépésekhez tartozó idők:

$t_1$  – várakozási idő;  $t_2$  – az égéstermék-csappantyú nyitási ideje;  $t_3$  – előgyújtási idő;  $t_4$  – az 1. égőfokozat biztonsági ideje;  $t_5$  – az 1-ről a 2. égőfokozatra történő áttérés ideje;  $t_6$  – a 2. égőfokozat biztonsági ideje;  $t_7$  – az égéstermék-csappantyú zárási ideje

A vezérelt égő részegységek:

AK – égéstermék csappantyú; AL – riasztóberendezés; BV – az 1. és 2. égőfokozatok gáz mágnesszelepei; GW – gáznyomás őr; HS – főkapcsoló; IE – ionizációs elektróda; LR – teljesítményszabályozó; TR – hőmérsékletszabályozó; TW – hőmérséklet őr; ZD – gyújtóláng detektor; ZE – a gyújtóelektródák transzformátora; ZV – gyújtógáz szelep.



A vezérlőkészülékben használatos jelek magyarázata:

——▶ jelpálya    ▨ bemeneti- ill. visszajelző jel    ■ kimenő jel

10.18. ábra. Kétfokozatú gázégő vezérlési rendszere. Vezérelt részegységek és vezérlőprogram [5]

Ahogy már említettük, a gázkészülékek vezérlésének, szabályozásának és biztonsági szerelvényeinek kialakításakor sohasem lehet szem elől téveszteni azt a tényt, hogy a készülékek nagy hányada háztartásokban működik, szakképzett kezelőszemélyzet nélkül. A gázégők és általában a gázüzem felülvizsgálata igen lényeges. Ennek érdekében az égési levegőellátás, a gázellátás és az égéstermék elvezetés együttesének, az így kialakuló rendszer valamennyi elemének kifogástalan összhangban kell működnie.

Az esetlegesen felmerülő hiba esetén a következő kérdések vizsgálandók:

- kielégítő-e a gáznyomás?
- az egész berendezés áram alatt van-e, a biztosítékok érintetlenek-e, a kapcsolók rendben működnek-e?
- valamennyi szabályozóelem helyesen van-e beállítva?
- nincs-e az égőn felismerhető porlerakódás?
- a fűtött tér megfelelően van-e szellőztetve?

Ezek után sorrendben a gyújtóláng, majd a főégő esetleges meghibásodását kell megvizsgálni.

### 10.3. Gázégők károsanyag kibocsátásának csökkentése

Ahogy ezt az „Alapismeretek” kötet „Tüzeléstechnika” c. fejezetében láttuk, az éghető gázok égéstermékében a következő alkotók vannak:

- nitrogén, az égési levegőből,
- szén-dioxid, mint égéstermék,
- oxigén, mivel a készülékbe több égési levegő áramlik, mint amennyi az égéshez szükséges („légfelesleg”),
- jelentős mennyiségű víz, gőz formában,
- minimális mennyiségű nemesgázok az égési levegőből.

Emellett az égés során a környezetre és az egészségre káros anyagok keletkeznek, illetve jutnak a környezetbe. A károsanyagok általában három csoportba sorolhatók [8]:

- a nem tökéletes égés miatt keletkező anyagok, pl. a szén-monoxid és az el nem égett szénhidrogének;
- az tüzelőanyag szennyezőiből keletkező károsanyagok, pl. kéndioxid;
- az égési levegő nitrogéntartalmának káros reakciója során keletkező anyagok (pl. nitrogén-monoxid, nitrogén-dioxid).

Az éghető gáz mentes a szennyezőktől ezért csak az első és a harmadik csoportba sorolt károsanyagokat kell vizsgálnunk.

A nem tökéletes égés következtében károsanyag keletkezik, ha

- a láng hideg felülettel érintkezik és emiatt az oxidációs reakció megszakad,
- túl kicsi vagy túl nagy az égési levegő aránya,
- nincs megfelelő lángstabilitás,
- nem megfelelő a keveredés az égési levegővel.

A nem tökéletes égésből keletkező károsanyagok mennyisége az égő konstrukciójának változtatásával, az égéster méretének növelésével és az égőbeállítás optimalizálásával csökkenthető.

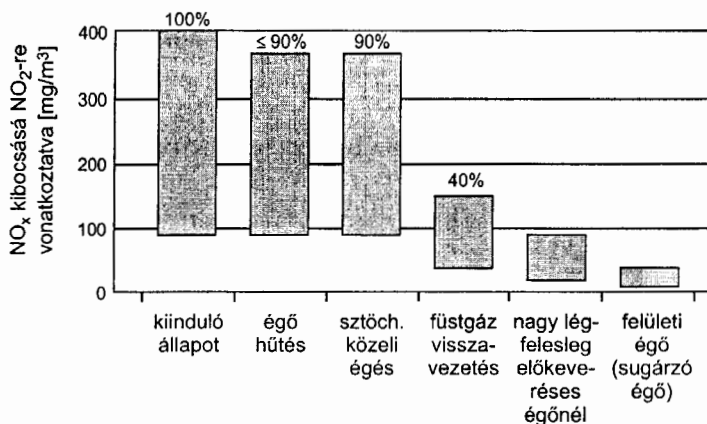
Nitrogén-oxidok az éghető gáz és az égési levegő nitrogéntartalmából képződhetnek. Keletkezésük kétféle mechanizmusra vezethető vissza:

- a termikus  $\text{NO}_x$ -képződés során kb. 1300 °C felett az oxigénatomok koncentrációja rohamosan nő, mert az oxigén disszociációja ( $\text{O}_2 \rightarrow 2 \text{O}$ ) meggyorsul. Emiatt az  $\text{NO}_x$  keletkezés hevessége nő;
- a prompt  $\text{NO}_x$ -képződés oka, hogy a levegő nitrogéntartalma reakcióba lép a lángfrontban lévő, elégetlen szénhidrogénekkel, majd a levegő oxigéntartalmával reakcióba lépve ez a közbenső termék nitrogén-oxiddá alakul.

A nitrogénoxid-képződés csökkentése a következő műszaki megoldásokkal érhető el:

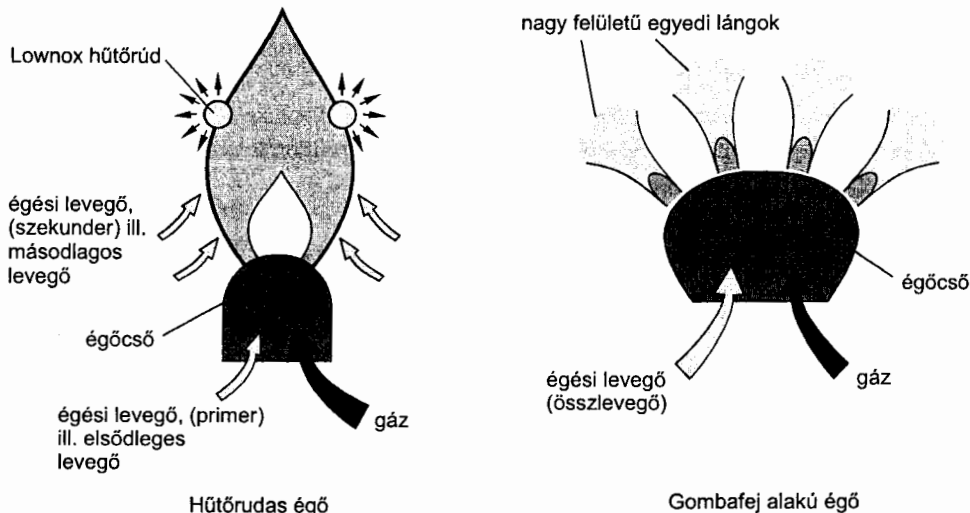
- a tüztérterhelés csökkentésével. Ez a lehetőség gazdaságossági megfontolásból általában nem használható ki;
- hőelvonás az égési zónából. A gázkészülékek nagy részénél ez a tüztér falának hűtésével megoldható, más készülékfajtáknál hűtőrudakat alkalmaznak;
- az égéstermék visszavezetésével az égő elé, vagy az égőszájhoz;
- a sztöchiometrikushoz közel álló égés létrehozásával, azaz igen kis légellátási tényező biztosításával. A megoldás hátránya a szén-monoxid képződés növekedése;
- a fokozatokba sorolt égés megvalósításával. Az első fokozatban sztöchiometrikushoz közeli égés valósul meg, sőt a bevitt levegő mennyiség kevesebb is lehet, mint a minimálisan szükséges. A második fokozatban a légellátási tényező már egynél nagyobb,
- felületi égés megvalósításával. Az  $\text{NO}_x$  kibocsátás csökkentésére való törekvés során a fejlesztők elővették Davy megfigyelését is, amely szerint platínával bevont huzalok szilárd felületén katalitikus reakció megy végbe.

Az egyes megoldások hatását az  $\text{NO}_x$  kibocsátásra a 10.19. ábra szemlélteti [12].



10.19. ábra. Az  $\text{NO}_x$ -kibocsátás csökkentésének lehetőségei és az egyes megoldások eredményessége

Példaként az  $\text{NO}_x$  kibocsátás csökkentése érdekében kifejlesztett, ún. Lownox égők elvét mutatja a **10.20. ábra**. Az ábra baloldali részén hűtőrudakkal ellátott égő látható. A jobb oldali ábrán a Lownox-plus eljárás szerint működő égők elve látható, ahol az égőcső különleges kialakítása gomba formájú láng kialakuláshoz vezet, amelynek nagyobb a felülete, ezért jobb a hőleadása a láng környezetébe.



10.20. ábra. Lownox égők [5]

### 10.3.1. A károsanyag kibocsátás rendeleti szabályozása

A készülékek károsanyag-kibocsátását rendeletekkel szabályozzák.

Németországban a *TA-Luft* „Műszaki utasítások a levegő tisztasága érdekében” ad törvényes keretet a levegőtisztaság-védelem érdekében.

A levegőszennyeződések a *TA-Luft* megfogalmazása szerint a természetes levegőösszetételt megváltoztató anyagok: a füstök, a porok, a gázok, az aeroszolok és a gőzök (a vízgőz is).

Egy adott forrásból kilépő légszennyező anyagok (emisszió) megadható:

- tömegkoncentrációval ( $\text{mg}/\text{m}^3$ );
- tömegáramukkal ( $\text{g}/\text{h}$ ) vagy
- tömegviszonyukkal ( $\text{g}/\text{t}$ ).

A *TA-Luft* utasítás három fő fejezetre oszlik:

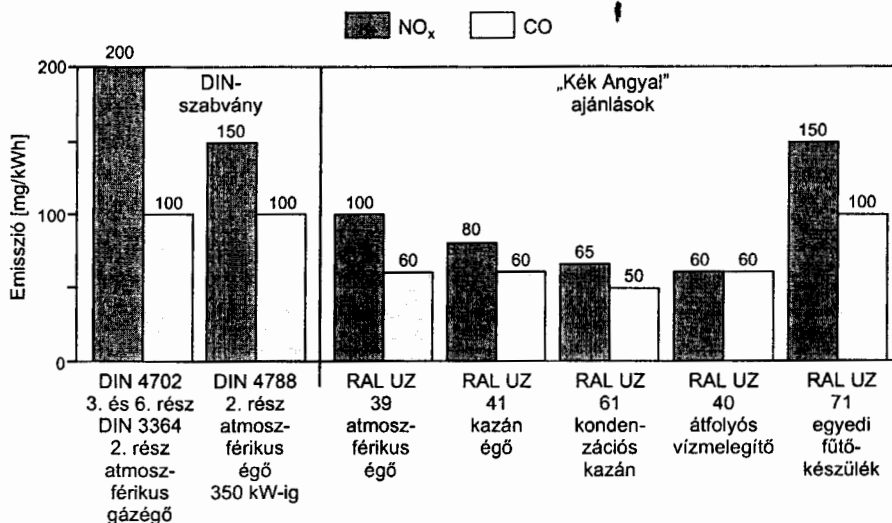
**Általános előírások** a levegőtisztaság védelme érdekében, ahol mintegy 20 por alakú szerves anyag és 100-nál több szerves anyag emissziós határértékei találhatók meg,  $\text{mg}/\text{m}^3$  mértékegységben. Veszélyesség szempontjából az előírás három osztályt különböztet meg.

A *TA-Luft* szerinti emisszió-korlátozás csak akkor lép életbe, ha bizonyos berendezés-nagyságról van szó, és így a kibocsátás egy bizonyos károsanyag-tömegáram határértéket átlép.

Az *emisszió nagyságának korlátozása* és megállapítása bizonyos berendezések esetére, így valamennyi tüzelőberendezésre is (kis kazánokra az emisszió nagyságát a DIN 4702 1. és 3. korlátozza).

*Türelmi idő megállapítása* meglévő berendezésekre a megengedett max. emisszió túllépésének a függvényében.

Ezen kívül Németországban alapul veszik a „*Kék Angyal*” szerinti követelményeket is. Néhány készülékfajtára a károsanyag-kibocsátás határértékeit a **10.21. ábra** mutatja.



10.21. ábra. A német előírások és a „*Kék Angyal*” követelmények (RAL UZ.. az ajánlás jele) [12]

Magyarországon korábban az MSZ 21854:1990 (A környezeti levegő tisztasági követelményei) írta elő a megengedhető kibocsátás-értékeket. A szabvány levegőtisztaság-védelmi szempontból besorolta a területeket, mégpedig

- Kiemelten védett
- Védett I és
- Védett II csoportba.

Az adott forrásra megengedett kibocsátás számítható, a kibocsátás magassága és a források száma alapján. Az adott forrásra megengedett kibocsátás:

$$E_n = E_f \cdot K_1 \cdot K_2$$

ahol

$E_f$  az egyes magassági kategóriákra vonatkozó kibocsátási faktor,

$K_2$  a település levegőtisztaságát figyelembe vevő terhelési index,

$K_1$  a szabványban a különböző védettségű területre megadott érték.

1995-től, a környezet védelmének általános szabályairól alkotott 1995. évi LIII. törvénnyel, majd ennek jogharmonizációs módosításával (2001. évi LV. törvény), továbbá a kapcsolódó kormány és miniszteri rendeletekkel ([26], [27], [28], [29]) a károsanyag kibocsátás megítélése új alapokra került.

Már 1998 óta létezik rendelet ([28]) az 50 MW és ennél nagyobb hőteljesítményű tüzelőberendezések légszennyező anyagainak kibocsátási határértékeiről, amely például a gáz halmazállapotú tüzelőanyaggal üzemeltetett tüzelőberendezések technológiai kibocsátási határértékeire a következőket adja meg:

Szennyezőanyag	Kibocsátási határérték, [mg/m <sup>3</sup> ]
Szilárd anyag	5
Szén-monoxid	100
Nitrogén-oxidok (NO <sub>2</sub> -ben kifejezve)	350
Kén-dioxid és kén-trioxid földgáztüzelés esetén (SO <sub>2</sub> -ben kifejezve)	35

A 140 kW és 50 MW közé eső hőteljesítmény-tartományra vonatkozó környezetvédelmi miniszteri rendelet a könyv nyomdába adása idején még nem jelent meg, ugyancsak előkészületben van a 140 kW-nál kisebb hőteljesítményű készülékekre vonatkozó rendelet is.



**Irodalom**

- [1] Barótfi, I. (szerk.):  
*Környezettechnika kézikönyv*  
Környezettechnika Szolgáltató Kft. Gödöllő, 1990.
- [2] Barótfi, I. (szerk.):  
*Energiafelhasználói kézikönyv*  
Környezettechnika Szolgáltató Kft. Gödöllő, 1993.
- [3] Battai, T. – Bíró, P.:  
*Háztartási gázkészülékek katalógusa*  
Népszava Lap- és Könyvkiadó – Fővárosi Gázművek, Budapest, 1986.
- [4] Battai, T. – Simon, K.:  
*Háztartási gázkészülékek hibaelhárítása*  
Fővárosi Gázművek, Budapest, 1986.
- [5] BUDERUS  
*Handbuch für Heizungstechnik* (33. Auflage)  
Beuth Verlag GmbH, Berlin-Wien-Zürich, 1994.
- [6] BUDERUS  
*Almanach für Heizungstechnik*  
DIN Deutsches Institut für Normung e.V.-Buderus Heiztechnik GmbH  
Beuth Verlag GmbH, Berlin-Wien-Zürich, 1994.
- [7] Büki, G.:  
*Energetika*  
Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1997.
- [8] Cerbe, G. és szerzőtársai:  
*Grundlagen der Gastechnik* (4. Auflage)  
Carl Hanser Verlag, München-Wien, 1992.
- [9] Hajtó, Ö. és szerzőtársai:  
*A Magyar Mérnöki Kamara hivatalos tervezői és szakértői névjegyzéke 2000/2001*  
Logod Bt., Budapest, 1999.
- [10] Homonnay, Gyné – Molnár, Z.:  
*Fűtéstechnika*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.
- [11] Jannemann, Th. B.:  
*A gázkondenzációs technika kézikönyve*  
Dialóg Campus Kiadó, Pécs, 1998
- [12] Joós, L.:  
*Technischer Stand der Schadstoffreduzierung bei den haushaltlichen Gasgeräten*  
Nemzetközi Gázkonferencia, Balatonszéplak, 1993. szeptember 21–23.
- [13] Korényi, J.:  
*Kazánfűtés*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1981.

- [14] Laklia, T. szerk.:  
*A Magyar Gázipar 1970 – 1998*  
MONTAN-PRESS Kft, 1999.
- [15] Lángfy, P.:  
*Magyarország gáz- és távhőenergia helyzete és az EU elvárások*  
Magyar Épületgépészet, L. évf. (2001) 2001/5. szám, p. 7–10.
- [16] Müller, H. és szerzőtársai:  
*Rationelle Energiewendungen*  
Eurosolar e.V., Bonn, 1997.
- [17] Recknagel, H. – Sprenger, E. – Schramek E. R.:  
*Fűtés- és Klimatechnika 2000*  
Dialóg Campus Kiadó, Budapest-Pécs, 2000.
- [18] Schramek, E. R. (Recknagel-Sprenger):  
*Taschenbuch für Heizung+Klimatechnik 2000* (69. Auflage)  
R. Oldenbourg Verlag, München-Wien, 1999.
- [19] Turner, C. W.:  
*Energy Management Handbook*  
The Fairmont Press, Inc. Lieburn, USA, 1993.
- [20] *Tervezés és szerelés. Fűtés, szabályozás melegvízellátás.* Gyakorlati kézikönyv  
Vaillant kiadvány, Budapest, 1995.
- [21] Vida, M. főszerk.:  
*Gáztechnikai kézikönyv*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1991.
- [22] Viessmann, H.:  
*Heizungshandbuch*  
Gentner Verlag, Stuttgart, 1987.
- [23] Zöld, A. szerk.:  
*Épületgépészet 2000. Alapismeretek*  
Épületgépészet Kiadó, Budapest, 2000.
- [24] 1995. évi LIII. törvény a környezet védelmének általános szabályairól
- [25] 2001. évi LV. törvény egyes törvények környezetvédelmi célú jogharmonizációs módosításáról, benne az 1995. évi LIII. törvény módosítása
- [26] 21/2001. (II. 14.) Kormányrendelet a levegő védelmével kapcsolatos egyes szabályokról
- [27] 120/2001. (VI. 30.) Kormányrendelet a levegő védelmével kapcsolatos egyes szabályokról szóló 21/2001. (II. 14.) Kormányrendelet módosításáról
- [28] 22/1998. (VI. 26.) KTM rendelet az 50 MW<sub>th</sub> és az ennél nagyobb hőteljesítményű tüzelőberendezések légszennyező anyagainak kibocsátási határértékeiről
- [29] 14/2001. (V. 9.) KÖM-EÜM-FVM együttes rendelet a légszennyezettségi határértékekről, a helyhez kötött légszennyező pontforrások kibocsátási határértékeiről
- [30] *Vizsgálógázok. Vizsgálónyomások. Készülékkategóriák.*  
Magyar Szabvány, MSZ EN 437

## 11. Gázellátás

Az előző fejezetben már kifejtettük, hogy a gáz, mint energiahordozó nagy jelentőséget kapott hazánk energiaellátásában, ezért a hazai oktatási gyakorlatban is önálló tárgyként jelenik meg az épületgépészeti területen. Közmű jellegénél fogva oktatását gyakran a vízellátó és a vízelvezető közművek mellé sorolták, kötetünkben azért kapott mégis helyet, mert fel fogásunk szerint az épületgépészeti területet illetően inkább a hőellátáshoz, az energetikai kérdésekhez kapcsolódik. A témakör feldolgozásánál azt is figyelembe vettük, hogy az épületgépész mérnökök tervezési jogosultsága ma az elosztóvezetésekre való rákötésig terjed, tehát nem foglalkoznak az elosztóvezetésektől a gáztermelésig terjedő rendszer-részekkel.

A következőkben bemutatott ismeretek emiatt „az épületek gázellátása” területet fedik. Az anyag ilyen szűkítésének megítélésénél figyelembe kell persze vennünk azt is, hogy az egyedi gázkészülékek, a gáz energiahordozóval üzemelő gáztüzelő berendezések, továbbá a gázkészülékek égéstermék elvezetése kérdését kötetünk más fejezeteiben tárgyaljuk.

Fentiek miatt a következőkben a teljes gázellátó rendszerről csak rövid áttekintést adunk, a teljesség kedvéért. Bővebb információk a teljes gázellátó rendszert tárgyaló irodalomból vehetők [39].

Mielőtt azonban a gázellátó rendszer tárgyalására rátérnénk, nézzük meg, hogy milyen gázkeverékek jönnek szóba éghető gázként a lakossági és kommunális területen?

Az európai gyakorlatban három gázcsaládot és ezeken belül gázcsoportokat alakítottak ki. A hazai gyakorlatban ez a csoportosítás az 1999-ben kiadott, [50] jelű szabványban jelent meg. E szabvány a nyugat-európai megfelelő előírással harmonizálva azonban nem csak a gázok csoportosítását, hanem az egyes gázcsaládokhoz és gázcsoportokhoz tartozó vizsgálógázok jellemzőit is tartalmazza. Ugyanitt megtalálhatók továbbá a gázellátásban fontos fogalmak és a gázkészülékeknek a felhasznált gázfajta szerinti csoportjai is, ezért e szabványra a későbbiekben még többször hivatkozunk. Ezek az ismeretek némileg módosítják az „Alapismeretek” kötet „Tüzeléstechika” c. fejezetében közöltek, ahol egyébként a gázok tulajdonságairól részletesebben olvashatunk.

A gázcsaládok megkülönböztetésének lényege, hogy

- az 1. gázcsaládba tartoznak a szén lepárlásával készült, „gyártott gázok”,
- a 2. gázcsaládba tartoznak a földgázok („termelt gázok”),
- a 3. gázcsoport gázai a propán-bután alapú gázok.

A gázcsoportok és az egyes csoportokra jellemző felső Wobbe-számok a következők:

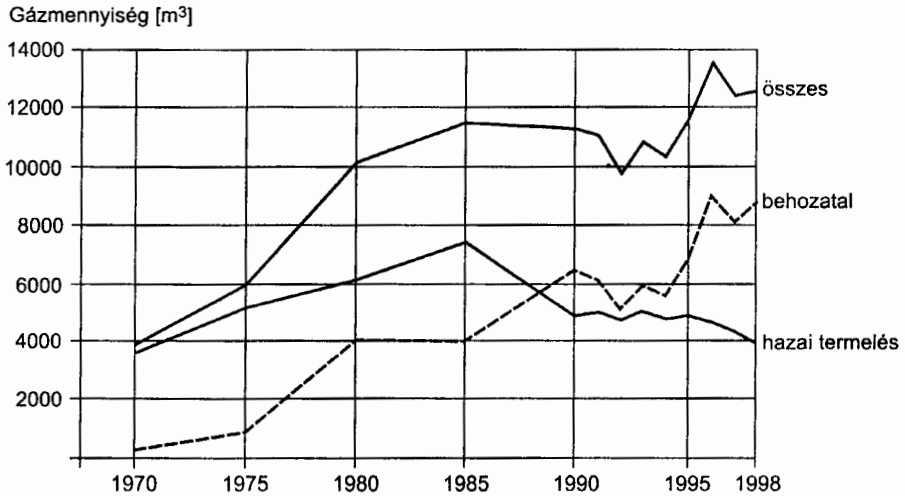
Gázcsaládok és gázcsoportok	Felső Wobbe-szám	
	15 °C-on és 1013,25 mbar nyomáson, MJ/m <sup>3</sup>	
	Legalább	Legfeljebb
<b>Első gázcsalád</b>		
A csoport	22,4	24,8
<b>Második gázcsalád</b>	39,1	54,7
H csoport	45,7	54,7
L csoport	39,1	44,8
E csoport	40,9	54,7
S csoport*		41,5
<b>Harmadik gázcsalád</b>	72,9	87,3
B/P csoport (propán és bután)	72,9	87,3
P csoport (propán)	72,9	76,8
B csoport (bután)	81,8	87,3

\* Az S csoport a hazai, nagy szén-dioxid tartalmú inert-gázokat tartalmazza. Bevezetésére azért volt szükség, mert az európai szabványban szereplő, nagy inert-tartalmú L gáz fő inert-gáz összetevője a nitrogén.

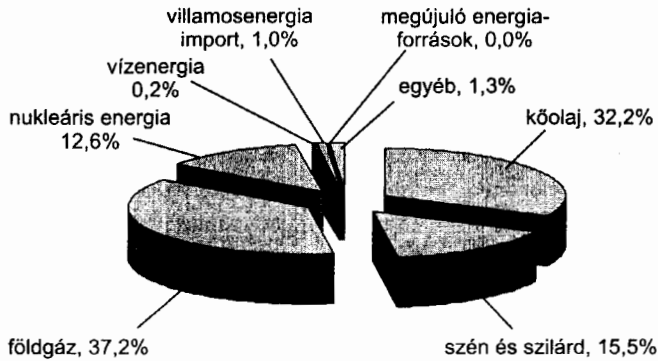
(A csoportosításnak megfelelően az éghető gázok jelölése: 2H, 2L, 3B/P, stb.)

### 11.1. A gáz energiahordozó jelentősége hazánk energiaellátásában

A földgáz szerepének növekedése 1970-ben, az akkor jóváhagyott Földgázfelhasználási Központi Fejlesztési Programmal kezdődött, amit alátámasztott az egyre növekvő mértékű földgázimport is. A **11.1. ábrán** [22] adatait felhasználva bemutatjuk a rendelkezésre álló források nagyságát, ami részben a hazai termelésből és a behozatalból adódik. Az ábrából jól látható a források igen dinamikus növekedése 1985-ig, majd a gazdasági helyzet okozta stagnálás és 1994-et követően az újabb növekedés. Megjegyezzük, hogy 1990-ig az évtized közepének és végének adatai szerepelnek a diagramban, és a két időpont közötti ingadozás nem látható, 1990-től viszont az éves gázmennyiségeket tüntettük fel. A diagramból kitűnik, hogy a földgáz import az 1980-as évek vége felé meghaladta a hazai termelést, ma pedig már csak a rendelkezésre álló földgáz mennyiség mintegy harmada származik hazai forrásokból.



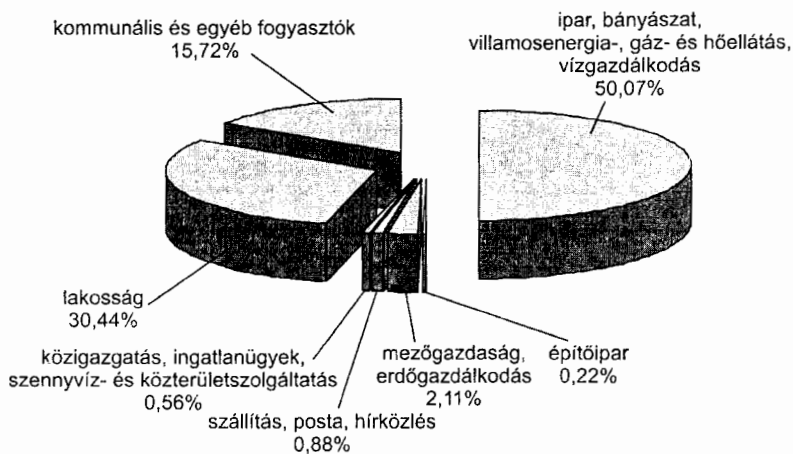
11.1. ábra. A földgáz-ellátás forrás oldalának növekedése 1970 és 1998 között



11.2. ábra. Hazánk primer energiafelhasználása 1999-ben

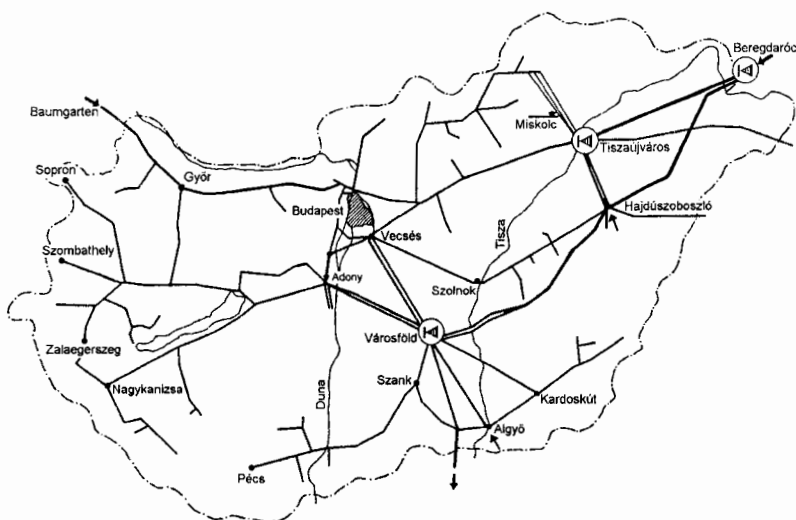
Az ábrán látható éves földgáz mennyiség jelentős súlyt képvisel hazánk energiaellátásában: 1999-ben 37,2%-kal a legjelentősebb energiahordozó volt (lásd a 11.2. ábrát). Ez az Európai Unió országait tekintve elég magas érték, hiszen itt az átlag 22%, és csak Hollandiában nagyobb a földgáz-felhasználás aránya, mint hazánkban (ott 49,9%) [23].

A lakossági és a kommunális szektor energiaellátását illetően hazánkban a földgáz súlya az országos átlagnál nagyobb, ezt szemlélteti a 11.3. ábra, [22] 1997-es adatai alapján. Az ábrából kitűnik, hogy a két szektor az összes gázfelhasználásnak csaknem a felét, kb. 46%-át adta.



11.3. ábra. A földgázfelhasználás ágazatonként

A gázszolgáltatás az elmúlt harminc évben nemcsak mennyiségi változáson esett át. Az 1980-as évektől gyors ütemben csökkent a városi gáz felhasználása, és 1985-ben vidéken, majd 1988-ban Budapesten is megszűnt a városi gáz szolgáltatása. További minőségi változást jelentett, hogy 1996-tól megszűnt az oroszországi és ukrainai gázszállítások kizárólagossága. A Győr és Baumgarten között épített gázvezeték üzembe helyezésével megnyílt a lehetőség a nyugat-európai gázhálózatokhoz való csatlakozásra, ami a Ruhrgas és a Gaz de France földgáz szállításaiban realizálódott [22]. A hazai gázellátó hálózat áttekintő térképét a **11.4. ábrán** mutatjuk be. Itt láthatók a keleti és nyugati, valamint a hazai betáplálások, illetve a Jugoszlávia felé irányuló szállítás helye is.



11.4. ábra. A hazai gázhálózat áttekintő térképe

## 11.2. A hazai földgázellátás rendszere

### 11.2.1. Alapfogalmak

Az 1994-es gáztörvény és 1997-es módosítása [47] szerint a gázellátó rendszert a gázelosztó vezeték, a csatlakozó-vezeték és a fogyasztói berendezés együttesen alkotja.

A **gázelosztó vezeték** az a csővezeték rendszer – a hozzá tartozó nyomáscsökkentő és szabályozó berendezésekkel –, amely a gázt a gázátadó állomástól – általában közterületen – a fogyasztóközterületbe szállítja. A gázelosztó vezeték a gázátadó állomás kilépő oldalától indul és a fogyasztói főelzárónál, illetve ennek hiányában a telekhatárnál ér véget. (Itt fogyasztói főelzárón a telekhatáron vagy attól legfeljebb egy méteren belül létesített elzárószerelvényt értjük.) Tartályos gázszolgáltatás esetén a gázelosztó vezeték tartozéka a tartály is.

A **csatlakozó-vezeték** a fogyasztó telekhatárától a gázmérő főcsapjáig, vagy – gázmérő hiányában – a fogyasztói főcsapig terjedő vezeték és tartozékai.

A **fogyasztói vezeték** a gázmérőtől, vagy ennek hiányában a fogyasztói főcsaptól a gázfogyasztó készülékig terjedő vezeték.

Fontos szem előtt tartanunk a **fogyasztói berendezés** definícióját is, amely a fogyasztói vezeték és a gázfogyasztó készülék, valamint az ezek rendeltetésszerű és biztonságos használatához szükséges tartozékok összessége, beleértve az égéstermék-elvezető rendszert is.

A gázellátó rendszerben a következő **nyomásfokozatok** fordulhatnak elő:

- kisnyomás, azaz a legfeljebb 100 mbar névleges üzemi nyomás,
- középnyomás, tehát a 100 mbar értéknél nagyobb, de legfeljebb 4 bar nagyságú névleges üzemi nyomás,
- nagyközépnyomás, ami nagyobb, mint 4 bar, de legfeljebb 25 bar értékű névleges üzemi nyomást jelent,
- nagynyomás: a 25 bar névleges üzemi nyomást meghaladó nyomás [43].

### 11.2.2. A gázellátás szereplői

Jelenleg a forrásoldal egyetlen szereplője a MOL Rt., amelynek kezében van a hazai termelés és az import, a tárolás és a szállítás is. A Kőolaj- és Földgázszállítási Üzletág üzemelteti a csaknem 5 ezer km hosszúságú vezetékhálózatot, amelynek elemei: a nagynyomású csővezeték, a nyomásfokozó kompresszorállomások, a gázátadó állomások és a szükséges telemechanikai rendszer.

A MOL Rt. a gázt ipari nagyfogyasztóknak és a gázszolgáltatóknak, mint viszonteladóknak értékesíti tovább. A gázszolgáltatók részesedése ma már döntő [22]. A szolgáltatók és a nagyfogyasztók a gázátadó állomásokban végzett hiteles mérés alapján veszik át a gázt.

A piac harmadik szereplőjét az ipari és a lakossági fogyasztók alkotják.

A földgázpiac az elkövetkező időszakban jelentős változáson megy majd át, hiszen az Európai Unió előírásai szerint a piacot liberalizálni kell. Ez azt jelenti, hogy jelenleg a 25 millió m<sup>3</sup>/év értéknél nagyobb fogyasztású felhasználóknak ún. feljogosított fogyasztók-

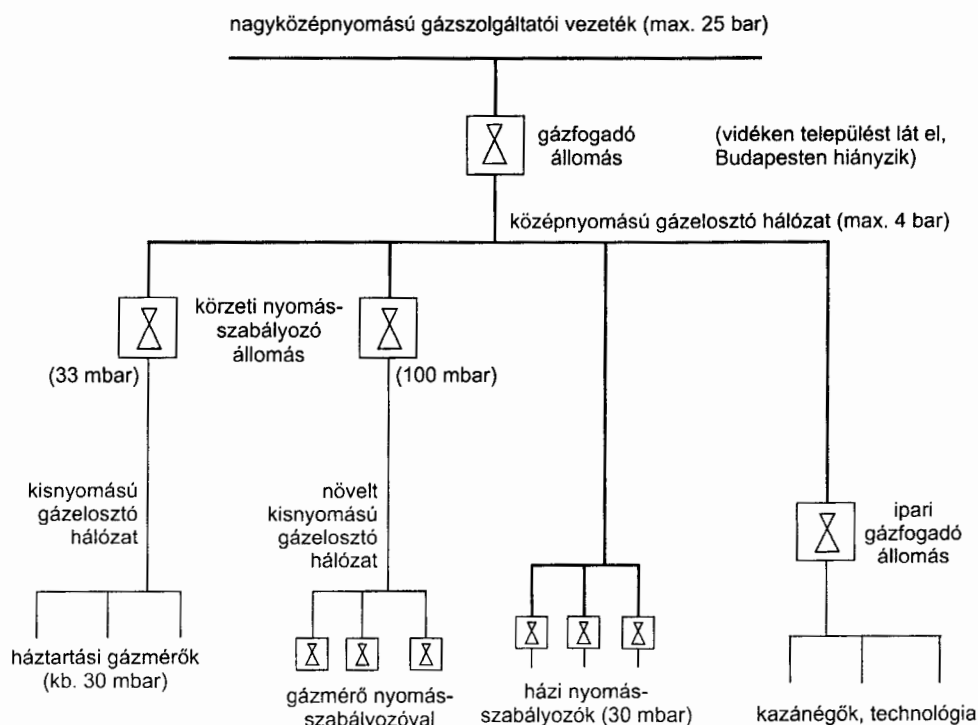
nek kell lenniük, akik a piacon maguk választhatják meg, honnan vásárolják a gázt. Az EU előírásai szerint 2008-ig kívánatos lenne elérni azt, hogy már az 5 millió m<sup>3</sup>/év fogyasztású felhasználók piaca is nyitott legyen. Ennek érdekében a kézirat nyomdába adása idején folyik az új gáztörvény és a hazai földgázpiac modelljének a kidolgozása.

A földgázpiac szereplői távlatban a következők lesznek:

- termelők,
- szállítók (a nagynyomású vezetékhalózat tulajdonosai),
- tárolók (a gáztároló kapacitással rendelkező társaságok),
- kereskedők és szolgáltatók,
- fogyasztók (lakossági, ipari, kommunális és egyéb) [23].

### 11.2.3. A gázellátó rendszer felépítése

A MOL Rt. kezelésében lévő nagynyomású országos gerincvezeték hálózattal a következőkben nem foglalkozunk, csak az áttadó állomásoktól a fogyasztókig terjedő hálózat-résszel, amely a 11.5. ábrán látható. A háztartási és ipari fogyasztók a gázszolgáltató vállalatok kezelésében lévő nagyközépnomású hálózatról a közterületen elhelyezett gázfogadó állomásokon keresztül kapják a gázt.



11.5. ábra. A lakossági, kommunális és ipari gázfogyasztók csatlakozása a szolgáltatói hálózatra



A lakossági és kommunális jellegű fogyasztók szempontjából irányadó, hogy az [43] szabványsorozat 2. része szerint „...lakó- és kommunális épületben csak kisnyomású gázvezeték lehet”. Emellett általános követelményként a szabvány táblázatosan megadja azokat a csatlakozási nyomásértékeket, amelyeket a tervezett egyidejű fogyasztás mellett, állandósult, üzemszerű állapotban biztosítani kell (11.1. táblázat).

A csatlakozási nyomások méretezési értékei

11.1. táblázat

Gázfajta	Névleges csatlakozási nyomás [mbar]	Csatlakozási nyomás [mbar]			
		Készülék-nyomásszabályozó nélkül		Készülék-nyomásszabályozóval	
		legalább	legfeljebb	legalább	legfeljebb
Városi gáz	8,5	8	13,2	8,5	50
Földgáz	25	23	33	25	100
	85	73	100	75	100
Pébgáz	30	28	35	30	100

(A definíció szerint a csatlakozási nyomás: a gáz nyomása a gázfogyasztó berendezéshez tartozó szerelvények előtt. A névleges csatlakozási nyomás az a csatlakozási nyomás, amelyre a gázfogyasztó berendezés tüzeléstechnikai jellemzői vonatkoznak.)

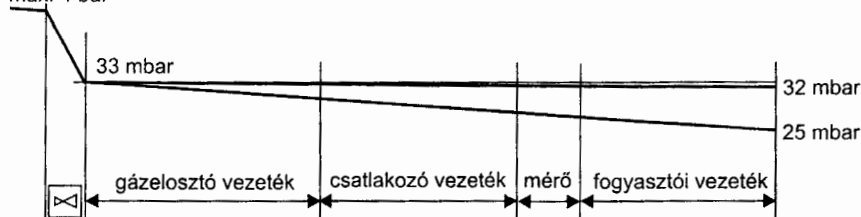
A gázelosztó hálózatra a fogyasztók többféleképpen is csatlakozhatnak:

- a fővárosban és a nagyvárosokban kialakult **kisnyomású gázelosztás** szerint a körzeti nyomásszabályozó állomásokon a gáz nyomását 33 mbar értékre csökkentik. A gázkészülék előtt a névleges csatlakozási nyomás 25 mbar [24];
- a **növelt kisnyomású gázelosztás** esetében a körzeti nyomásszabályozó állomáson a nyomást 100 mbar értékre csökkentik. A készülékek előtt lévő nyomásszabályozó névleges csatlakozási nyomása 85 mbar, de valamennyi készülék egyidejű üzemeltetésekor a legkedvezőtlenebb helyzetű készüléknél is legalább 73 mbar. A megoldás előnye, hogy így az elosztóvezeték nyomásvesztésének legyőzésére 27 mbar használható fel, ami a hagyományos gázellátásnál rendelkezésre álló nyomáskülönbség több mint háromszorosa. A gázmérőnél állandó nyomáskorrekció szükséges (ld. később);
- a gázzal ellátott települések számának rohamos bővülésével a **középnomású gázelosztás** vált egyeduralkodóvá, mert az elosztás költségei kisebbek. Ekkor az átadó állomáson a gáz nyomását középnomásra csökkentik és a telekhatáron vagy azon belül elhelyezett házi nyomásszabályozónál csökken kisnyomásra, általában 30 mbar értékre.

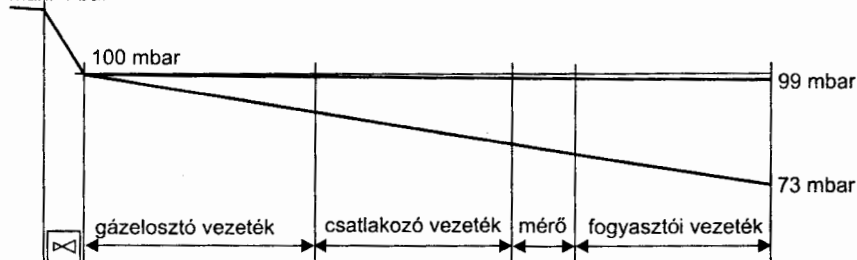
A felsorolt megoldások a 11.6. ábrán is követhetők.

Megemlítjük, hogy a 2H gázkategóriában az Európában szokásos névleges csatlakozási nyomásérték 20 mbar, a vizsgálógázok nyomása pedig 17 és 25 mbar közötti lehet. A hazai szakemberek vizsgálják a 20 mbar csatlakozási nyomásra való áttérés lehetőségét, ezért e kérdésben változás várható [49].

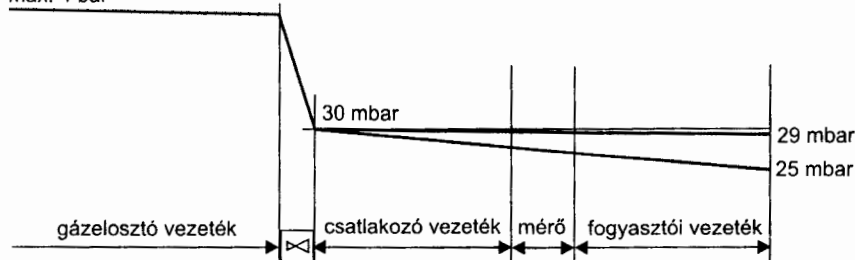
„Hagyományos” gázellátás körzeti nyomásszabályozó állomással  
max. 4 bar



Növelt kisnyomású gázellátás házi nyomásszabályozó állomással  
max. 4 bar



Kisnyomású gázellátás házi nyomásszabályozó állomással  
max. 4 bar



11.6. ábra. A kis- és középnyomású gázelosztás jellemző nyomásértékei

### 11.3. A mértékadó gázfogyasztás

Települések vagy régiók gázfogyasztása pillanatnyi, órai, napi, heti és szezonális ingadozást mutat. A gázszolgáltató szempontjából a hosszabb időtartamú fogyasztás időbeli ingadozásának és átlagértékének ismerete a fontos, részben a gáztárolás tervezése, részben a fogadó-átadó állomások kialakítása miatt. A következőkben ezt a kérdést nem vizsgáljuk, hiszen ennek az épületgépész szakember szempontjából nincs jelentősége. Lényeges viszont az épületek, esetleg kisebb épületcsoportok mértékadó gázfogyasztásának ismerete, hiszen a csatlakozóvezeték méretezéséhez, vagy a nyomásszabályozó illetve a gázmérő kiválasztásához szükség van erre az adatra.

### 11.3.1. A gázfogyasztást befolyásoló tényezők

A mértékadó gázfogyasztás szempontjából a rövid időtartamú fogyasztási csúcsoknak van jelentősége. Meghatározásához ki kell jelölni azt az időszakot is, amelyben a mértékadó csúcsfogyasztás fellép.

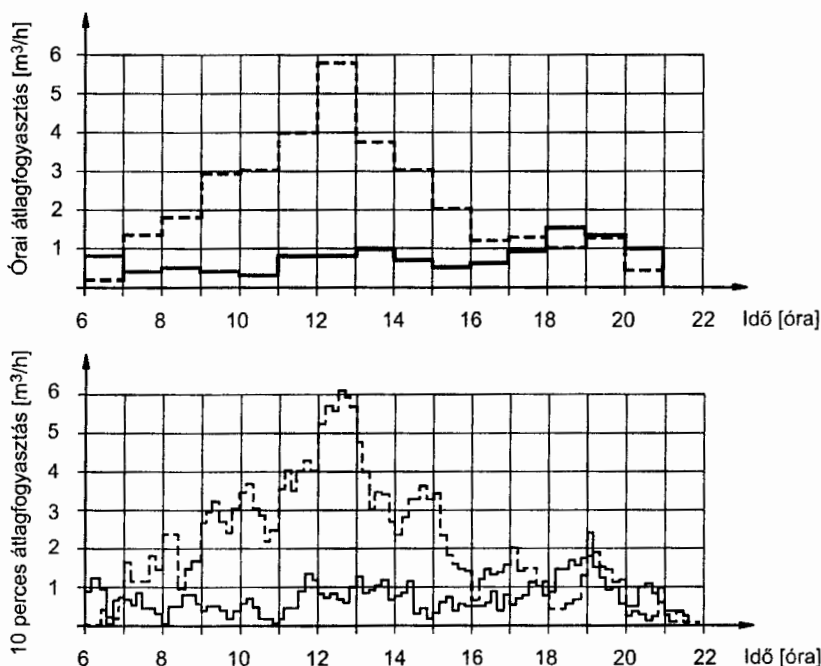
A gázfelhasználás ingadozását elsősorban a **fogyasztói szokások** idézik elő, a fűtési gázfogyasztás nagyságát azonban erősen befolyásolja a **külső hőmérséklet** is. Mivel a fogyasztói szokások a gazdasági körülmények és egyéb, az életvitelt befolyásoló tényezők függvényei, a mértékadó gázfogyasztás is időről-időre változhat.

Nézzük meg először, hogy a hét mely időszakában lép fel a legnagyobb fogyasztás? Ennek meghatározására az elmúlt 40 évben hazánkban több mérést is végeztek.

Egy 1987-88-as mérésorozat eredményei azt mutatták [1], [2], hogy a korábbi időszakokhoz képest az általánossá vált szabad szombat jelentősen befolyásolta a nem fűtési fogyasztók esetében a hétköznap esti és a hétvégi csúcsfogyasztások nagyságát és időbeni megjelenését. A mérések szerint ugyanis a korábban mért fogyasztási csúcsokkal szemben a legnagyobb fogyasztás szombat délelőtt jelentkezett, és a csúcs nagysága lényegesen meghaladta a hétköznapi fogyasztási értékeket, de a vasárnap délelőtti csúcsokat is. Szemléltetésül a **11.7. ábra** felső része az órai gázfogyasztás alakulását mutatja egy, csak konyhai

Folyamatos vonal: 1987. január 26. hétfő, a napi külső átlaghőmérséklet:  $-0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$

Szaggatott vonal: 1987. január 31. szombat, a napi külső átlaghőmérséklet:  $-13,2\text{ }^{\circ}\text{C}$



11.7 ábra. Az órai gázfogyasztás alakulása (felül) és a 10 perces gázfogyasztás alakulása (alul) egy 65 lakásos épületben, konyhai fogyasztók esetén

fogyasztókkal üzemelő 65 lakásos épület, illetve egy hétköznapi és egy hétvégi nap esetében. Látható, hogy míg hét közben – a várakozásoknak megfelelően – reggel, délben és este kisebb csúcs jelentkezik, addig hét végén a délelőtti csúcs a meghatározó, amelynek nagysága is többszöröse a hétköznapi csúcsoknak.

A mérések eredményeiből kitűnt az is, hogy a vezetékmeretezéshez felhasznált mértékadó gázigény meghatározásához a hétvégi fogyasztási időszakokban megjelenő, az **óránál rövidebb időtartamú** csúcsgazsztatások értékét kell alapul venni. [1]-ben azt a javaslatot rögzítették, hogy a 10 perces csúcsok figyelembe vétele javasolt, mert ezek egyes esetekben akár 50...100%-kal is nagyobbak lehetnek az órai csúcsoknál, ami jelentős eltérés a korábbi vizsgálatok eredményeihez képest. Tekintettel a gázhálózat tárolóképeségére, ennél rövidebb csúcsok vizsgálatára nincs szükség. A 11.7. ábra alsó része a már említett épületre a 10 perces átlagfogyasztások alakulását szemlélteti.

Eszerint tehát a hétvégi gázfogyasztás tekinthető mértékadónak. A további kérdés, hogy a külső hőmérséklet változása miként hat a fűtési gázfogyasztók mértékadó gázfelhasználására?

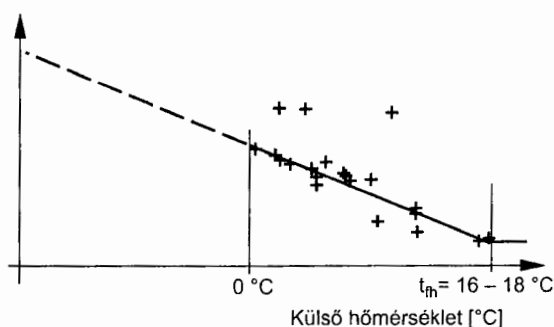
Általánosan ismert, hogy a külső hőmérséklet emelkedésével a gázfogyasztás csökken. A már említett 1987–88-as mérések erre a kérdésre is választ adtak. A mérésbe bevont, egyedi fűtőkészülékeket és konyhai gázkészülékeket üzemeltető fogyasztócsoporthoz esetében az eredmények a 11.8. ábra szerinti kapcsolatot adták. A regressziós egyenes azt mutatja, hogy a külső hőmérséklet emelkedésével a gázfogyasztás kb. 16–18 °C-os napi átlaghőmérsékletig közel lineárisan csökken, ettől kezdve a gázfogyasztás a külső hőmérséklettől független. A gázfűtési határhőmérséklet tehát némileg nagyobb, mint a gyakorlatban elfogadott 12 °C-os fűtési határhőmérséklet.

A [39] jelű irodalomban a külső hőmérséklet ( $t_i$ ) és a gázfogyasztás ( $\dot{V}_i$ ) kapcsolatára a

$$\dot{V}_i = \dot{V}_0 + C(t_{fh} - t_i) \quad (11.1.)$$

összefüggést találjuk, ahol  $\dot{V}_0$  a hőmérséklettől független gázfelhasználás,  $t_{fh}$  a fűtési határhőmérséklet,  $C$  a fogyasztóhelyre jellemző szorzótényező.

Tíz perces átlagfogyasztás [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]



11.8. ábra. A fűtési gázfogyasztás hőmérsékletfüggése mért adatok szerint

Az 1987-88-as mérésekből, a vizsgált három fogyasztócsoporthoz vizsgálata alapján a kutatók azt a tapasztalatot szűrték le, hogy a rövid időtartamú – 10 perces csúcspontfogyasztás – és a külső hőmérséklet kapcsolata a

$$\frac{\dot{V}_{10 \text{ perc}}}{\sum \dot{Q}} = 0,0206 - 0,00074 \cdot t_{\text{köz}} \quad [\text{m}^3/\text{h}, \text{kW}] \quad (11.2.)$$

összefüggés szerinti [1], [2], [3]. Az összefüggésben  $t_{\text{köz}}$  a pillanatnyi külső hőmérséklet.

### 11.3.2. A mértékadó gázfogyasztás meghatározása

Épületek és épületcsoportok mértékadó gázfogyasztásának meghatározására kétféle módszer használható. A módszerek egyik csoportja az „egyidejű fogyasztás” elvén alapul. Elve az, hogy az adott fogyasztócsoporthoz tartozó gázkészülékek nem egyszerre és teljes terheléssel üzemelnek, hanem a fogyasztói szokások és a külső hőmérséklet szerint befolyásolt mértékben. Ezt fejezi ki az egyidejűségi tényező, amellyel a beépített gázkészülékek együttes hőterhelését megszorozva kapjuk a mértékadó gázfogyasztást. E módszer determinisztikus jellegű és nem veszi figyelembe a gázfogyasztási folyamat sztochasztikus jellegét.

A módszerek másik csoportja a mértékadó gázfogyasztást mérési adatokra támaszkodva, a valószínűségszámítás eszközeit felhasználva, választott kockázattal adja meg. Ez a módszer más, a fogyasztói szokások szerint sztochasztikus folyamatokban is alkalmazott, és elfogadott (pl. a használati vízfogyasztás esetében [3], [15]).

A hazai gyakorlatban a konyhai és konyhai + fürdőszobai fogyasztók esetében az **egyidejűségi tényező bevezetésén alapuló módszer** honosodott meg, ennek leírása és alkalmazási feltételei megtalálhatók a [11], [28] jelű irodalmakban. A módszer lényege, hogy a beépített készülékek összes névleges gázterhelését a felvett egyidejűségi tényezővel megszorozva a vizsgált fogyasztócsoporthoz méretezési gázterhelése:

$$\dot{V}_g = e \cdot \sum_{i=1}^n \dot{V}_{Ni} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (11.3.)$$

ahol

$\dot{V}_g$  a konyhai vagy konyhai + fürdőszobai fogyasztók méretezési gázterhelése,  $[\text{m}^3/\text{h}]$

$e$  egyidejűségi tényező,

$n$  a vizsgált vezetékszakaszra kapcsolódó gázkészülékek száma,

$\dot{V}_{Ni}$  az  $i$ -edik gázfogyasztó készülék névleges gázterhelése  $[\text{m}^3/\text{h}]$ .

A készülék névleges gázterhelése a készülék névleges hőterheléséből határozható meg, ha azt a gáz fűtőértékével elosztjuk (hőterhelés alatt [49] szerint az időegység alatt felhasznált energiamennyiséget értjük kW mértékegységben, névleges értéke pedig a gyártó által névlegesnek megadott hőterhelés).

Az egyidejűségi tényező meghatározására a szakirodalom [11], [39] a következő módszert adja

- konyhai fogyasztók esetén:

$$e = \frac{0,9}{\sqrt[4]{n}} \quad (11.4.)$$

ahol  $n$  a fogyasztók száma.

Az összefüggés segítségével számítva 1–20 lakásig az egyidejűségi tényező a következők szerint alakul (természetesen az összefüggés segítségével nagyobb fogyasztószámra is számítható):

$n, db$	$e$	$n, db$	$e$
1	1,000	11	0,494
2	0,757	12	0,484
3	0,684	13	0,474
4	0,636	14	0,465
5	0,602	15	0,457
6	0,575	16	0,450
7	0,553	17	0,443
8	0,535	18	0,437
9	0,520	19	0,431
10	0,506	20	0,426

- konyhai + fürdőszobai fogyasztókra 20 lakásig az egyidejűségi tényező a következő táblázatból vehető:

$n, db$	$e$	$n, db$	$e$
1	1,000	11	0,191
2	0,747	12	0,178
3	0,540	13	0,167
4	0,429	14	0,157
5	0,351	15	0,149
6	0,310	16	0,142
7	0,274	17	0,135
8	0,246	18	0,129
9	0,229	19	0,123
10	0,206	20	0,118

20 lakás felett a konyhai összefüggés használható, de a fürdőszobai fogyasztókat figyelmen kívül hagyva.

Fűtési fogyasztókra a hivatkozott szakirodalmak az előzőektől eltérő elven alapuló számítási módszert javasolnak. Eszerint földgázzal ellátott lakásokban a mértékadó órai fűtési gázfogyasztás:

$$\dot{V}_f = 0,25 \cdot Q^{0,73} \cdot S \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (11.5.)$$

ahol

$\dot{Q}$  a beépített hőteljesítmény [kW],

$S$  a szobaszám/lakásszám hányadostól függő, egynél kisebb szorzótényező, amelynek értéke táblázatosan adott. 15 lakásszám felett értéke 1.

Az egyes készülékcsoportokra – azaz konyhai, konyhai + fürdőszobai és fűtési fogyasztókat is tekintve) kapott gázfogyasztásból a teljes fogyasztócsoportot ellátó gázvezeték – pl. a bekötővezeték – mértékadó órai terhelése:

$$\dot{V}_m = \dot{V}_g + \dot{V}_f \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (11.6.)$$

A fenti módszerek hibája az, hogy nem adnak semmiféle információt a kapott eredményhez tartozó kockázat mértékéről. Emellett azt is figyelembe kell venni, hogy az évtizedekkel ezelőtt kidolgozott és azóta változatlan formában alkalmazott összefüggések érvényességét a megváltozott életvitel, a gazdasági környezet hatására módosult fogyasztói szokások is megkérdőjelezi. Vélhetően a gázvezetékek méretezése során meghatározatlan mértékű túltervezésre kerül sor, aminek gazdasági kihatása van: nagyobb vezeték méret szükséges, illetve a vizsgált vezetékszakaszba tervezett berendezések, szerelvények mérete is nagyobb a kívánatosnál. Emiatt a bemutatott méretezési összefüggések felülvizsgálata, illetve korszerű, a valószínűségelmélet eszközeit alkalmazó méretezési módszerek kidolgozása látszik szükségesnek, valamint a módszerek elterjesztése a gyakorlatban.

A mértékadó gázfogyasztás nagyságának **valószínűségelméleti eszközökkel** való meghatározásakor abból indulunk ki, hogy a gázfogyasztás valószínűségi változó, amelynek eloszlását az idő függvényében a

$$P[V(\tau)] \text{ és } P[\dot{V}(\tau)] \quad (11.7.)$$

valószínűségi függvények írják le, ahol  $V(\tau)$  a  $\tau$  idő alatt várható fogyasztást,  $\dot{V}(\tau)$  pedig a  $\tau$  idő alatt jelentkező csúcspontfogyasztást jelenti. Mivel a vezetékes gázfogyasztás jelentős mértékű véletlenszerű ingadozásokat mutat, a mértékadó fogyasztás szempontjából a kérdés az, hogy mekkora az a  $\dot{V}$  fogyasztás, amelyet a fellépő, tényleges fogyasztás  $P$  valószínűséggel nem ér el? Ez a kérdésfeltevés azt is jelenti, hogy  $1 - P$  valószínűséggel a fogyasztás meghaladja a mértékadónak tekintett  $\dot{V}_m$  fogyasztást, ez a túllépés azonban csak az előre tervezett, elfogadott valószínűséggel következik be [3], [15].

Bizonyíthatóan a víz- és gázfogyasztók sokaságától nyert fogyasztásmintákra a normális eloszlás törvényszerűségei vonatkoznak. A normális eloszlást független változóként két jellemző paraméter, úgymint a várható érték ( $m$ ) és a szórás ( $\sigma$ ) határozza meg. A mérési adatok statisztikai feldolgozása után az adott kockázattal jellemzett mértékadó (csúcs-) fogyasztás-érték egy fogyasztócsoportha

$$\dot{V}(P) = m_I \cdot n + t_p \cdot \sigma_I \cdot \sqrt{n} \quad (11.8.)$$

alakban írható fel, ahol:

$m_I$  az  $n$  lakásszámra végzett mérésorozat eredményei alapján egy lakásra vetített várható érték,

$\sigma_I$  a mérések alapján meghatározott, ugyancsak egy lakásra vetített szórás,

$t_p$  az adott  $p$  valószínűséghez tartozó független változó értékek a standardizált normál eloszlás függvényében. (A vonatkozó matematikai segédtablázatokból: például ha  $p = 0,95$ , akkor  $t_p = 1,645$ , ha pedig  $p = 0,99$ , akkor  $t_p = 2,326$ .)

A valószínűségelméleti feldolgozás következtében a fogyasztói szokásokat reprezentáló mérési eredményekre támaszkodó új méretezési összefüggések mindig

$$A \cdot n + B \cdot \sqrt{n}$$

alakúak. Ennek megfelelően a [1], [2], [3], [15] jelű irodalmakban a mértékadó gázfogyasztás számítására – az 1987–88-ban végzett mérések eredményeit felhasználva – a következő összefüggések találhatók:

konyhai fogyasztókra

$$\dot{V}_m = 0,009 \cdot \sum \dot{Q} + 0,16 \cdot \sqrt{\sum \dot{Q}} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (11.9.)$$

míg konyhai + fürdőszobai fogyasztókra

$$\dot{V}_m = 0,007 \cdot \sum \dot{Q} + 0,09 \cdot \sqrt{\sum \dot{Q}} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (11.10.)$$

Az összefüggésekben

$\sum \dot{Q}$  a beépített készülékek összes hőterhelése.

Szemléltetésül két fogyasztócsoportha az 1988-as mérések eredményei alapján az egyidejűségi és a valószínűség számítási módszerekkel meghatározott mértékadó gázfogyasztást a 11.1 táblázat mutatja. A felhasznált összefüggések a (11.3)...(11.6.) és a (11.9)...(11.10.) szerintiek.



Az egyidejűségi és a valószínűségi számítási módszerekkel meghatározott mértékadó gázfogyasztás két fogyasztócsoportha [15]

11.1. táblázat

A fogyasztócsoportha jellege	Konyhai	Konyha+fürdőszoba
A beépített összes hőterhelés [kW]	574,2	1204,9
A lakások száma	65	40
A mért 3 legnagyobb órai fogyasztás [m <sup>3</sup> /h]	6,20	6,69
	5,79	6,55
	5,78	6,24
A mért 3 legnagyobb 10 perces fogyasztás [m <sup>3</sup> /h]	6,89	13,49
	6,87	11,02
	6,35	10,30
Az egyidejűségi tényezővel és 34 MJ/m <sup>3</sup> fűtőérték figyelembe vételével számított mértékadó gázfogyasztás [m <sup>3</sup> /h]	19,3	12,4
Az 1%-os kockázattal számított mértékadó		
órai gázfogyasztás [m <sup>3</sup> /h]	6,93	7,05
10 perces gázfogyasztás [m <sup>3</sup> /h]	8,76	11,8

Megjegyezzük, hogy a gyakorlatban az egyidejűségi tényezőn alapuló módszert nemcsak a fogyasztócsoporthat ellátó vezeték mértékadó térfogatáramának meghatározására használják, hanem a háztartási gázmérő (legfeljebb 10 m<sup>3</sup>/h névleges térfogatáramú mérők) kiválasztásához szükséges térfogatáram meghatározására is. Ebben az esetben a térfogatáram:

$$\dot{V}_m = \sum_{i=1}^n e_i \cdot \dot{V}_{Ni} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (11.11.)$$

ahol az előzőekben használt jelöléssel szemben

$e_i$  az egyes készülékek használati egyidejűségi tényezője, amelynek felvételét a [39] jelű irodalom a következők szerint javasolja:

Készülék	Egyidejűségi tényező
3...4 főzőhelyes gáztűzhely sütővel	0,50
2 főzőhelyes garzontűzhely és főzőlap	0,65
Vízmelegítők, falifűtők, kéménybe nem kötött kisvízmelegítők	0,40
Egyedi fűtőkészülékek (gázkonvektorok)	
1 szobás lakásban	1,00
2 szobás lakásban	0,75
3 szobás lakásban	0,63
4 szobás lakásban	0,55
5 szobás lakásban	0,48
6 szobás lakásban	0,42

## 11.4. A nyomásszabályozó állomások kialakítása

### 11.4.1. A nyomásszabályozó állomások feladata

Korábban a 11.5. ábrán láttuk, hogy a gázellátó rendszer több pontján van szükség az érkező gáz fogadására és átadására a gázellátás egy másik szereplőjének. Ezeken a helyeken a gáz nyomása is megváltozik, amelyről a nyomásszabályozó állomás gondoskodik. A nyomásszabályozó állomás feladata, hogy az érkező gáz nyomását az állomás után jelentkező igényeknek megfelelően csökkentse. Az állomás legfontosabb eleme a nyomásszabályozó-nomáscsökkentő készülék, amely biztosítja, hogy a változó bemenő oldali paraméterek ellenére a kilépő oldalon a gáz a kívánt nyomáson és térfogatárammal rendelkezésre álljon. A nyomásszabályozón kívül más, a biztonságos gázellátást szolgáló szerelvények is találhatóak itt, mint gázszűrő, biztonsági gyorszár, továbbá lefűtató-, kerülő-, nyomásmérő-regisztráló és elzáró szerelvények [7], [9], [37].

### 11.4.2. A nyomásszabályozó állomások csoportosítása

A nyomásszabályozó állomások különböző szempontok szerint csoportosíthatók.

**Rendeltetés szerint** a lakossági-kommunális gázellátásban beszélünk

- körzeti nyomásszabályozó állomásról, amelyet a gázszolgáltató üzemeltet, és feladata egy vagy több település, vagy egy városrész gázellátásának biztosítása,
- fogyasztói nyomásszabályozó állomásról, amely a fogyasztó területén és üzemeltetésében egy vagy több fogyasztó ellátást biztosítja. Tárgyalásunk szempontjából ezek közül legfontosabbak a háztartási és kommunális berendezések.

A **nyomásfokozat szerinti csoportosítás** alapja mindig az érkező gáz nyomása (a nyomásfokozatokat a 11.2.1. pontban tárgyaltuk). Eszerint megkülönböztetünk

- nagynyomású állomásokat, ahol a belépő gáz nyomása 25 bar értéknél nagyobb. Ezekkel a berendezésekkel könyvünkben nem foglalkozunk,
- nagyközépnomású állomásokat, ahol az érkező gáz nyomása 4 és 25 bar közötti,
- középnomású állomásokat (az érkező gáz nyomása 0,1...4 bar), továbbá
- kismomású nyomásszabályozó állomásokat, amelyeknél a belépő gáznyomás legfeljebb 0,1 bar.

**Elhelyezés szerint** a nyomásszabályozó állomások lehetnek:

- épületben,
- lemezszekrényben,
- szabadtéren,
- felszabadtéren és
- térszint alatt, aknában.

Az épületben elhelyezett nyomásszabályozó állomásnál gondoskodni kell a nyomásszabályozó és egyéb szerelvények megfelelő hozzáférhetőségéről és az épület természetes légcseréjéről. Az előregyártott nyomásszabályozó berendezéseket alapkeretre szerelik. A világítást robbanásbiztos kivitelben kell kialakítani, és az épületet villámvédelemmel kell ellátni. A megfelelő hozzáférésről, szerelhetőségről és átszellőzésről szekrényes állomás esetén is gondoskodni kell. Ha a szerelvények valamelyike nem alkalmas kültéri elhelyezésre, akkor meg kell oldani a szekrény fűtését is [39].

A szabadtéri szerelvényekkel kialakított szabadtéri vagy félszabadtéri állomást a talajszintből kiemelkedő beton szerelőalapra kell telepíteni, valamint könnyű tetővel és az uralkodó szélirány felől védőfallal kell ellátni.

A fogadóállomások telepítésekor az előírt védőtávolságokat be kell tartani, továbbá biztosítani kell, hogy illetéktelenek ne férjenek hozzá a berendezéshez.

A *névleges térfogatáram* (névleges gázterhelés) szerint beszélünk [45]

- kis teljesítményű (házi) nyomásszabályozó állomásokról, ahol a térfogatáram  $0 \dots 20 \text{ m}^3/\text{h}$ , gáztechnikai normál állapotra ( $15^\circ\text{C}$  és  $1013,25 \text{ mbar}$ , ld. [49]) vonatkoztatva,
- közepes teljesítményű (egyedi) berendezésekről ( $20 \dots 200 \text{ m}^3/\text{h}$ ) és
- nagy teljesítményű állomásokról ( $200 \text{ m}^3/\text{h}$  felett).+

A következőkben elsősorban a kis és közepes teljesítményű berendezésekkel foglalkozunk.

A nyomásszabályozó állomások további csoportosítása is lehetséges, attól függően, hogy

- a nyomást egy vagy két fokozatban csökkentik,
- a szabályozó ágak száma egy, kettő vagy több, illetve
- tartalmaznak-e gázmérőt, mégpedig a szabályozó készülék előtt, vagy az után.

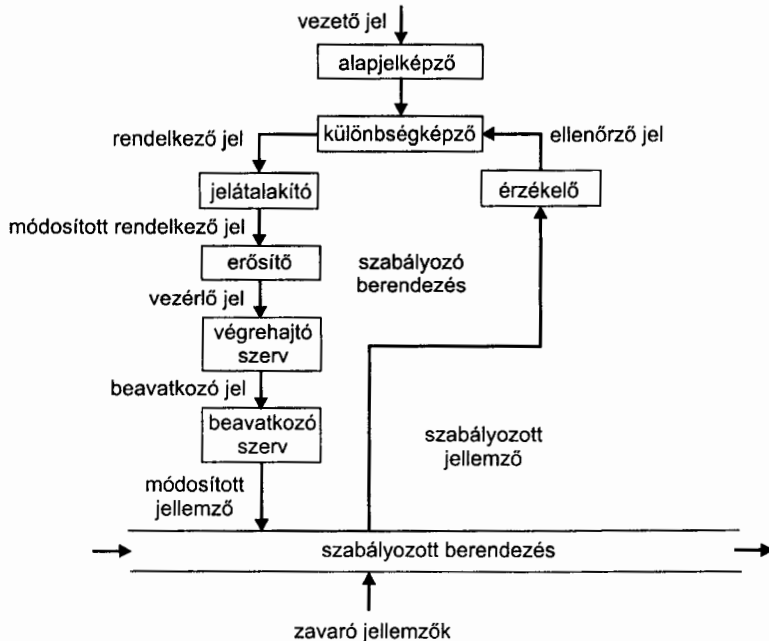
### 11.4.3. A gáznyomás-szabályozó készülék működése és kialakítása

#### A szabályozókészülékek működése

Mint említettük, a nyomásszabályozó állomás legfontosabb eleme a gáznyomás-szabályozó készülék, amely a belépő nyomást az előre meghatározott nagyságú kilépő nyomásra csökkenti, a fogyasztás és/vagy a bemenő nyomás változása esetén is [7]. A nyomásszabályozó pontos működése a fogyasztói berendezés biztonságos és gazdaságos üzemének elengedhetetlen feltétele. Alapvető követelmény, hogy a nyomásszabályozó készülék segédenergia és állandó kezelés nélkül, hosszú ideig megbízhatóan működjön.

A gáznyomás-szabályozók alapvető típusa egy egyszerű, értéktartó szabályozási kör, amelynek szabályozott jellemzője a fogyasztói berendezésben tartott nyomás, módosított jellemzője pedig a szabályozó szelepelekének átömlő keresztmetszete. A szabályozási kör elemeit és tagjainak viselkedését az „Alapismeretek” kötet Szabályozástechnika c. fejezetében ismerhettük meg, ezért itt csak röviden térünk ki a szabályozási kérdésekre.

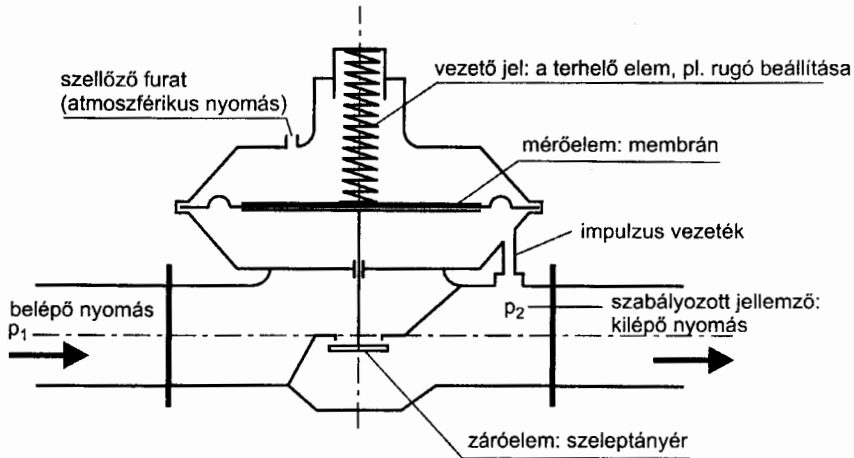
Az 11.9. ábra a gáznyomás-szabályozó berendezés szabályozási körét mutatja. A szabályozott berendezés a fogyasztó hálózata és készülékei, a szabályozott jellemző az ebben tartani kívánt nyomásérték. A szabályozott berendezést különböző zavarások érik, részben a fogyasztás változása, részben pedig a belépő oldali – a szabályozó előtti – nyomás változása. A szabályozási folyamat során meg kell adni a fogyasztói nyomás előírt értékét, meg kell mérni a tartani kívánt nyomás tényleges nagyságát, a kettőt össze kell hasonlítani, és ennek eredményeként a folyamatba be kell avatkozni. A beavatkozás hatására a fogyasztói nyomás megváltozik, amit újra meg kell mérni, az előírt értékkel összehasonlítani és szükség esetén ismét be kell avatkozni a folyamatba [33], [39].



11.9. ábra. A gáznyomás-szabályozó szabályozási köre

A legegyszerűbb gáznyomás-szabályozó vázlata a 11.10. ábrán látható. A készülék fő részei a mérőelem, az előfeszítő, vagy terhelő elem, a korlátozó- vagy záróelem és a záróelemet a membránnal összekötő elem.

Üzembe helyezéskor a rugó, mint terhelő elem a membrán helyzetét úgy határozza meg, hogy a záróelem (az ábrán szeleptányér) teljesen nyitott állapotú. Amikor a belépő csonton megérkezik a légkörinél nagyobb nyomású gáz és áthalad a szeleptüléken, a nyomásszabályozó kilépő oldalán is megnő a nyomás. Az impulzusvezetéken keresztül ez a nyomás a membrán alsó felére hat, a rugó ellenében megemeli, és zárja a szeleptányért. Egyenletes gázáramlás esetén a membrán helyzete közel változatlan marad, a kimenő nyomás kívánt értékének megfelelően. A fogyasztás változásakor a kimenő nyomás változik, majd a



11.10. ábra. Egyszerű gáznyomás-szabályozó vázlata [7]

membrán helyzete is változik és a kívánt kimenő nyomás áll be (természetesen szükséges az is, hogy a fogyasztás a szabályozó méretezett teljesítményhatárai között változzon) [7].

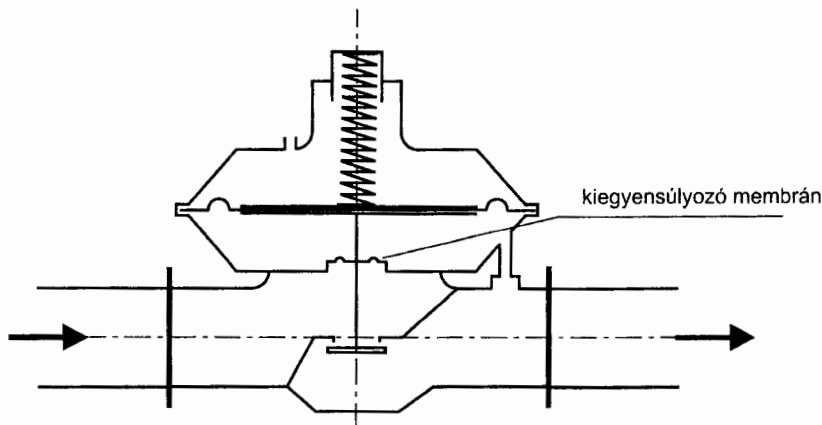
A gáznyomás-szabályozók esetében az alapjelképző, az érzékelő és a különbségképző elem (a szabályozott nyomás impulzuscsöve, a membrán és a rugó) általában egy szerkezeti egység. A membránra, mint mérőelemre a szabályozott nyomás és az atmoszférikus nyomás különbségéből eredő erő hat, amellyel a beállított rugóerő (alapjel képzés) tart egyensúlyt.

A **membrán** nyomás- és hajlításálló rugalmas anyagból, különleges szintetikus gumiból készül. Kis nyomás esetén a membrán vékony és rendkívül rugalmas, közép- és nagy nyomás esetén vastagabb és megerősített kivitelű. Az **előfeszítő**, vagy **terhelő elem** lehet a membránra helyezett, kalibrált tömeg, rugó, vagy szabályozott ellennyomás. A tömeg előnye, hogy a membrán teljes kitérési tartományában állandó erőhatást biztosít, viszont a szabályozott nyomás megváltoztatása más ráhelyezett tömeget igényel. Emellett hirtelen térfogatáram-változások esetén a tömeg tehetetlensége miatt a zárótest labilissá válhat. Emiatt leggyakrabban rugós előfeszítést alkalmaznak. Ennek beállítása könnyebb, tehetetlensége elhanyagolható, és a labilitás veszélye is kisebb, hátránya viszont, hogy a rugóerő a zárótest kitérésének függvényében változik. Ez csökkenthető a rugó hosszának növelésével, aminek viszont határt szab a befoglaló méretek növekedése. Ha a membrán túloldalán létrehozott szabályozott ellennyomással alakítják ki az előfeszítést, szinte minden, az előzőekben említett hiba megszűnik, hátrány viszont, hogy a környezeti hőmérséklet változása miatt az ellennyomást adó gáz térfogat és nyomás is megváltozhat [7], [39].

A beavatkozó szervet képviselő **korlátozó- vagy záróelem** két részből áll: a rögzített helyzetű ülékéből és a mozgó zárótestből. A beavatkozó szerv bemenő jele a beavatkozó jel, azaz a szelepemelkedés, kimenő jele pedig a módosított jellemző, tehát az átömlő keresztmetszet változása. A zárótest helyzetét a membránról átadott erő határozza meg. A legegyszerűbb esetben a zárótest a szabályozó beépítési tengelyére merőlegesen mozgó szeleptányér, amely-

ben tömítőgyűrű található, és ez fekszik fel a szelepülékre. Ezen túlmenően számos egyéb kialakítás is létezik, például a szabályozó tengelyére merőleges kettős zárótest, a tengellyel párhuzamosan mozgó kúpos zárótest, illetve membrán, továbbá a gáz áramlásával egytengelyű lebegő zárótest [7].

A mérő- és a korlátozó elem közötti kapcsolatot az **összekötő elem** adja, amely a mozgást közvetíti. Nagyobb szabályozóknál ennek az elemnek nagy erőt kell átvinnie, ami a zárótest kiegyensúlyozásával csökkenthető. A leggyakoribb megoldás kiegyensúlyozó membrán alkalmazása, amelynek felülete a zárótest felületével egyező (11.11. ábra).



11.11. ábra. Kiegyensúlyozó membrán alkalmazása [7]

A 11.10. ábrán látható egyszerű, rugóterhelésű nyomásszabályozó esetében – elhanyagolva a saját tömegeket és a súrlódást – a mozgó részekre ható erők a következő egyensúlyi egyenlet írható fel:

$$p_2 \cdot A + p_2 \cdot a = p_1 \cdot a + F_0 - k \cdot S \quad (11.12.)$$

ahol a 11.12. ábra jelöléseivel:

$p_1$  a belépő,  $p_2$  a kilépő nyomás,

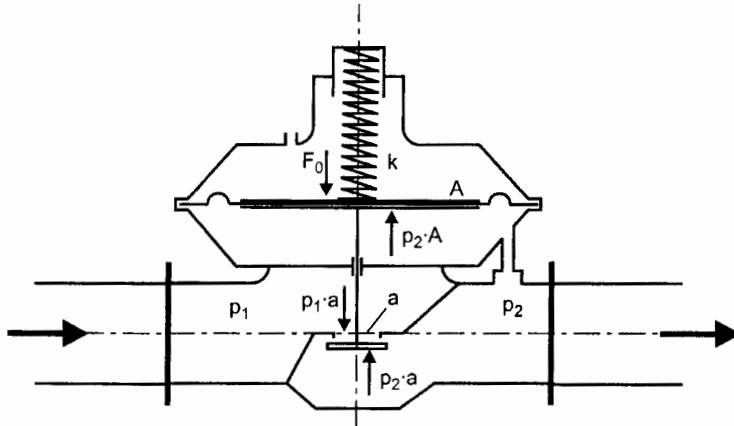
$A$  a membrán felülete,

$a$  a szelepülék felülete,

$F_0$  a rugó alaphelyzetében fellépő erő,

$k$  a rugóállandó,

$S$  a zárótest kitérése.



11.12. ábra. Jelölések a nyomásszabályozó erőegyensúlyának felírásához

Mivel a membrán felülete sokkal nagyobb, mint a szeleplék keresztmetszete, az egyensúlyi egyenlet egyszerűsíthető:

$$p_2 \cdot A = p_1 \cdot a + F_0 - k \cdot S \quad (11.13.)$$

vagy másként:

$$p_2 = p_1 \cdot \frac{a}{A} + \frac{F_0}{A} - k \cdot \frac{S}{A} \quad (11.14.)$$

A (11.14.) jelű egyenletből kifejezhető két, a szabályozó működését befolyásoló tényező:

- a **beállítási nyomás**, a rugó kezdeti összenyomódása esetén érvényes nyomás:

$$p_2 = p_1 \cdot \frac{a}{A} + \frac{F_0}{A} \quad (11.15.)$$

Az összefüggésből látható, hogy a kilépő nyomás függ a belépő nyomástól. A függés csak a szeleplék méretéhez képest sokkal nagyobb membránnal csökken elhanyagolható mértékre;

- az **arányossági sáv**, ami a kilépő nyomás változása a zárótest minimális kitérésétől a kitérés maximális értékéig. A (11.14.) egyenletből az erő változása ebben a tartományban:

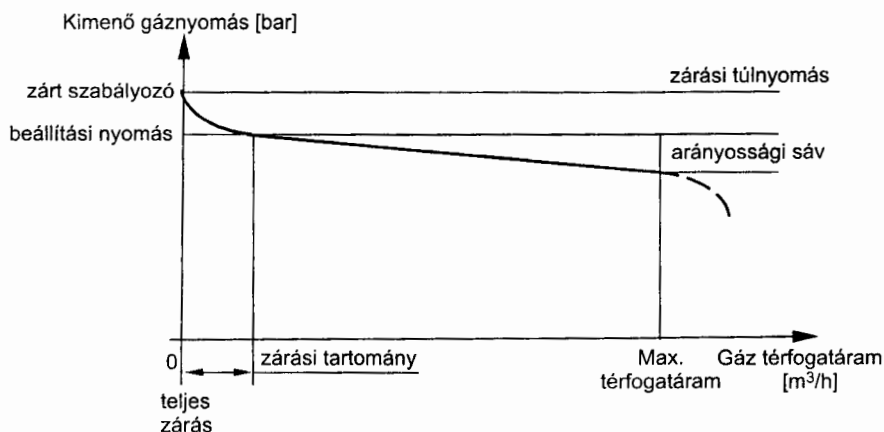
$$\text{arányossági sáv} = k \cdot \frac{S}{A} \quad (11.16.)$$

Látható, hogy az arányossági sáv, tehát a kilépő nyomás eltérése a beállított értéktől a következő módon csökkenthető:

- a membrán felületének növelésével,
- a rugóállandó csökkentésével (hosszú rugók),
- a kitérés csökkentésével (gyors nyitású szelepek).

Emellett a szabályozó jellemzője a **zárási túlnyomás** is, ami a kimenő nyomásnak a tökéletes zárashoz szükséges növekedését jelenti.

A gáznyomás-szabályozó **szabályozási pontossága** a kilépő nyomás előírt értékétől való eltérést adja meg, amit szabályozó **11.13. ábrán** látható jelleggörbéje szemléltet. A zárási zóna a PN 0,1 névleges nyomásnál nagyobb szabályozóknál a maximális térfogatáram 10%-áig terjed [7], [39].

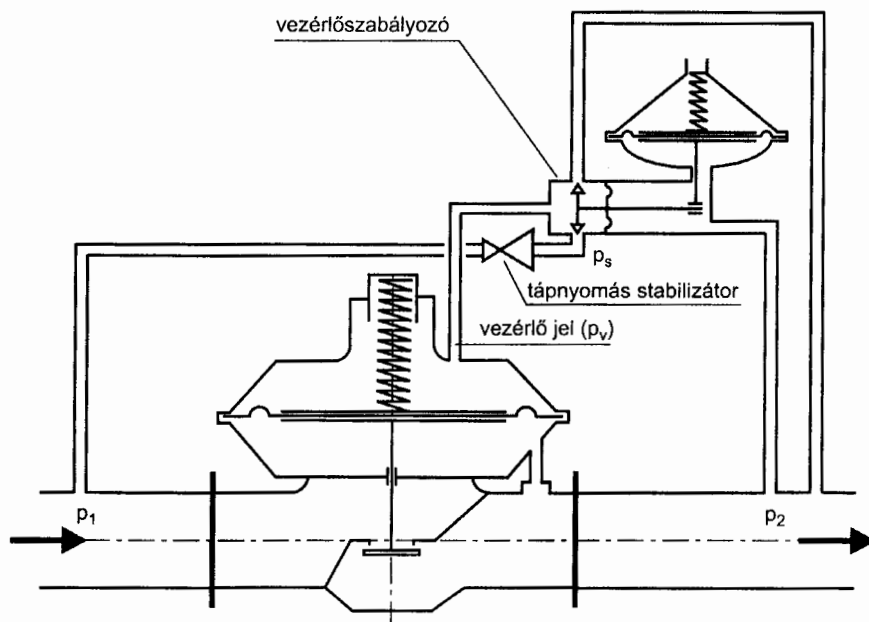


11.13. ábra. A nyomásszabályozó jelleggörbéje

Az előzőekben már utaltunk rá, hogy a 11.10. ábrán bemutatott egyszerű, rugóterhelésű szabályozó ideális működését néhány tényező befolyásolja: a bemenő nyomás nagysága, a rugóerő változása a rugó helyzetétől függően, vagy a gáz turbulens áramlásának hatása a membránra. Emellett figyelembe kell venni azt is, hogy nagyobb nyomásszabályozó méretek esetén a keletkező erő nagysága is megnő. Emiatt a jel átalakítása és erősítése válik szükségessé, és a 11.9. ábrának megfelelően a rendelkező jel egy jelátalakító közbeiktatásával kerül a beavatkozó szervre.

A **11.14. ábra** vezérlőszabályozóval felszerelt gáznyomás-szabályozót mutat, ahol a gáznyomás érzékelő, a jelátalakító és a tápnyomás-szabályozó alkotja a vezérlőszabályozót, vagy egyszerűbb elnevezéssel a vezérlőt.





11.14. ábra. Vezérlőszabályozóval felszerelt gáznyomás-szabályozó

Míg az egyszerű, rugóterhelésű szabályozó erősítése a szerkezeti méretekkel adott, a vezérlőszabályozóval ellátott készülék erősítése a  $p_s$  tápnomás és a vezérlőben lévő beömlő keresztmetszetek változtatásával módosítható. Ha a  $p_2$  nyomás értéke  $p_{2max}$ , akkor a vezérlőszabályozó membránja a legfelső helyzetet foglalja el, a karátétel jobb oldali végét felemelve. Ekkor a vezérlőszabályozó alsó belépő nyílása zár és a vezérlő jel:  $p_v = p_{2max}$ . Ha a  $p_2$  nyomás értéke  $p_{2min}$ , akkor a karátétel a felső belépő nyílást zárja, és a vezérlő jel  $p_v = p_s$ . Ebben az esetben a végrehajtó szerv a szelepet nyitja és a kilépő nyomást növeli [39].

### A gáznyomás-szabályozó készülékek kiválasztása

A szabályozó szelepeülékén áthaladó gáz térfogatáram nyomása  $p_1$  értékről  $p_2$ -re csökken. A keresztmetszetben az áramlási sebesség a nyomáseséssel nő, legnagyobb értéke a kritikus nyomásesésnél alakul ki. A kritikus nyomásviszony:

$$\left( \frac{p_2}{p_1} \right)_{krit} = \left( \frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}} \quad (11.17.)$$

ahol

$p_2$  a kilépő nyomás abszolút értéke,

$p_1$  a belépő nyomás abszolút értéke,

$\kappa$  az izentropikus kitevő, amelynek értéke például metán esetében 1,32.

Így metánra a kritikus nyomásviszony 0,542, a kritikus sebesség pedig 410 m/s [8]. Nagyobb sebesség nagyobb nyomáskülönbség esetén sem alakulhat ki.

Ha a kívánt kilépő nyomás kisebb, mint a gázfajtához tartozó kritikus érték, akkor a szűkülés után utólagos nyomáscsökkenés jön létre. Ebben az esetben a szelepen átömlő térfogatáram csak a bemenő nyomástól függ. Ha a kilépő nyomás a kritikus értéknél kisebb, akkor adott átömlő keresztmetszet mellett a térfogatáram a be- és a kilépő nyomástól is függ. A térfogatáram meghatározására szolgáló összefüggések e feltételeknek felelnek meg (lásd pl. [7]).

Az összefüggések használata helyett a gyakorlatban az egyes gyártmányok kiválasztási diagramjait vagy táblázatait alkalmazzák, ahol a be- és a kilépő nyomáshoz kereshető ki a szelepen áthaladó gáz térfogatáram. Gondot jelenthet, ha a gázfogyasztás nagyon tág határok között változik, mert ekkor előfordulhat, hogy a nyomásszabályozó a kis térfogatáram-tartományban nem a várt pontossággal tartja a nyomást, hanem a zárási tartomány felé eltér (lásd a 11.13. ábrát). Ilyenkor felvetődhet a kérdés, hogy célszerűbb lenne-e kisebb készülék kiválasztása? A túlméretezés káros hatása a dinamikai szempontoknál kerül előtérbe. Ezekről a kérdésekről és az egyes gyártmányok kiválasztásáról a [39] jelű irodalomban olvashatunk bővebben.

## A szabályozókészülékek jellegzetes kialakítása

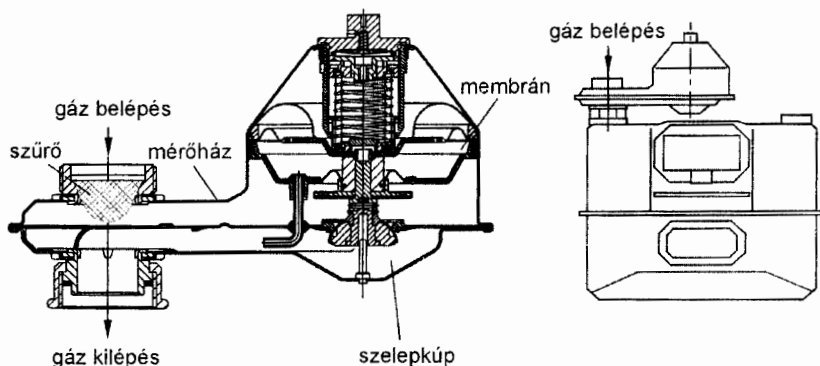
A hazai piacon megtalálható gáznyomás-szabályozó készülékek választéka széles, egyedi jellemzőik a gyártók és forgalmazók katalógusaiból, tervezési segédleteiből ismerhetők meg. A következőkben pusztán arra szorítkozunk, hogy néhány alkalmazási példát, jellegzetes felhasználási területet bemutassunk.

A **készülékszabályozókat** közvetlenül a gázkészülék előtt építik be. Feladatuk az érkező gáznyomás finom szabályozása, a készülék igényeinek megfelelően. Alkalmazásuk akkor indokolt tehát, ha az adott gázkészülék nagyon érzékeny a gáznyomás ingadozására vagy például abban az esetben, ha az épületbe növelt kisnyomású gáz érkezik, de a készülékek csak a hagyományos, 25 mbar nagyságú csatlakozási nyomás fogadására alkalmasak [33].

A készülékszabályozókat belső térben szerelik fel. Amennyiben a készülékek nem tartalmaznak biztonsági membránt, a membrán fölötti teret ki kell szellőztetni, azaz belobbanásgátló fejjel ellátott szellőzővezetékekkel össze kell kötni a szabad térrel [39].

A **mérőszabályozók** feladata egy fogyasztási egység csatlakozási gáznyomásának beállítása, például az előbb említett esetben, amikor a belépő gáz növelt kisnyomású, a készülékek viszont 25 mbar névleges gáznyomásra alkalmasak.

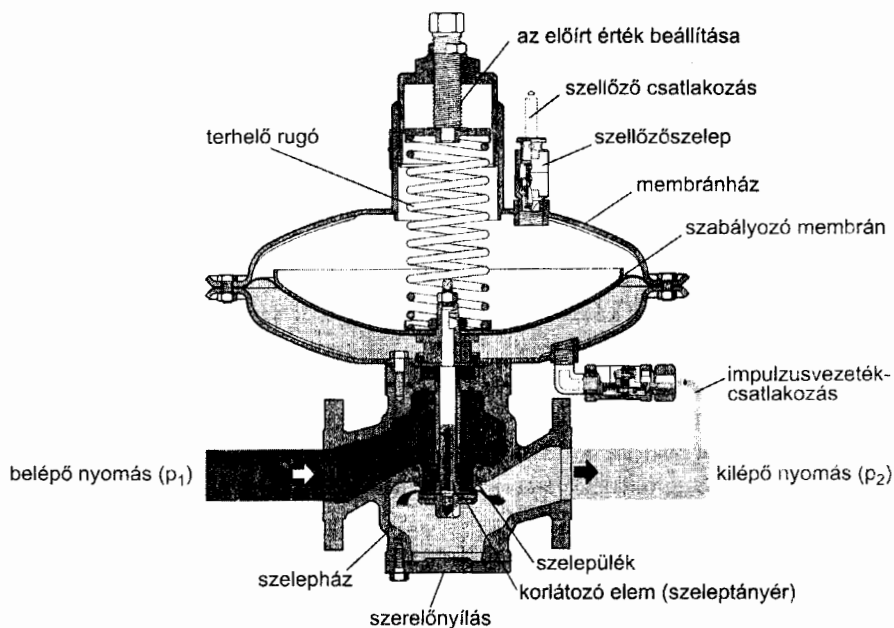
A mérőszabályozók különleges kialakításúak, mert a gázmérő csonkjára szerelhetők (11.15. ábra). E szabályozók egyszerű, rugóterhelésű készülékek, rövid reakcióidővel. A lemez ház olyan kivitelű, hogy nagy hőterhelésnek is ellenáll. A korszerű készülékeket biztonsági membránnal és gázhiány elleni védelemmel is felszerelik. A mérő előtti szabályozás természetesen nemcsak a mérőkötésbe épített, hanem a közvetlenül a mérő előtt elhelyezett készülékkel is megoldható [33].



11.15. ábra. Mérőszabályozó kialakítása és elhelyezése a mérő előtt (Schlumberger)

A *házi és az egyedi gáznyomás-szabályozók* nevüknek megfelelően egy-egy épület – például családi ház – vagy épüle cso port, illetve kommunális létesítmény ellátására alkalmasak. A hazai gyakorlat szerint általában a középnyomású elosztóvezetéken érkező gáz nyomását csökkentik a szokásos, 30 mbar körüli értékre.

A házi nyomá sszabályozók névleges térfogatárama max. 20 m<sup>3</sup>/h, míg az egyedi szabályozóké legfeljebb 200 m<sup>3</sup>/h [33]. A házi és egyedi szabályozók általában nem önálló alkalmazású készülékek, hanem a szükséges egyéb szerelvényekkel, azaz az elzáró szerelvényekkel, a gázszűrővel, a biztonsági gyorszárral, a biztonsági lefűvató szeleppel és esetleg a



11.16. ábra. Közvetlen működésű nyomá sszabályozó szerkezete (Fiorentini)

gázmérővel együtt alkotják a nyomásszabályozó állomást. A korszerű gáznyomás-szabályozók e szerelvények közül sok esetben magukban foglalják a biztonsági gyorszárat és lefűtató-szelepet is. A **11.16. ábrán** egyszerű, közvetlen működésű, rugóterhelésű szabályozószelep metszetét mutatjuk be.

#### 11.4.4. A nyomásszabályozó állomások kialakítása

Az előzőekben már említettük, hogy a házi és az egyedi készülékek a gyakorlatban nyomásszabályozó állomás részeként fordulnak elő, más kiegészítő, a biztonság és az üzemmenet szempontjából fontos szerelvényekkel együtt. A nyomásszabályozó állomások kialakításának tárgyalása előtt tekintsük át ezeket a szerelvényeket.

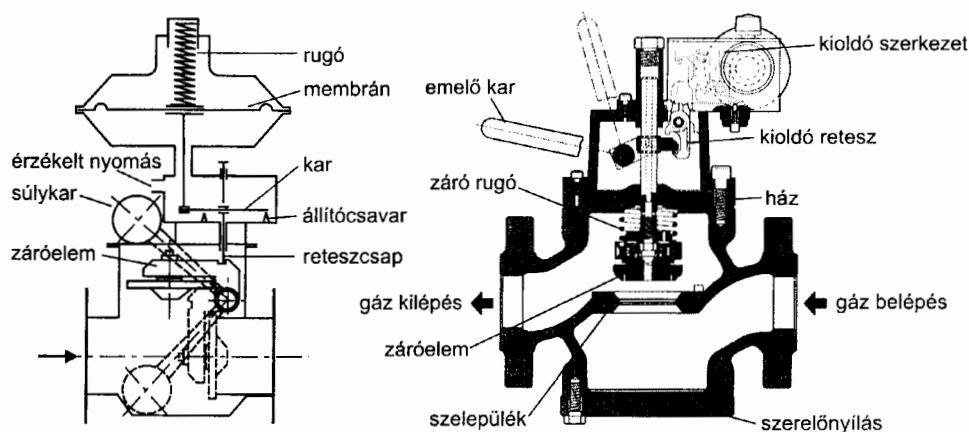
#### Nyomásszabályozó állomások szerelvényei

Az **elzáró szerelvények** ma leggyakrabban szférikus záruk (pillangószelepek) vagy gölyöscsapok, amelyek természetesen az üzemi feltételeknek megfelelő kialakításúak.

A **szűrők** feladata a gázzal áramló szilárd részecskék (por, korróziós termékek) leválasztása, mert ezek a nyomásszabályozó és a következő szerelvények kopását, károsodását okozzák. A szűrőbetétek anyaga sokféle lehet, a hazai gyakorlatban lőszőr betétes, szálas anyag, kerámia, impregnált papír, műanyag szövet és szinterbronz betétes szűrőket is alkalmaznak. A betétek ellenállása a por lerakódása következtében nő, ezért a nyomásnövekedés mérési lehetőségét biztosítani kell. A szűrők eltömődése esetén gondoskodni kell a betétek cseréjéről, illetve tisztításáról [36].

A **biztonsági gyorszár** feladata, hogy zárja a gáz útját, ha a nyomáscsökkenést követő – fogyasztói – vezetékekben a nyomás a megengedett értéket túllépi, vagy az alá csökken. A gyorszár félautomata működésű, azaz zárása után csak kézi beavatkozással nyitható újra. Működésének elvét a **11.17. ábra** bal oldala szemlélteti. A súlykar felemelésével a szelepszáró elem nyitott állapotba kerül és ütközője a reteszcsapon fennakad, ezért a záróelem vízszintes helyzetben marad. A nyomás növekedésekor a membrán a rugó ellenében felfelé mozdul el, a kar a jobb oldali állítócsavar körül felfelé fordul el, így a reteszcsapot megemeli. Ekkor a szelepszáró elem kiold és a súlykar gravitációs erejével a szeleplélkre nyomódik. A zárást a szelep nyomása is segíti. A kilépő nyomás csökkenésekor az érzékelő elemben lévő rugó felfelé mozdtítja el a membránt és a kar a bal oldali állítócsavar körül elfordul. A reteszcsap ismét megemelkedik, a szelepszáró elem kiold, és a zárás az előzőek szerint végbemegy. Az alsó és felső zárási határok az alátámasztási pontok változtatásával és a membránt feszítő rugó előfeszítésével állíthatók be.

A **11.17. ábra** jobb oldalán rugóterhelésű biztonsági gyorszár beavatkozó háza látható. Itt a kioldás után a záróelemet rugóerő szorítja az ülékre.



11.17. ábra. A súlyterhelésű biztonsági gyorszár működési elve (bal oldal), az ábra jobb oldalán rugóterhelésű gyorszár metszete (Fiorentini)

A biztonsági gyorszár működése azért is érdemel nagyobb figyelmet, mert nem csak a nyomásszabályozó állomások védelme szempontjából van jelentősége, hanem a hazai gyakorlatban a kazántelemek gázérzékelős biztonsági berendezéseiben is elterjedten alkalmazzák.

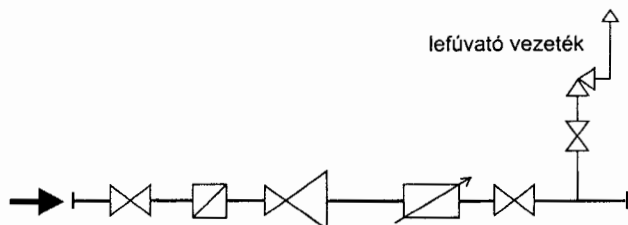
A **biztonsági lefúvatószelep** feladata a kilépő oldalon kialakuló, a megengedettnél nagyobb nyomás levezetése. Ezt általában rugóterhelésű membrános vezérlőszervezet segítségével oldják meg. A lefúvatott gáz csővezetéken keresztül a szabadba áramlik. A gázt olyan magasságban kell kivezetni, hogy, a környezetet ne veszélyeztesse. A vezeték végére esővédő sapka kerül, 25 mm-nél nagyobb átmérőjű vezetékekre visszalobbanás-gátlót kell szerelni [39].





### A nyomásszabályozó állomások kialakítása

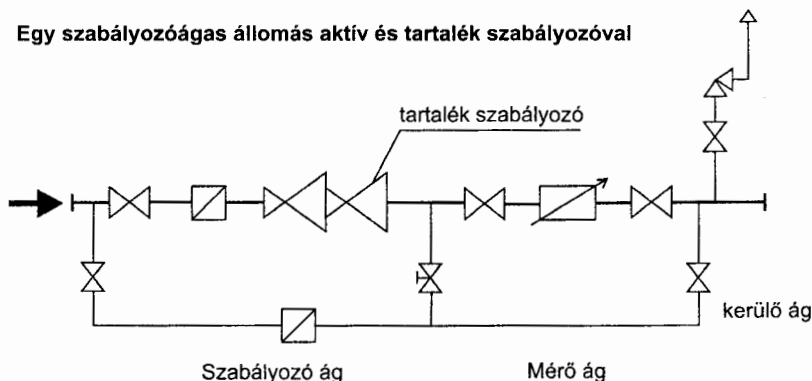
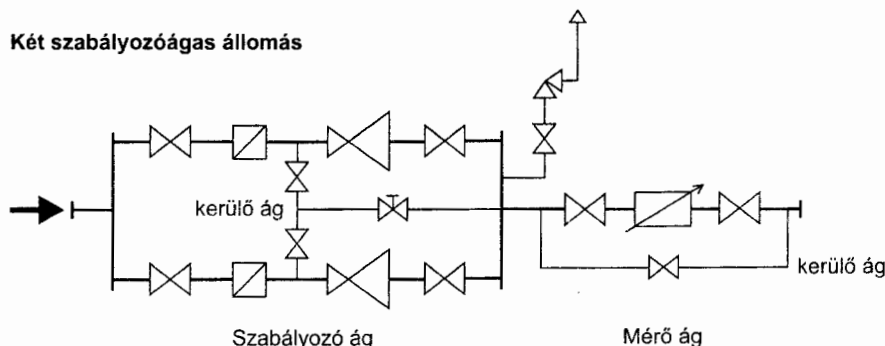
A gáz-nyomásszabályozó állomások kialakítása a 11.4.2. pontban már bemutatott csoportosításnak megfelelő változatokat mutatja. A nyomásszabályozó állomások tipikus kialakítási lehetőségeit a 11.18. ábra felhasználásával, a [9] és a [33] jelű irodalom alapján foglaljuk össze.

Az **egy szabályozóágas állomások** készülhetnek gázmérő nélküli kivitelben, a nyomásszabályozó kilépő oldalán elhelyezett gázmérővel (lásd az ábrán) illetve a nagyobb nyomású oldalon beépített gázmérővel. A gáznyomás-szabályozó elé mindig szűrőt kell beépíteni, a szabályozott oldalra lefúvató vezeték kerül. Az ábrán bemutatott megoldásnál a gáznyomás-szabályozó magában foglalja a biztonsági gyorszarat is.

Az egy szabályozóágas állomások különleges változatai az ún. **monitorkapcsolású** állomások, amelyekben a nyomásszabályozó mellett tartalék (vész-) szabályozó található. A két készülék egy vagy két külön szeleptestben is helyet kaphat.

**Egy szabályozóágas állomás****Jelmagyarázat**

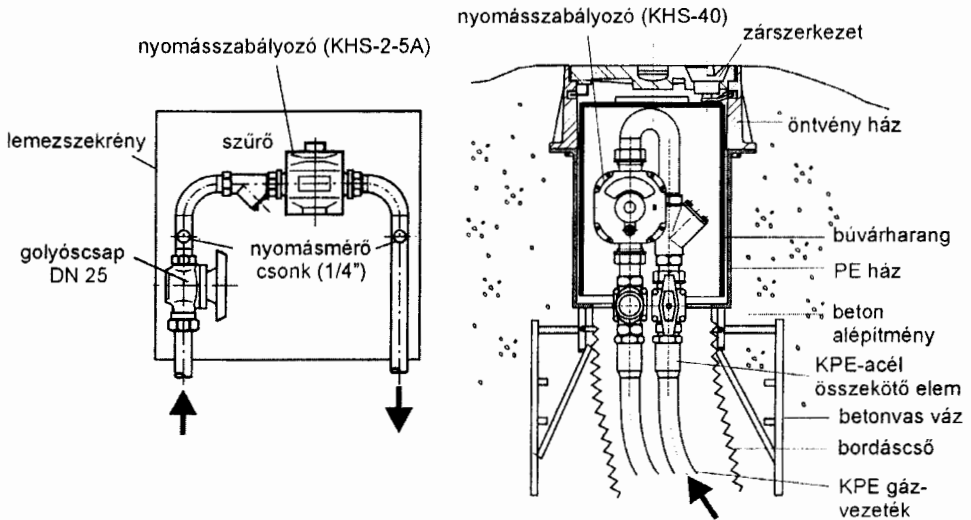
-  elzáró szerelvény
-  szűrő
-  nyomásszabályozó
-  mérő

**Egy szabályozóágas állomás aktív és tartalék szabályozóval****Két szabályozóágas állomás**

11.18. ábra. A nyomásszabályozó állomások jellemző kialakításai

A két szabályozóágas állomásokban két párhuzamosan kapcsolt, áganként 100%-os teljesítményű gáznyomás-szabályozó található. Az egyik ág a szabályozóág, a másik a tartalékág. Utóbbi szabályozója automatikusan üzembe lép, ha a szabályozóágban lévő készülék meghibásodik. A két, szabályozóval felszerelt ág megkerülésére szolgáló vezetékben fojtásra alkalmas szerelvény található. A 11.18. ábrán olyan megoldást mutatunk be, ahol a mérő a kisebb nyomású oldalra került, de a tipizált változatokban mérő nélküli és a nagyobb nyomású oldalon lévő mérővel kialakított állomások is találhatók. A két szabályozóágas állomás szerelvényeivel kapcsolatban is az egyágas állomásokról elmondottak érvényesek.

A **kis teljesítményű** – kis gázterhelésű, max.  $20 \text{ m}^3/\text{h}$  –, **házi nyomásszabályozó állomások** leggyakrabban lemezszekrényben, vagy újabban térszint alatt helyezik el. Tipikus egyágas,  $10 \text{ m}^3/\text{h}$  gázterhelésig alkalmas, mérő nélküli kialakítást mutat a 11.19. ábra bal oldala [33]. Az ábra jobb oldalán térszint alatt elhelyezett, ugyancsak mérő nélküli nyomásszabályozó állomás látható. Utóbbinál a betonvas vázszerkezetbe öntött beton alépítmény és az öntöttvas szekrény kellő védelmet nyújt a készüléknek a mechanikai terhelések és a korróziós hatások ellen. A vízelöntés elleni védelemre szolgál a készüléket körbe fogó bűvárharang. A PE vezetékek bordás védőcsövön át lépnek a nyomásszabályozót tartalmazó bűvárharangba [18].



11.19. ábra. Házi nyomásszabályozó kialakítások. A bal oldalon: lemezszekrényben elhelyezett házi nyomásszabályozó (KÖGÁZ), az ábra jobb oldalán: földbe süllyesztett nyomásszabályozó állomás (JUTEC)

A **közepes teljesítményű** – közepes gázterhelésű,  $20 \dots 200 \text{ m}^3/\text{h}$  – **egyedi gáznyomásszabályozó állomások** tipizált változatai ugyancsak lemezszekrényben vagy aknában, előregyártott termékként helyezhetők el, a 11.18. ábrán látható jellemző kapcsolások szerinti kialakításban. Kiválasztásukhoz szükség van a gázfogyasztás adataira (maximális, közepes egyidejű és minimális gázigény), a bemenő és a kimenő nyomás értékére és utóbbi pontosságára, továbbá az igényelt gáz mérés adataira. Pontosabb információk a gyártmányismertetőkből vehetők (pl. [9]).

## 11.5. A gázmennyiség-mérés eszközei és elhelyezésük

Az elfogyasztott gáz mennyiségének mérése gazdasági és műszaki szempontból is indokolt. Mivel a gáz áruként van jelen a piacon, az elfogyasztott gázmennyiség mérése elszámolási jellegű mérést igényel, ahol a mérés pontossága a vonatkozó törvényeknek megfelelő [46], és ennek érdekében a mérőt időszakonként hitelesíteni kell. Műszaki szempontból a gáz-hálózat üzemeltetése, irányítása igényli az átadott gázmennyiség mérését [34], [39]. A lakó- és kommunális épületek gázellátásának kialakításakor az elszámolási mérésnek van jelentősége, ezért a következőkben az erre használatos mérőket tárgyaljuk.

A mérés elvét tekintve megkülönböztethetünk

- a nyomásváltozás mérésének elvén,
- a térfogatszámolás elvén, továbbá
- a sebességmérés és impulzusszámlálás elvén működő gázmérőket.

Az első csoportba sorolható mérőperemes, *Venturi*-csöves, stb. mérők a tárgyalt fogyasztói körben nem használatosak, ezért ezekkel nem foglalkozunk. A térfogatszámolás elvén működő mérők jellegzetes példája a membrános háztartási gázmérő és a forgódugattyús gázmérő, amely a nagyobb fogyasztók, pl. kazántelemek mérőeszköze. Ugyanezen a területen alkalmazzák elterjedten a sebességmérés és impulzusszámlálás elvén működő turbinás mérőket. A következőkben a két utóbbi csoport készülékeit tárgyaljuk.

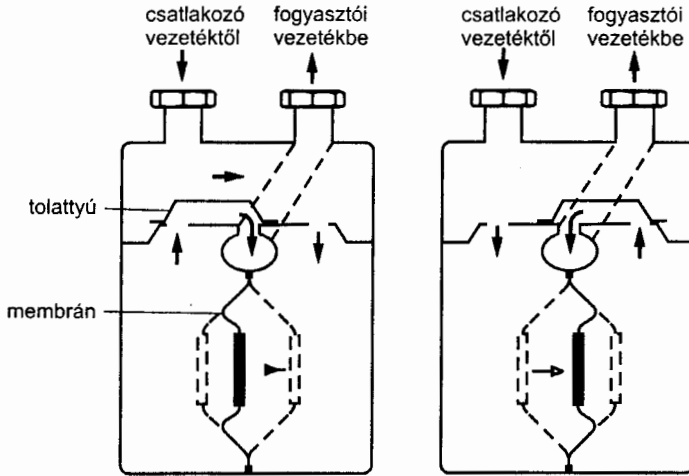
### 11.5.1. Membrános háztartási gázmérők

A membrános gázmérő elvét a [25] jelű irodalom alapján leegyszerűsítve, de nagyon szemléletesen mutatja a **11.20. ábra**. A bal oldali csonkon érkező gáz a tolattyú bal oldali helyzetében a membrán jobb oldalára áramlik, azt kitölti, és a membránt a bal oldali szélső helyzetbe mozditja át. A tolattyú ekkor mechanikus kapcsolat révén átvált és jobb oldali helyzetébe kerül, megnyitva a gáz útját a membrán bal oldalára. A benyomuló gáz a membránt jobb oldali szélső helyzetébe mozditja át, és közben a membrán a jobb oldali kamrából gázt nyom a fogyasztói vezetékbe. Az egy ütem alatt kiszorított gáztérfogat a membrán két szélső helyzetének megfelelő. A mérő két leolvasása között eltelt időtartam során a számlálómű rögzíti, hogy ezt az egységnyi térfogatot a mérő hányszor bocsátotta át a fogyasztói vezetékbe, és így az áthaladt gáztérfogat összesen:

$$V = n \cdot V_{\text{mérőkamra}} \quad (11.18.)$$

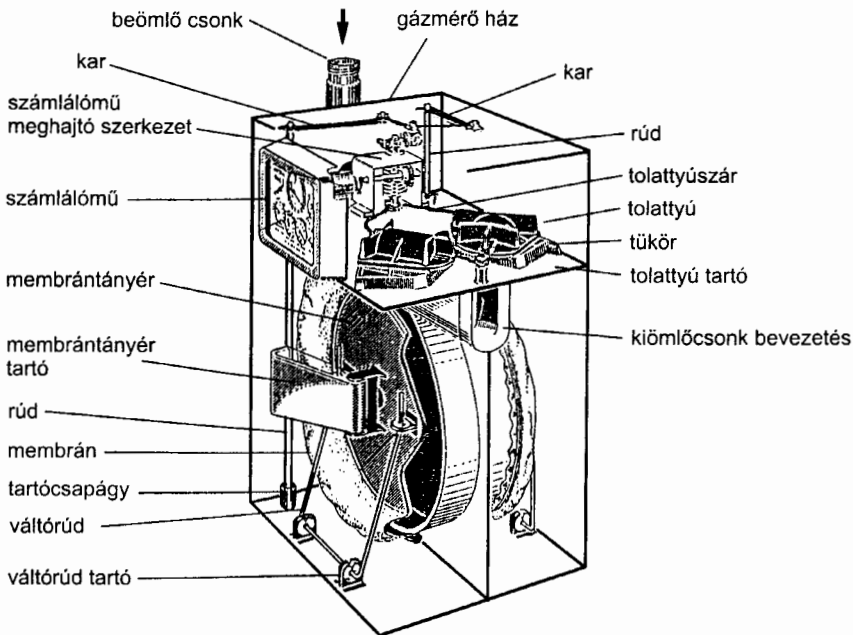
ahol  $n$  – a mérőciklusok száma,  $V_{\text{mérőkamra}}$  – a membrán két szélső helyzete között kialakuló mérőkamra térfogata. (Megjegyezzük, hogy a gyakorlatban az átbocsátott gáztérfogatot gyakran  $Q$ -val jelölik.)





11.20. ábra. A membrános gázmérők működési elve

A membrános mérő tehát térfogatmérő készülék, amiből az is következik, hogy ezt a térfogatot az egységes mérési feltételekre át kell számítani. Erről később még szó lesz. A működés elvéből az is látható, hogy a membrános mérő a gáz nyomását használja fel a működéséhez, tehát nyomásvesztést okoz.



11.21. ábra. A hagyományos membrános gázmérő szerkezeti elemei

A 11.21. ábra hagyományos szerkezetű membrános háztartási gázmérő metszetét mutatja a [6] jelű irodalom alapján. Látható, hogy a membrán a rá erősített rúd és karos szerkezet segítségével mozgatja a tolattyúkat, és ez a mozgás jut a számlálóműre is. A korszerű mérők kialakításának jellemzői ugyancsak [6] alapján a következőkben foglalhatók össze:

- a mérő háza mélyhúzott acéllemez, amely kötéseivel és tömítéseivel biztosítja a kívánt hőálló tulajdonságokat és gázzáróságot;
- a membrán anyaga a korábban – városi gáznál – használt kecskebőr helyett műanyag. A szintetikus anyagú membrán nem szárad ki, nem változtatja alakját, és ezért a mérési térfogat nem változik. A membrán alakja a korszerű mérőkben kör- vagy stadionforma, (tehát erősen lekerekített, de nem kör alak);
- a vezérlőmű feladata a membrán és a tolattyúk összehangolt mozgatása, mégpedig úgy, hogy a mérő hibája a lehető legkisebb maradjon. Ez azt jelenti, hogy a gáz útját egyik vagy másik kamrába korábban kell zárni, mint amit a membrán szélső helyzete meghatározna. Ennek a feltételnek a függőleges forgattyús tengely felel meg, amely lehetőleg kevés helyen csapágyazott. A mérőszerkezet és a számlálómű közötti kapcsolatot kuplung és fogaskerek áttétel biztosítja. A korszerű mérőkben visszaforgás gátló szerkezet is található;
- a tolattyúk alakja négyszögletes lehet és ezek párhuzamos – lengő – mozgást végeznek, vagy bemetszett kör alakú, amely forgómozgást végez.

A párhuzamos mozgást végző tolattyúkra ható erőket a 11.22. ábra szemlélteti. Az ábra jelöléseivel a gáz munkavégző képességének csökkenéséből eredő hajtónyomaték [6]:

$$M_h = \Delta p \cdot A \cdot m \quad (11.19.)$$

A tolattyúk mozgását fékező súrlódási erőből – ellenálláserő – származó nyomaték pedig

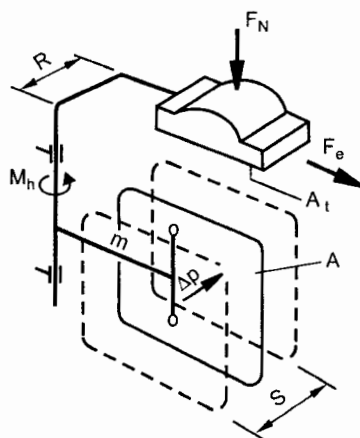
$$M_e = F_e \cdot R = \mu \cdot F_N \cdot R \quad (11.20.)$$

ahol  $\eta$  súrlódási tényező.

Állandósult állapotban a két nyomaték egyenlő.

Bevezetve az ellenálláserő és a hajtóerő nyomatékának hányadosát, az ún. ellenállástényezőt kapjuk, amelyet a szakirodalomban *RPF* jelöléssel neveznek (*Resistance Power Factor*):

$$RPF = \frac{M_e}{M_h} \quad (11.21.)$$



11.22. ábra. A tolattyúmozgást létrehozó erők és nyomatékok

A hajtóerő nyomatéka végül is arányos a mérő által kiszorított egységnyi térfogattal (mérőtérfogattal,  $V_m$ ), hiszen a 11.22. ábra jelöléseivel:

$$M_h \approx \Delta p \cdot A \cdot s \cdot m = \Delta p \cdot V_m \cdot m \quad (11.22.)$$

Másrészt, ha a szolgáltatott gáz folyékony halmazállapotú szennyezőanyagokat is tartalmaz, akkor a mozgó tolattyúfelület és a tolattyú tükör között folyadéksúrlódás alakul ki, amelynek ellenállásereje a  $\tau$  csúsztatófeszültség és a tolattyúfelület ( $A_t$ ) segítségével:

$$F_{fe} = \tau \cdot A_t \quad (11.23.)$$

Az ellenálláserő nyomatéka arányossá tehető a tolattyú két szélső helyzete közötti távolsággal ( $S$ ), és így

$$M_e = \tau \cdot A_t \cdot R \cdot S \quad (11.24.)$$

Kiemelve a csúsztatófeszültséget, illetve a  $\Delta p$  nyomáskülönbséget, valamint a mérőkonstrukcióra jellemző nyomatéki karokat ( $m$ ,  $R$ ), az  $RPF$  tényező az alábbi geometriai jellemzőkkel is felírható:

$$RPF = \frac{A_t \cdot S}{V_m} \quad (11.25.)$$

azaz a tolattyúfelület ( $A_t$ ) és lökethossz szorzatának ( $S$ ), illetve a mérési térfogatnak ( $V_m$ ) a hányadosa.

Az alapvető cél, hogy a mérőkonstrukció során az  $RPF$  értéket a lehető legkisebb értéken tartsák. Hozzá kell azonban azt is tennünk, hogy száraz, szennyeződésektől mentes földgáz mérése esetén a bemutatott  $RPF$  elméletnek nincs, vagy alig van jelentősége, ezért egyes, nagy  $RPF$  értékkel jellemezhető, korszerű mérők értékelésére nem használható [6].

Az elszámolással kapcsolatos igények miatt a **mérők pontosságának** nagy jelentősége van. A nemzetközi mérésügyi szervezet előírásokat ad azokra a határookra, amelyen a hibának belül kell lennie.

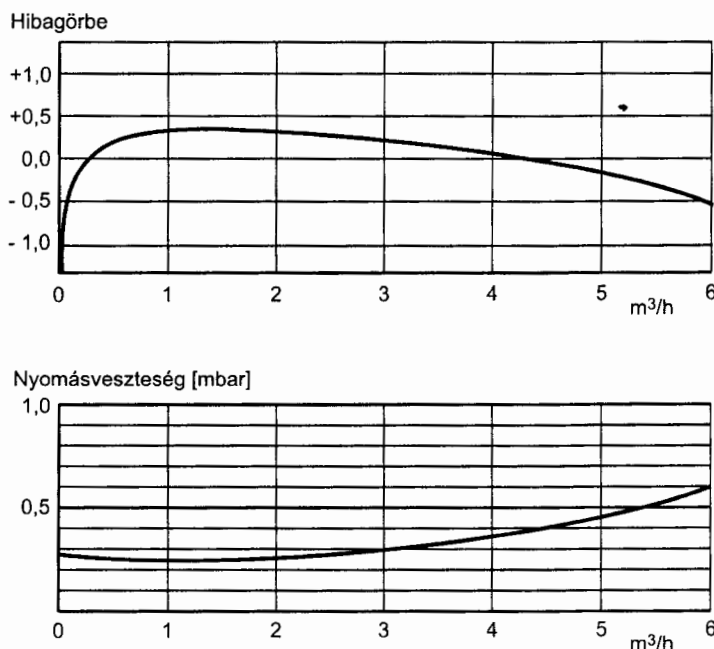
A mérési hiba megfogalmazása:

$$\text{Mérési hiba} = \frac{\text{mért érték} - \text{tényleges érték}}{\text{tényleges érték}} \cdot 100 \quad [\%]$$

Általánosságban elmondható, hogy a mérők kis térfogatáramoknál nagy negatív hibával mérnek, hiszen már halad át gáz a mérőn, de az ellenállás következtében fellépő erők miatt a számlálómű még nem mozdul. Az áthaladó térfogatáram növekedésekor a hiba eléri a már megengedhető negatív értéket, majd pozitív tartományba lép át. A membrános mérőknél ezt követően a hiba nagysága folyamatosan csökken.

A 11.23. ábra példaként egy kis, háztartási gázmérő hibagörbéjét mutatja. A későbbiekben visszatérünk a kérdésre, és összehasonlítjuk a különböző elven mérő készülékek hibagörbéit.

Az ábrához megjegyezzük, hogy a membrános mérők nagyságának megnevezéséhez a „G” betűt használják. Az utána következő szám a gázmérő névleges térfogatárama,  $\text{m}^3/\text{h}$  mértékegységben [8].



11.23. ábra. Példa egy membrános háztartási mérő hiba- és ellenállásgörbéjére (Rombach G4-RF1)

A **mérő ellenállása** is lényeges szempont az alkalmazás során, hiszen – amint már említettük –, a mérő működtetését az érkező gáz nyomása végzi. A háztartási mérőknek kis ellenállásúaknak kell lenniük. A 11.23. ábra egy ilyen mérő ellenállásgörbéjét szemlélteti.

Összefoglalva a membrános mérők jellemző tulajdonságait, a következők emelhetők ki:

*Előnyök:*

- igen nagy az átfogható mérési tartomány, tehát a már elfogadható hibával mérhető térfogatáramnak ( $V_{min}$ , illetve a katalógusokban gyakran  $Q_{min}$ ) és a legnagyobb, még mérhető térfogatáramnak ( $V_{max}$ ,  $Q_{max}$ ) az aránya: 1:160;
- a mérő pontossága megfelel az elszámolási mérés követelményeinek;
- a működés a gáz nyomásváltozása révén megoldott, segédenergiára nincs szükség;
- egyszerű szerkezet, olcsó kivitel;
- hosszú élettartam;
- kis nyomásveszteség;
- a gázszivárgás és tűzállóság szempontjából megfelelő kialakítás.

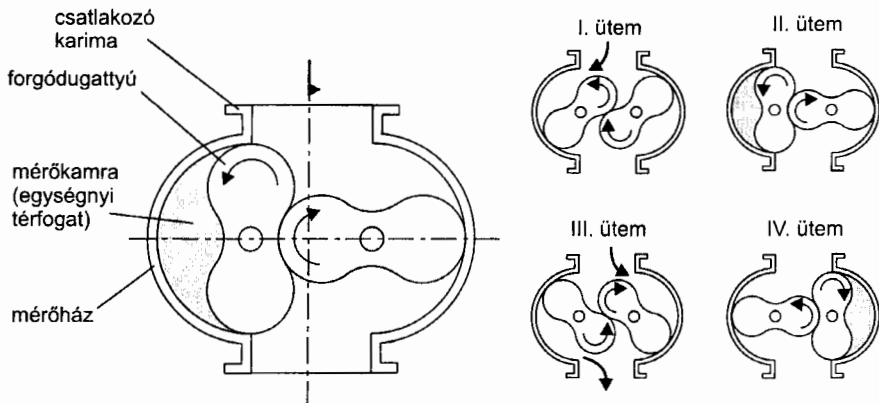
**Hátrányok:**

- érzékeny a gázban található szennyeződésekre, különösen a cseppfolyós szennyeződésekre;
- a modern mérőeszközökhöz képest mérete nagy;
- távleolvasása nehezen oldható meg.

A háztartási mérőkkel kapcsolatos mélyebb elemzések megismeréséhez ajánljuk a [6] jelű irodalom áttanulmányozását.

**11.5.2. Forgódugattyús gázmérők**

Ezek a mérők szintén a térfogatszámolás elvén működnek. Szerkezeti kialakításukat és működési elvüket a **11. 24. ábra** szemlélteti.



**11.24. ábra.** A forgódugattyús mérők szerkezeti kialakítása és mérési elve

Az ábra jobb oldali fele mutatja, hogy a mérő működése négy ütemre osztható. Az első ütemben a mérőbe áramló gáz kitölti a bal oldali forgódugattyú és a ház közötti teret. Mivel a gáz nyomási energiája révén a dugattyúk a bejelölt irányban forgómozgást végeznek, a bal oldali dugattyú a gázt a fogyasztói oldalra továbbítja, majd a harmadik és negyedik ütemben a jobb oldali dugattyú mérőkamrája is megtelik gázzal, ami azután a fogyasztói oldalra áramlik. A mért térfogat a mérőkamra térfogatból számítható, mégpedig annak figyelembe vételével, hogy a dugattyúk egy teljes fordulatukkal ennek a térfogatnak a négyszeresét továbbítják a fogyasztói oldalra. Így a mért gáztérfogat

$$V = n \cdot 4 \cdot V_{\text{mérőkamra}} \quad (11.26.)$$

ahol  $n$  a fordulatok száma.

A forgódugattyúk mozgását mágneskuplung viszi át a számlálóműre. A szivárgási veszteségek csökkentése érdekében a mérő ház és a dugattyúk közötti illeszkedés jelentősége nagy.

A régebbi forgódugattyús mérőszervezetek jellemző tulajdonságai a következők voltak:

- meglehetősen rugalmatlan működésű készülék és nem terhelhető túl;
- indítási nyomásszükséglete nagy, ezért a  $V_{min} : V_{max} (Q_{min} : Q_{max})$  arány rossz (1:10, 1:20).

Az utóbbi időben a forgódugattyús mérők szerkezete hatalmas változáson ment keresztül. A különböző konstrukciós módosítások, fejlesztések hatására a korszerű forgódugattyús mérők kiemelkedően jó tulajdonságokkal rendelkeznek [52]:

- nagy mérési pontosság,
- igen nagy átfogható mérési tartomány, a  $V_{min} : V_{max} (Q_{min} : Q_{max})$  arány 1:80, 1:200,
- igen csekély indulási érzékenység,
- a mérők kalibrálási jelleggörbéje lapos, a nulla vonalhoz tart,
- a mérő hosszú távon megtartja pontosságát (stabilitás),
- nagyfokú ismételhetőség, azaz több mérés pontossági eltérése kicsi.

Ezek a korszerű, könnyűfém öntésű mérők már felveszik a versenyt a turbinakerekes gázmérőkkel is.

A mérő jellemző hibagörbéjét a turbinás mérők tárgyalása után, az egyéb típusokkal összehasonlítva mutatjuk be.

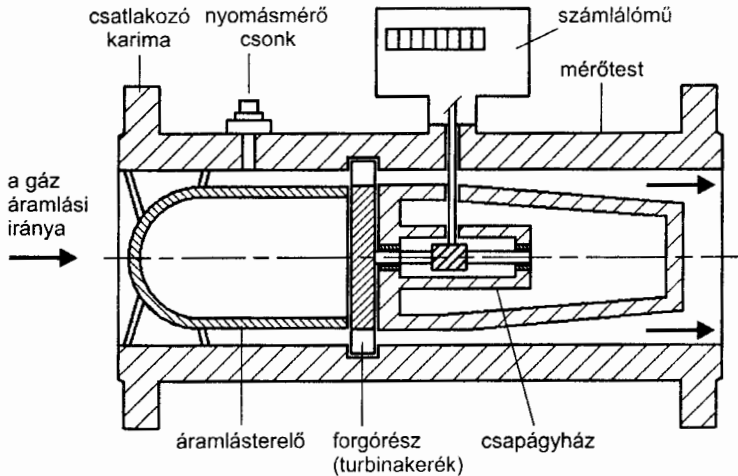
### 11.5.3. Turbinakerekes gázmérők

A sebességmérés és impulzusszámlálás elvén működő turbinakerekes mérők működése azon alapul, hogy az ismert keresztmetszeten áthaladó gázáram sebességével arányos az itt elhelyezett turbinakerék szögsebessége. A turbinakerekes gázmérők három fő egységből állnak:

- a cső alakú mérőtestből (mérőházból),
- az áramlásterelőt, a mérőturbínát és a csapágyazást magában foglaló mérőbetétből, és
- a számlálóműből.

A **11. 25. ábrán** látható módon a gázt az áramlásterelő tereli a turbinakerékre. A könnyen forgó, dinamikusan kiegyensúlyozott járókerék csapágyazott tengelyéről a mozgás egy mágneses tengelykapcsoló és hitelesített fogaskerék-pár révén a nyomásmentes számlálóműbe jut. A lapátok és a csapágyazás konstrukciója az egyes gyártóknál eltérő. Ha a turbinakerék forgástengelye a gáz áramlási irányával párhuzamos, akkor axiális mérőről beszélünk.

A turbinakerekes gázmérők érzékenysége függ a gáz sűrűségétől, viszkozitásától, hőmérsékletétől, a járókeréken fellépő axiális erőtől, a csapágyazás súrlódási nyomatékától, a járókeréken kialakuló nyomásvesztéstől, tehát a közeg sebességének négyzetétől [5].



11.25. ábra. A turbínakerékes mérő kialakítása és fő részei

A turbínakerék fordulatszáma arányos az átáramló gáztérfogattal, bár ez az arányosság nem állandó a teljes mérési tartományban. A turbínakerékes mérők fontos jellemzője az egységnyi gáztérfogatra eső impulzusszám:

$$\nu = \frac{n}{V} \quad (11.27.)$$

ahol  $n$  a turbínakerék fordulatszáma,  $V$  az átáramló összes gáztérfogat, ami két részből tevődik össze: a turbínakeréken átáramló gáztérfogattól, valamint a turbínakerék külső és a mérőtest belső átmérője közötti részen – körgyűrűn – átáramló térfogattól. Ezek matematikai elemzését az [5] jelű irodalom behatóan tárgyalja, ezért a mélyebb ismeretre vágyó olvasónak javasoljuk e cikk áttanulmányozását.

Az impulzusszámot a következő tényezők befolyásolják [5]:

$$\nu = f(W + X - Y - Z) \quad (11.28.)$$

ahol

$W$  a hasznos hajtóerőt,

$X$  az esetleg fellépő örvényhatásokat,

$Y$  az ellenállásért,

$Z$  pedig az ellenállásérték nyomatókát tartalmazza.

A (11.28.) egyenlet jobb oldalán álló tényezők mindegyike tartalmazza a járókerékre érkező gáz sebességeloszlására jellemző függvénykapcsolatot, ami rámutat a sebességprofil jelentőségére. Az  $Y$  betűvel jelölt tagban szerepel a turbínakerék mozgását gátló ellenállásérték, ami a gáz viszkozitásától függ. Ennek növekedése az ellenállásérték növeli. A negyedik tag ( $Z$ )

az ellenállásérők nyomatókával arányos, ezért a csapágyazás ellenállását, a jeladó mágneses ellenállását és a lapátcsúcsoknál kialakuló áramlási ellenállást tartalmazza.

Ha a gázfogyasztás nagy, tehát az áramlási sebesség is nagy, akkor a  $W$ -vel jelölt tag dominál. Ha a mérőbe lépő gázáram nem örvénymentes, akkor a  $X$  jelű tag hatása is megjelent. Ez helytelenül kialakított csőhálózat esetében léphet fel, ezért figyelmet kell fordítani a gyártó által előírt egyenes csőszakaszok kialakítására, vagy áramlásrendező beépítésére (ezek elméletét és gyakorlati kialakítását részletesen ugyancsak [5]-ben olvashatjuk). Általánosságban elmondható, hogy a turbinakerekes mérő előtt legalább a tízszeres csőátmérőnek, utána pedig legalább ötszörös átmérőnek megfelelő egyenes csőszakaszt kell kialakítani.

Az áramlási sebesség (azaz a gázfogyasztás) csökkenésével jelentkezik az  $Y$  és  $Z$  betűkkel jelölt tagok hatása. Különösen kis fogyasztásoknál lehet erős az ellenállásérők nyomatókának – a csapágyazás minőségének, a jeladó illesztésének – a befolyása.

A mért gáz térfogatáram a turbinakerek fordulatszámával ( $n$ ) és az átömlési keresztmetszettel ( $A$ ) arányos:

$$\dot{V} = k \cdot n \cdot A \quad (11.29.)$$

ahol  $k$  arányossági tényező.

Az axiális elrendezésű, turbinakerekes gázmérők legnagyobb előnye a nagy pontosság és a nagy pontosság ismételhetősége. Ez a kedvező tulajdonság azonban csak úgy érhető el, ha a hitelesítési és az üzemi körülmények megegyeznek. Ebből következik, hogy minden mérőnek egyedi hitelesítésre van szüksége [5]. További előny a tranziens áramlási feltételek között mutatott gyors reagáló képesség, ami kis mérőknél 5–10 ms, nagyobb készülékeknél 20 ms alatti érték.

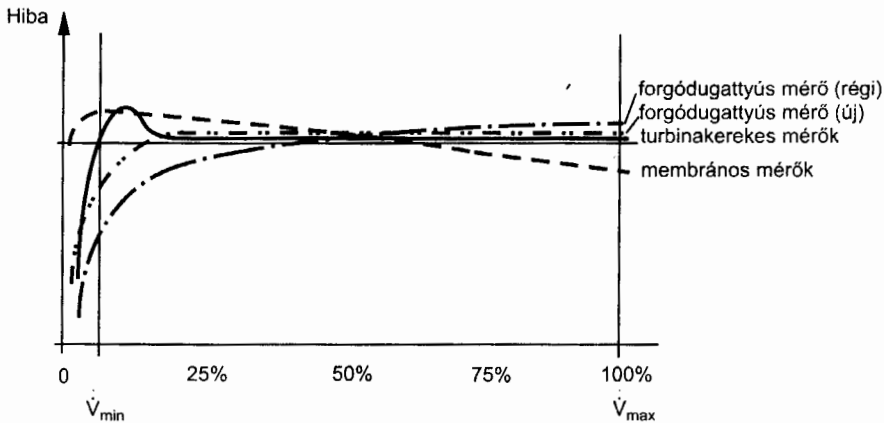
Általánosságban kimondható, hogy a jól tervezett és kiegyensúlyozott turbinakerekes mérők mérési pontossága a leolvasott érték 0,1%-a lehet, míg ipari mérőknél, 1:20 mérési tartományban  $\pm 0,25\%$ -a. A mérők gyenge pontja a csapágyazás, és érzékenységük a gáz-sűrűség változására (a hitelesítéstől eltérő gáznyomásra). Hátrány az is, hogy nincs elfogadott módszer a beépítési körülmények között végezhető, helyszíni hitelesítésre [5].

A korábban említett mérők előtti 10D, illetve utána szükséges 3-5D egyenes csőszakaszok a korszerű mérőkbe épített áramlásrendezővel jelentősen csökkenthetők. Az [52] jelű katalógusban szereplő mérőknél például a gyártó a készülék előtt mindössze 2D, utána 1D egyenes csőszakasszal szerelhetők.

A turbinakerekes mérők mérési terjedelme ( $V_{min} / V_{max}$ ) 1:10 és 1:50 sőt akár 1:100 is lehet. A turbinakerekes gázmérők hibagörbéjének jellegét a **11.26. ábra** szemlélteti. Látható, hogy a hiba széles mérési tartományban állandó, és igen csekély, az előzőekben elmondottak szerint. Ugyanitt feltüntettük az egyéb, korábban tárgyalt mérőtípusok jellemző hibagörbe alakjait is. Az ábra szemlélteti a turbinakerekes mérők előnyös tulajdonságát a membrános és a régi típusú forgódugattyús gázmérőkkel szemben.

Az elszámolásra használt gázmérők pontosságát időközönként ellenőrizni kell. [46] szerint a legfeljebb 6 m<sup>3</sup>/h névleges terhelhetőségű membrános gázmérőket 10 évenként, a nagyobb membrános, forgódugattyús és turbinás mérőket 5 évenként kell hitelesíteni.





11.26. ábra. Különböző mérők jellegzetes hibagörbéi [8] és [52] alapján

#### 11.5.4. A gázmérők kiválasztása

A háztartási fogyasztók mérésére –  $10 \text{ m}^3/\text{h}$  gázterhelésig – membrános gázmérőket alkalmaznak. A kommunális és ipari fogyasztók nagyobb gázigénye esetén, a mérendő térfogatáram növekedésével előbb a membrános, majd a turbínakerekes és a forgódugattyús mérők jöhetnek szóba.

A membrános gázmérők kiválasztásakor tekintetbe kell venni, hogy  $6 \text{ m}^3/\text{h}$  névleges gáz térfogatáramig a mérők 100%-kal is túlterhelhetők, e felett pedig legfeljebb 50%-kal. Ez azt jelenti, hogy az egyidejű gázterhelés rövid ideig meghaladhatja a mérő névleges térfogatáramának kétszeresét, illetve másfélszeresét.

Az egyidejű gáz térfogatáram meghatározására, legfeljebb  $10 \text{ m}^3/\text{h}$  névleges térfogatáramú háztartási mérőknél a 11.3. pontban tárgyalt (11.11.) jelű összefüggés alkalmazható, az ott látható egyidejűségi tényezők felvételével. Nagyobb fogyasztócsoporthoz esetében a 11.3. pontban bemutatott módszerekkel számított mértékadó gázfogyasztás vehető alapul. Kiszámítható, hogy nagy gázterhelésű fogyasztókészülékek – például kazánok – mértékadó fogyasztásának meghatározásánál a fogyasztók üzeméből fakadó térfogatáram értékek figyelembe vétele indokolt (kisláng – nagyláng, az összes készülék együttes üze, stb.), hiszen itt az egyidejűségi tényezőn alapuló számításnak nincs elvi alapja.

A mérőválasztás alapelvei [13], [34] és [39] alapján a következőkben foglalhatók össze:

- a mértékadó gázfogyasztás ne haladja meg a gázmérőn átvihető maximális térfogatáram értékét, mely utóbbi
- legfeljebb  $6 \text{ m}^3/\text{h}$  névleges terhelésű membrános mérőknél a névleges mérő térfogatáram kétszerese:

$$\dot{V}_{\text{mértékadó}} \leq 2 \cdot \dot{V}_{\text{névl}}$$

6 m<sup>3</sup>/h-nál nagyobb névleges terhelésű membrános mérőknél a névleges mérő térfogatáram másfélszerese:

$$\dot{V}_{\text{mértékadó}} \leq 1,5 \cdot \dot{V}_{\text{névl}}$$

egyéb mérőknél (turbinakerekes, forgódugattyús):

$$\dot{V}_{\text{mértékadó}} \leq 1,0 \dots 2 \cdot \dot{V}_{\text{névl}}$$

- a fogyasztócsoporthoz tartozó legnagyobb, tartós üzemi készülék gázfogyasztása ne haladja meg a névleges mérő térfogatáramot:

$$\dot{V}_{l,\max} \leq \dot{V}_{\text{névl}}$$

- a fogyasztócsoporthoz tartozó készülékek közül a legkisebb fogyasztású, vagy a csökkentett fokozatban működő készülék gázfogyasztása legyen nagyobb, mint a mérő alsó méréshatára. Egyéb adat hiányában ez a névleges mérő térfogatáram 1%-a, tehát

$$\dot{V}_{l,\min} \leq 0,01 \cdot \dot{V}_{\text{névl}}$$

#### 11.5.5. A mért értékek korrekciója

A szolgáltatási gyakorlatban alkalmazott és az előzőekben bemutatott mérőfajták mindegyike gáz térfogatot mér, ezért szükség van arra, hogy a mért értéket a kívánt állapotra átszámítsuk. A fizikai normál állapot hőmérséklet- és nyomásparaméterei: 0 °C (273,15 K) és 101325 Pa, de a gáztechnikában normál állapotnak a 15 °C (288,15 K) és 101325 Pa (1013,25 mbar) értékpárokat tekintik [49], amit gyakran „gáztechnikai normál állapotnak” neveznek (ld. az „Alapismeretek” kötet „Tüzeléstechnika” c. fejezetét). A mért értéket erre – az egyébként elszámolási alappal tekintett állapotra kell átszámítani.

A korrekció alapját az általános gáztörvény adja (erről részletesebben olvashatunk az „Alapismeretek” kötet „A termodinamika alapjai” c. fejezetében). Eszerint a mérési körülményekre ( $m$  index) és a normál állapotra ( $0$  index):

$$\frac{p_m \cdot V_m}{T_m} = \frac{p_0 \cdot V_0}{T_0} \quad (11.30.)$$

ahol

$p$  a nyomás abszolút értéke,

$V$  a térfogat,

$T$  az abszolút hőmérséklet értéke.

Átrendezve:

$$V_0 = V_m \frac{T_0}{T_m} \cdot \frac{p_m}{p_0} = V_m \cdot K_t \cdot K_p \quad (11.31.)$$

ahol a hőmérséklet- és a nyomásviszonyt korrekciós tényezőkké ( $K_t$ ,  $K_p$ ) foglaltuk.

A korrekció során tehát a következő értékeket kell helyettesíteni:

$$T_0 = 288,15 \text{ K, illetve } p_0 = 101325 \text{ Pa} = 1013,25 \text{ mbar}$$

$T_m$  a mérési időszakra vonatkozó átlaghőmérséklet abszolút értéke [K],

$$p_m = p_b + \Delta p - \varphi \cdot p_{vt} \text{ [Pa vagy mbar]}$$

ahol  $p_b$  a mérési időszakra vonatkozó átlagos barometrikus nyomás [Pa, vagy mbar mértekegységben];  $\Delta p$  a mérőnél uralkodó gáz túlnyomás átlagos értéke a mérés időtartama alatt [Pa, vagy mbar];  $\varphi$  a gáz relatív nedvességtartalma, ha vízgőzt is tartalmaz;  $p_{vt}$  a parciális vízgőznyomás.

Mivel a földgáz száraz gáz, abszolút nyomása általában:  $p_m = p_b + \Delta p$ .

A korrekció során – főleg a kisnyomás feletti tartományokban – a gáz összenyomhatóságát is figyelembe kell venni, és a korrekcióba a kompresszibilitási tényezőt is be kell vonni [34].

A mért és a normál állapotra vonatkozó térfogat közötti átszámítás (korrekció) manuálisan, vagy átszámító szerkezet (korrektor) segítségével végezhető. Ezek a szerkezetek mechanikus vagy elektronikus kialakításúak, hőmérséklet- és nyomásérzékelővel felszerelve.

### 11.5.6. A gázmérők beépítése

A gázmérők elhelyezésével kapcsolatban már a GOMBSZ [42] megfogalmazott előírásokat, amelyek eltérnek a legfeljebb 100 m<sup>3</sup>/h névleges térfogatáramú és az ennél nagyobb mérők esetében. Az előírások fontosabb pontjai [37], [39] és [42] alapján az alábbiak szerint foglalhatók össze.

#### **Legfeljebb 100 m<sup>3</sup>/h névleges térfogatáramú gázmérők**

- Gázmérő lakószobában nem helyezhető el, a gázmérőt tartalmazó helyiség lakószobával nem szellőztethető össze. Ugyancsak nem szerelhető gázmérő fürdőszobába, WC-be, garázsba, gépkocsitárolóba, kazánházba, 400 V-nál nagyobb feszültségű villamos berendezéseket tartalmazó helyiségbe, továbbá „A” és „B” tűzveszélyességi osztályba sorolt helyiségbe.
- A gázmérő és a legközelebbi gázfogyasztó berendezés között vízszintes vetületben legalább 1 m távolságnak kell lennie, ami szigetelőfallyal 0,5 m-ig csökkenthető. Ugyancsak 0,5 m távolság előírt a gázmérő legközelebbi éle és füstcső, melegvíz- vagy gőzvezeték legközelebbi alkotója között.
- A gázmérő könnyen éghető falszerkezetre, éghető, vagy hőre lágyuló burkolatú falra nem szerelhető fel.
- A gázmérő helyiségének tűzveszélyességi besorolása: „Méréselteni tűzveszélyes” (jele: D).
- Gázmérő szabadban, előkertben, külső falon, lépcsőházban, közös használatú térben csak megfelelő mechanikai védelemmel szerelhető fel, azaz zárható ajtajú fülkében vagy szekrényben.

- Pincében, alagsorban a gázmérő csak akkor helyezhető el, ha a helyiség vagy fülke nem korrózióveszélyes, a pince vakolt, talajvíz ellen szigetelt és szilárd padlóburkolattal rendelkezik, belmagassága, illetve szabad ürszelvénye pedig legalább 1,7x0,8 m.
- 140 kW-nál nagyobb összteljesítményű gázfogyasztó berendezések helyiségében gázmérő nem helyezhető el.

### **100 m<sup>3</sup>/h-nál nagyobb névleges térfogatáramú gázmérők**

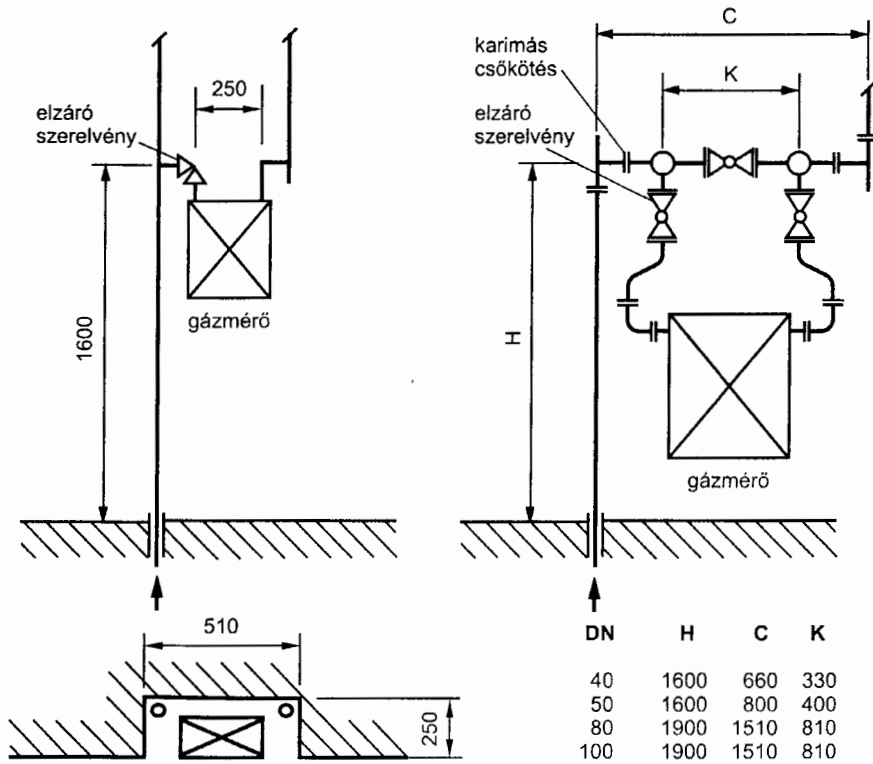
- A gázfogyasztó berendezéssel azonos helyiségben gázmérő nem helyezhető el, erre a célra külön gázmérő helyiséget kell létesíteni. Kivételt képeznek a tüzelőberendezés szerelvénytárába épített turbinakerekes és forgódugattyús mérők. A membrános mérők helyisége „Fokozottan tűz- és robbanásveszélyes” (jele: A), míg a turbinakerekes és forgódugattyús mérők helyiségének tűzveszélyességi besorolása: „Mérsékelt tűzveszélyes” (D), az Országos Tűzvédelmi Szabályzat rendelkezése szerint.
- A gázmérő helyiséget a külső fal mentén, a gázszolgáltató és a létesítmény kezelője számára könnyen elérhető helyen kell kialakítani. Bejárata a szabadból, vagy az épület közös, jól szellőző, jól megközelíthető teréből nyíljon.
- A gázmérő helyiség szellőzését alsó-felső szellőzővel kell megoldani, amelyek együttes szabad keresztmetszete a helyiség alapterületének legalább 1%-a, kitorkollásuk pedig más nyílászáróktól legalább 1 m-re van. A szellőzők mechanikai védelméről ráccsal, dróthálósval kell gondoskodni.
- A gázmérő helyiség fűtését közvetett módon kell megoldani.

A gázmérők szereléséhez gázmérő csatlakozást alakítanak ki, amely szabványos, vagy tipizált elemekből áll. Az általános előírások között megemlítjük, hogy a gázmérő elé, a mérőkötésbe elzárószerelvényt kell beépíteni. A 6 m<sup>3</sup>/h névleges térfogatáramnál nagyobb mérők esetében a mérő után is elzáró szükséges. Közületi fogyasztók 6 m<sup>3</sup>/h névleges térfogatáramnál nagyobb mérőihez – az ellátás biztonsága érdekében – kerülővezeték létesíthető, amelybe fémzárral biztosított elzárót kell beépíteni. (Ugyanez háztartási fogyasztóknál nem megengedett!) A kerülővezeték alkalmazhatóságát illetően a területileg illetékes gázszolgáltató véleménye az irányadó.

A gázmérő csatlakozásokat a gázmérő csomópontjának névleges átmérője alapján nevezik meg (pl. DN 25, DN 40, DN 50, stb.)

A [13], [37] és [39] jelű irodalmak részletesen bemutatják a tipizált mérőkötéseket, erre itt most nem térünk ki. A **11.27. ábrán** mindössze két vázlatos elrendezést mutatunk be. Az ábra bal oldalán az egységes háztartási gázmérő-csatlakozás vázlata látható. A mérő bekötő csomópontját a padlószinttől általában 1600 mm-re kell kialakítani, de villamos árammérő alatt 900 mm magasan is lehet. A háztartási mérők fülkében is elhelyezhetők, ennek szélessége DN 25 méretű csatlakozásnál 510 mm. Nagyobb méretű mérőknél, természetesen szélesebb fülkét kell biztosítani.

A kommunális és ipari membrános mérők szülő kivételű csatlakozására mutat példát az ábra jobb oldala. Itt megadtuk a különböző névleges átmérőkhöz (DN) tartozó geometriai



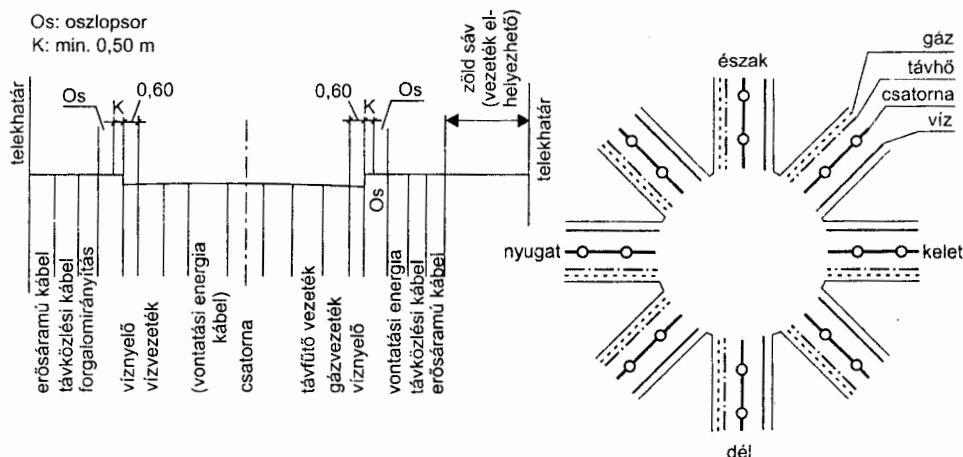
11.27. ábra. Egységes háztartási mérőkötés (bal oldal) és ipari-kommunális mérőkötés (jobb oldal) vázlata [34]

méreteket is. A mérőcsatlakozás iker kivitelben is kialakítható, ahol egymás mellett, külön bekötéssel két mérő kap helyet. A hivatkozott irodalmakban erről is bővebb tájékoztatást kaphatunk.

## 11.6. Csatlakozás a gáz közműre

A 11.2.3. pontban bemutatottuk, hogy az épületek csatlakozó vezetéke a közterületen haladó gázelosztó hálózatra kapcsolódik (a gázelosztó, a csatlakozó és a fogyasztói vezeték definíciójához lapozzunk vissza a 11.2.1. ponthoz).

Közterületen a gázelosztó vezeték térszint alatt halad, a [44] szabvány szerinti elrendezésben. Amint erről kötetünk „Távhőszolgáltatás” c. fejezetében is szó lesz, például egyedi közmű elrendezésnél, egypályás úttest esetén a különböző közművek elhelyezkedése a 11.28. ábra bal oldala szerinti. A 11.28. ábra jobb oldala a közművek égtáj szerinti elrendezését mutatja.



11.28. ábra. A közművek elhelyezése az úttest alatt és égtáj szerint (utóbbi az ábra jobb oldalán)

A gáz elosztóvezeték az úttestnek a naptól az épületek által védett oldalán, a víznyelők részére fenntartott sáv mellett halad, szokásosan 0,8...1,2 m mélységben. Az egyes közművezetékek távolságát egymástól a [44] szabvány 2. része írja elő, míg a gáz elosztóvezetékek távolságát az épületektől, a vasúttól és a villamos vágányoktól a [43] szabvány 3. része tartalmazza. Ebből csak a kis- és középnyomású vezetékekre vonatkozó előírások a **11.2. táblázat** szerinti.

Kis- és középnyomású gázvezetékek védőtávolsága vízszintes vetületben épülettől, a vasúti úrszelvény szélétől és villamos vágánytól [43] szerint

11.2. táblázat

A vezeték		Védőtávolság [m]			
nyomásfokozata	névleges átmérője	I. kategóriájú épülettől	II. kategóriájú épülettől	Vasúti úrszerelvénytől	Villamos vágánytól
Kisnyomású	tetszőleges	3 (2)	2 (1)	1 (1)	2 (1)
Középnyomású	legfeljebb 90	4 (3)	3 (2)	3 (1)	2 (1)
	90 felett	5 (3)	4 (3)	4 (2)	3 (1)

Megjegyzések:

I. kategóriájú épület: a kommunális épület és az a lakó- vagy üzemi épület, amely vagy legalább 200 fő befogadására alkalmas, vagy alapincizetlen, illetve lakott pincéjű, vagy legalább kétemeletes.

II. kategóriájú épület: az I. kategóriába nem tartozó épület.

A zárójelben lévő védőtávolságok azzal a feltétellel alkalmazhatók, ha az épületet, vasutat vagy villamos vágányt megközelítő gázvezeték a zárójel nélküli védőtávolságon belül védelemmel rendelkezik (pl. védőcsőben halad), továbbá utóbbi két esetben aktív korrózióvédelemmel ellátott (ld. az „Alapismeretek” kötet „Korrózióvédelem” c. fejezetét, vagy a [39] jelű irodalmat).

A közművek, így a gáz elosztóvezeték adatait a **közműnyilvántartás** keretében kidolgozott közműtérképek tartalmazzák. A közműtérképeken látható:

- a közművek nyomvonala,
- a hálózati műtárgyak sora és
- a szerelvények.

A közműtérkép együttesen feltünteti az adott terület valamennyi közművét, míg a szakági részletes helyszínrajz csak egy-egy közműhálózat vezetékeit, műtárgyait, szerelvényeit tartalmazza. Mindkét térképfajta léptéke 1:500, szemben az áttekintő helyszínrajzokkal, amelyek léptéke 1:4000. A térképeken egységes közműjelkulcsot alkalmaznak. A változásokat a központi közműnyilvántartón keresztül minden térképen átvezetik, mert ez a térképek alkalmazhatóságának alapvető feltétele. A korszerű számítógépes eszközök felhasználásával ma már olyan adatbázisok is rendelkezésre állnak, amelyek segítik a tervező munkáját. A közműnyilvántartásról részletesebben olvashatunk a [39] jelű irodalomban.

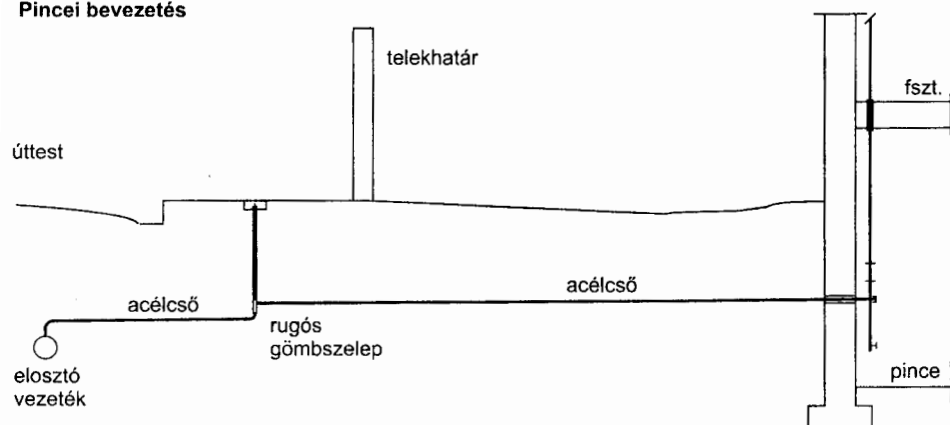
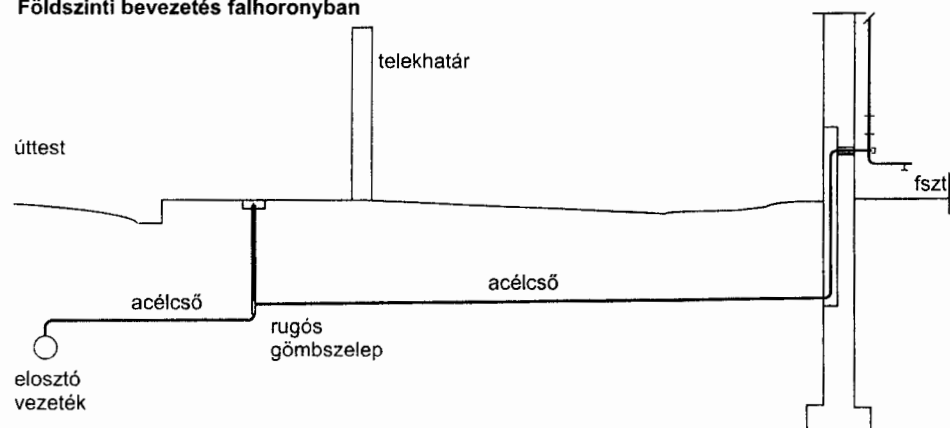
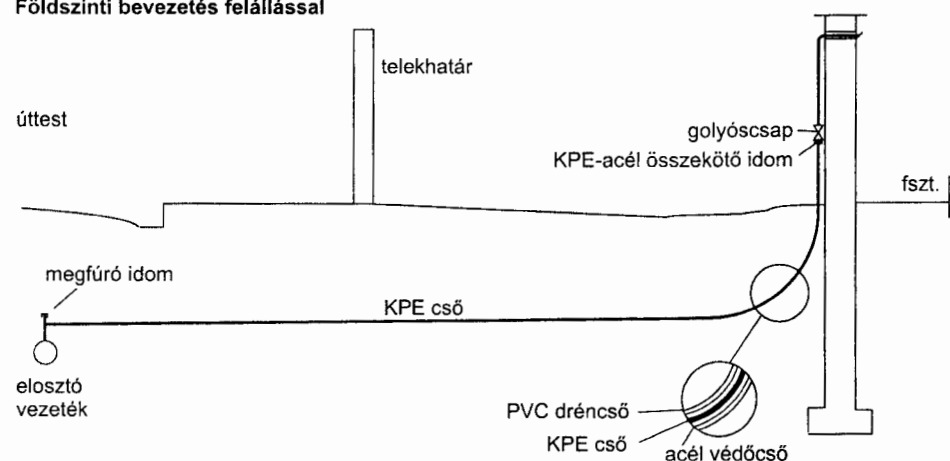
#### 11.6.1. A csatlakozó vezeték kialakítása és méretezése

A csatlakozó vezeték a meghatározás szerint [47] a fogyasztó főelzárójától illetve a telekhatártól a gázmérő főcsapjáig – vagy gázmérő hiányában – a fogyasztó főcsapjáig terjedő vezetékszakasza. Az ezt megelőző, a közterületi elosztó vezetéktől a főelzáróig, illetve a telekhatárig húzódó vezeték-szakaszt leágazó, vagy más néven bekötővezetéknek hívjuk. A csatlakozó vezeték vízszintes része az alapvezeték, amely elhelyezésétől függően lehet földi vezeték, légvezeték, épületen belüli (belső) vezeték [27]. A csatlakozó vezeték épületen belül kialakított, függőleges részét felszálló vezetéknek hívjuk. Többszintes épületeknél ez a felszálló köti össze az alapvezetékkel a különböző szinteken lévő gázmérőkkel, vagy – ezek hiányában – a fogyasztói főcsapokkal.

A csatlakozó vezeték létesítésénél alapvető szempont, hogy lehetőleg minden ingatlan külön leágazó vezetékkel kell ellátni, ettől eltérő megoldásokat a gázszolgáltatók általában egyedileg bírálják el. Idegen ingatlanon a csatlakozó és a fogyasztói vezeték csak szolgalmi jog létesítésével vezethető át. Az így létesített csatlakozó vezeték előtt [37] földi elzáró-szerelvény beépítését írja elő.

A csatlakozó vezeték kialakítását befolyásolják a 11.5. ábrán bemutatott gázellátási változatok, hiszen a házi nyomásszabályozó állomás része a csatlakozó vezetéknek. Emellett a műanyagcsöves (KPE-csőves) szerelés elterjedése is megváltoztatta a csatlakozóvezeték kialakítását. A hagyományos, kisnyomású gázellátásra jellemző néhány változatot a **11.29. ábrán** mutatunk be.

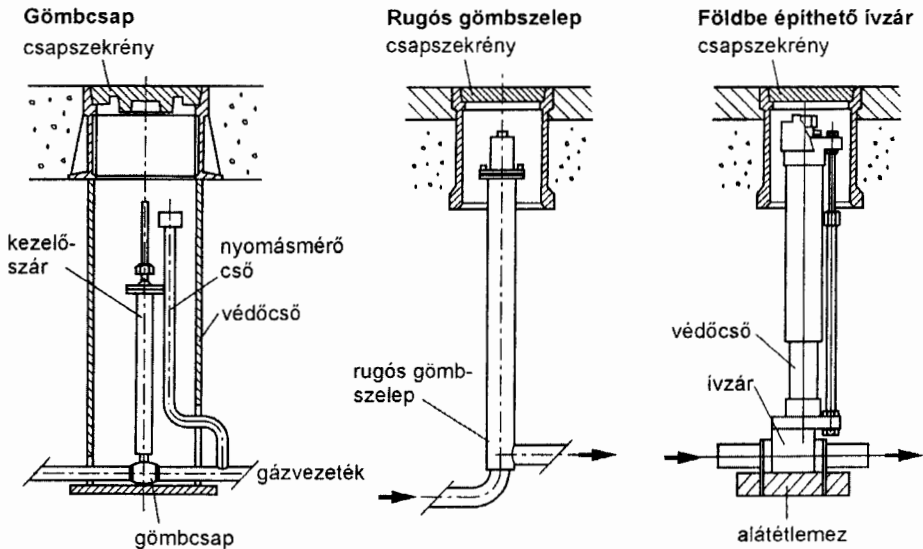
Az ábrán látható első két vázlat a hagyományos kisnyomású gázellátásnak megfelelő pincei, valamint földszinti bevezetést mutatja [10] és [39] alapján. (Részletrajzok ezekben az irodalmakban találhatók.) Ezekre a kialakításokra a telekhatáron kívül, a térszint alatt elhelyezett főelzáró, és az acélcsőves szerelés a jellemző. A közterületen beépített főelzáró a [43] szab-

**Pincei bevezetés****Földszinti bevezetés falhoronyban****Földszinti bevezetés felállással**

11.29 ábra. A hagyományos kisnyomású gázellátásra jellemző csatlakozó vezeték kialakítások



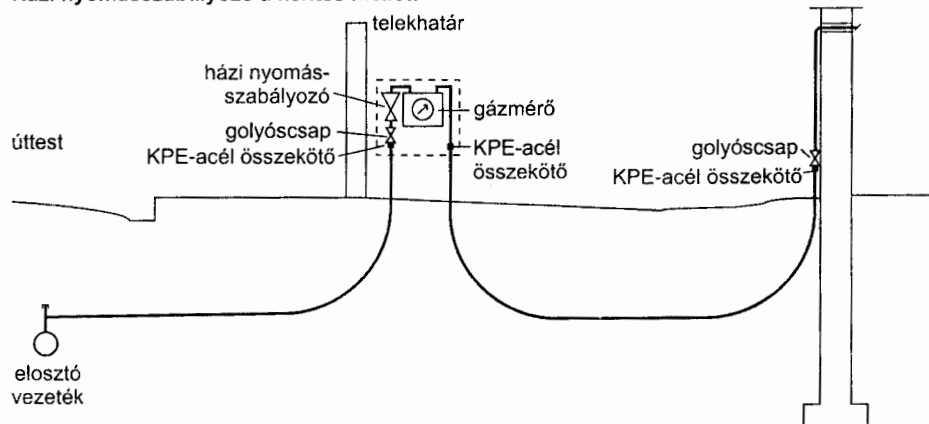
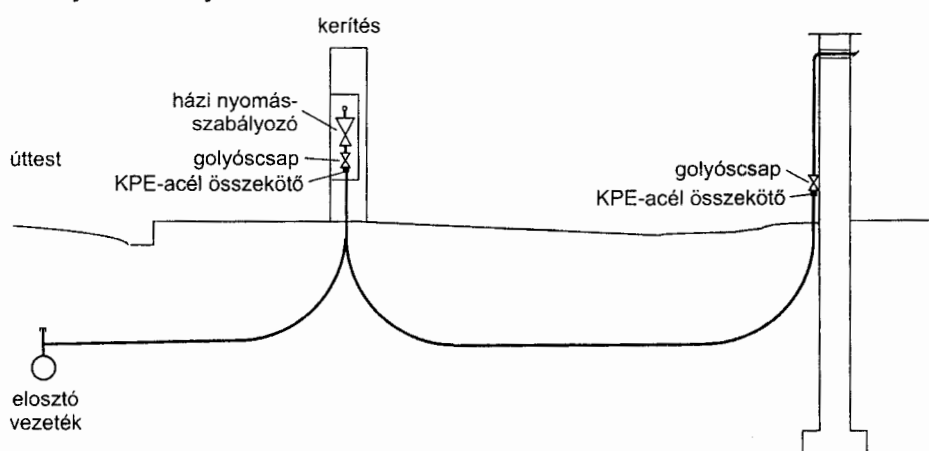
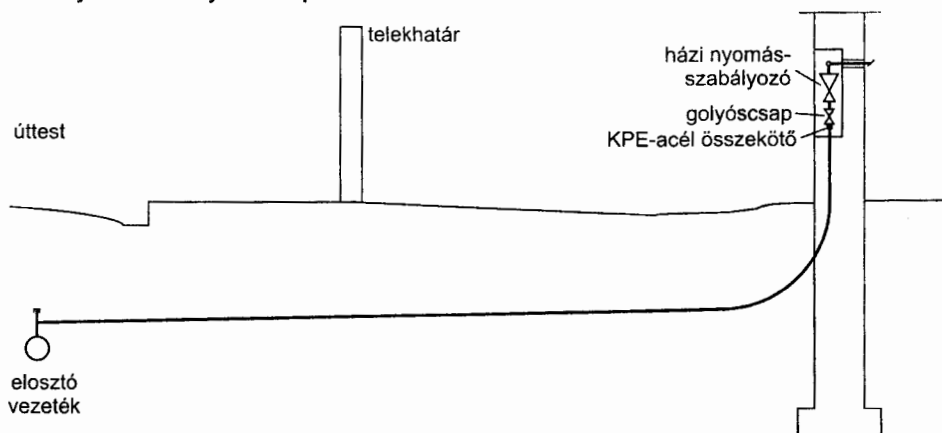
ványsorozat előírása szerint rugós gömbszelep, vagy a felmerülő követelményeknek megfelelő egyéb elzárószerezvény lehet. [39] szerint kisebb méreteknél gömbcsap, nagyobb méreteknél tolózár alkalmazható. [37] ezzel szemben kedvezőtlen üzemeltetési tapasztalatokra hivatkozva a rugós gömbszelep és a földbe építhető ívzár kiváltását írja elő. A gömbcsap, a rugós gömbszelep és a földbe épített ívzár elrendezését a csatlakozó vezetékben a **11.30. ábra** mutatja.



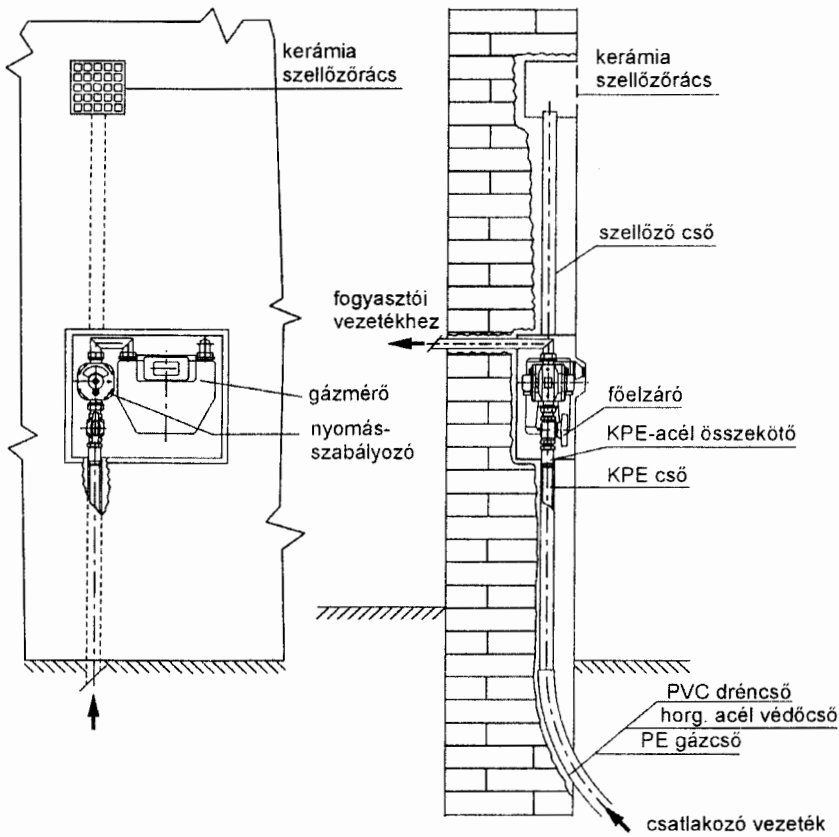
**11.30. ábra.** Földbe épített gömbcsap (balra), rugós gömbszelep (középen) és ívzár (jobbra)

A 11.29. ábra harmadik része a hagyományos kisnyomású gázellátáshoz illeszkedő, de műanyagcsöves leágazó vezetékrendszerrel kialakított csatlakozó vezeték mutat [21]. A vezetékrendszert, szerelési egységeivel és célszerszámaival a KÖGÁZ dolgozta ki. A vázlatos ábrán látható módon a csatlakozó vezeték megfűró idommal csatlakozik az elosztóvezetékre, de lehetséges nyeregídommal kialakított csatlakozás is. (Ezekről részletesebben pl. a [39] jelű irodalomban vagy a vonatkozó technológiai utasításokban olvashatunk, könyvünk terjedelme csak az elvi tárgyalást teszi lehetővé.) Az épület közelében a KPE cső védelmét és a megbontható talajszerkezet kiszellőztetését acél védőcső, illetve perforált PVC dréncső biztosítja. Az acél védőcsövet a falhoz bilincsel rögzítik, a KPE cső végére pedig KPE-acél összekötő idom kerül, amelynek folytatásaként azután következhet az acélcsöves szerelés. (Térszint felett, épület falán, kerítésen, oszlopon már csak szavatolt minőségű acélcsővel végzett szerelés engedhető meg! [37])

A **11.31. ábra** a középnyomású gázelosztásnál szóba jöhető elrendezéseket szemlélteti, a telekhatáron belül elhelyezett házi nyomásszabályozóval (és gyakran mérővel). A felső vázlat telekhatáron belül, annak közelében felállított szekrényben elhelyezett házi nyomásszabályozót mutat. A leágazó vezeték itt is műanyag, KPE csőből készül, amely perforált PVC dréncsővön, illetve acél védőcsővön keresztül jut a szekrényhez.

**Házi nyomásszabályozó a kerítés mellett****Házi nyomásszabályozó a kerítésben****Házi nyomásszabályozó az épület falában**

11.31. ábra. A középnyomású gázelosztás csatlakozó vezeték elrendezései



11.32. ábra. Épület falában elhelyezett házi nyomásszabályozó és mérő (JUTEC)

Az elmúlt időszakban a KPE-csöves szerelési módhoz illesztve a korábban alkalmazottnál – az előző kialakításhoz képest – esztétikusabb, kerítésbe illetve az épület falába építhető bekötési megoldások is megjelentek a gázellátó rendszerekben. A 11.32. ábra ezek közül az épület falában elhelyezett szekrényben lévő nyomásszabályozót és gázmérőt mutat. A szabadalommal védett megoldásnál a korlátozott hozzáférésű főelzáró betörhető plexi ablak mögött kap helyet, a KPE cső védelmét a PVC dréncső mellett horganyzott acél védőcső is szolgálja [19]. A szekrénytér szellőzése is megoldott a belőle csatlakozó szellőző kürtővel és a falfelületen kialakított kerámia ráccsal. Emiatt az épület falába épített nyomásszabályozó-mérő elrendezés esetén nincs szükség a nyílászáróktól való két méteres védőtávolságra.

A földi csatlakozó vezeték elhelyezésével kapcsolatban ismét hivatkozunk a 11.2 táblázatban bemutatott védőtávolságok betartására. Szem előtt kell tartani azt is, hogy a gázvezeték az egyéb közműveket lehetőleg felülről keresztezze.

Az épületen belüli vezeték-szakasz kialakításával és elhelyezésével kapcsolatban néhány fontosabb előírást a következőkben összefoglalunk, a [43] szabvány 2. része, illetve ennek alapján [37], [39] szerint.

- Csatlakozó vezeték – azaz méretlen gázvezeték – nem vezethető át:
  - lakószobán és hálóhelyiségen,
  - „A” és „B” tűzvesélyességi osztályú helyiségen,
  - kazánházon,
  - olyan zárt téren, ahonnan valamely központi szellőzőrendszer a levegő betáplálást kapja,
  - 400V-nál nagyobb feszültségű villamos berendezést tartalmazó helyiségen,
  - hűtőtérén, illetve hűtőhelyiségen,
  - három, vagy ennél nagyobb számú gépkocsi tárolására szolgáló helyiségen,
  - életvédelmi célú helyiségen, továbbá
  - általában hozzá nem férhető és nem átszellőztetett üregekben (pl. padlócsatornában, csőalagútban, nem járható szerelőaknában).

A felsorolt helyiségeken – más megoldás hiányában átvezethető a gázvezeték, ha legalább két mérettel nagyobb, mindkét oldalon túlnyúló és kiszellőztetett védőcsőben helyezik el.

- A legfeljebb két férőhelyes gépkocsitárolón átvezetett gázvezetékét úgy kell kialakítani és szükség esetén védőszerkezettel ellátni, hogy mechanikai sérülés ellen védett legyen, oldható csökötetést ne tartalmazzon, továbbá a helyiség megfelelő szellőzése alsó-felső szellőzőnyílásokkal biztosított legyen.
- A csatlakozó vezeték csak sugaras elrendezésben alakítható ki, körvezetékként nem.
- Talajszintnél mélyebben fekvő épületszerkezetekben és műtárgyakban csak legfeljebb 0,9 relatív sűrűségű (ld. „Alapismeretek” kötet „Tűzeléstechnika” c. fejezetét) gázt szállító vezeték alakítható ki.
- A felszálló vezetékek sem alakíthatók ki körvezetékként. A felszálló vezeték tartalmazó szerelőakna, vagy szekrény legyen szintenként elválasztott.
- Az épületben lévő alap- és felszálló vezetékét a fűtési vezetéktől legalább 0,2 m-re, vízvételi helytől – a csapoló tengelyétől – legalább 0,5 m-re kell elhelyezni. Ellenkező esetben védőcső alkalmazása szükséges.

Általánosságban arra hívjuk fel olvasónk figyelmét, amelyet [43] is tartalmaz: a csatlakozó vezeték kialakítása feleljen meg az illetékes szolgáltató műszaki előírásainak, technológiai utasításainak, ezért bonyolultabb esetben konzultáció javasolt.

### A csatlakozó vezeték anyaga és szerelése

A *földbe fektetett csatlakozó vezeték* anyaga acél vagy műanyag lehet. Az acél anyagú vezeték jól hegeszthető húzott, illetve hosszvarratos acélcsőből készül. Kötése hegesztéssel végezhető, amelyet előírt képzettségű hegesztő szakmunkás készíthet. Az acél csatlakozó vezeték DN 100 méretig általában 0,8 m földtakarással kell kialakítani, e felett a takarás legalább 1 m [37]. A gázvezeték passzív korrózióvédelemmel kell ellátni, amely a gyakorlatban a fémtestre szorosan és hézagmentesen feltekercselt szigetelőfólia. Csatlakozó vezetékként lehetőség szerint gyárilag szigetelt csövet kell alkalmazni, a helyszíni

szerelést követő helyszíni szigetelést megfelelő jellemzőkkel rendelkező szigetelőanyaggal úgy kell elvégezni, hogy folyamatos átmenetet biztosítson a gyári szigeteléssel.

A gyakorlatban műanyag csatlakozó vezetékként nagysűrűségű (kemény) polietilén csövet alkalmaznak, a 11.29. és 11.31. ábrákon látható elrendezések szerint. Csatlakozó vezeték kialakítására az éghető gázok szállítására alkalmas kivitelű csövek alkalmasak. Legkisebb méretük DN 20, ami közelítőleg 20 mm-es külső átmérőt jelent. A polietilén csövek kialakításával kapcsolatosan – [37] alapján – a következők emelhetők ki:

- a lakóépület 1 m-es körzetén belül a földben ne legyen hegesztett kötés, illetve anyagváltás,
- a KPE-acél összekötő idomot (ld. a 11.29. és 11.31. ábrákat) a talajból kilépve, a talajszint felett 0,3–1,5 m-es magasságban kell elhelyezni,
- csatlakozó vezetékeknél, DN 63 méretet meg nem haladó csövek esetében, a földtakarás legalább 0,6 m, DN 63 felett legalább 0,8 m.

A hagyományos polietilén gázcsövek alapanyaga nagysűrűségű polietilén (KPE), illetve lineáris polietilén (LPE). Ezeket a csöveket szilárdságuk alapján PE 80 típusú csöveknek is nevezik. Az új, ún. harmadik generációs polietilén anyagok jele PE 100, ezekből azonos falvastagság mellett nagyobb nyomásfokozatú csövek gyárthatók [40].

A csövek jelölése:

A cső alapszíne	A jelölés (csíkozás) színe	A felirat színe
Fekete	nincs	sárga
Fekete	sárga	fehér
Sárga	nincs	piros

A különböző alapanyagokból ugyanazzal a falvastagsággal különféle nyomásfokozatú csövek készíthetők, ezért a csősorozat jelölésére az átmérő/falvastagság arányt használják, amit európai jelöléssel SDR néven adnak meg.

A polietilén csöveket és csőidomokat hegesztéssel kötik össze, amit az ilyen vezetékek építésére kiképzett, vizsgázott szakember végezhet, érvényes tanúsítvánnyal rendelkező berendezéssel. A csőkötés készülhet tokos (polifúziós), fűtőszálas (elektrofűtő) és tompahegesztéssel [37]. (A kötések elvét, a részletek bemutatása nélkül a 11.33. ábra szemlélteti.)

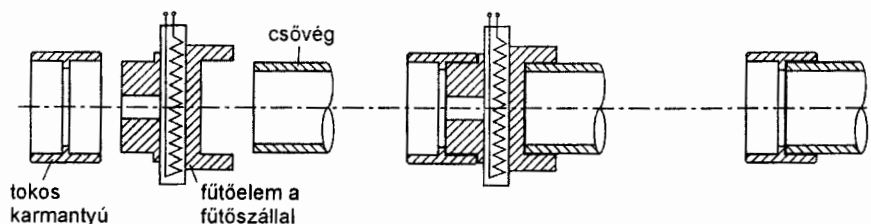
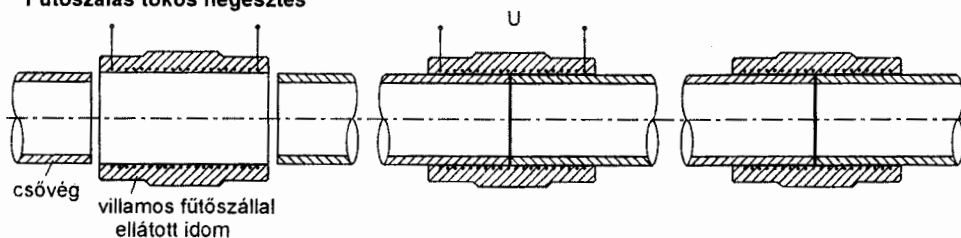
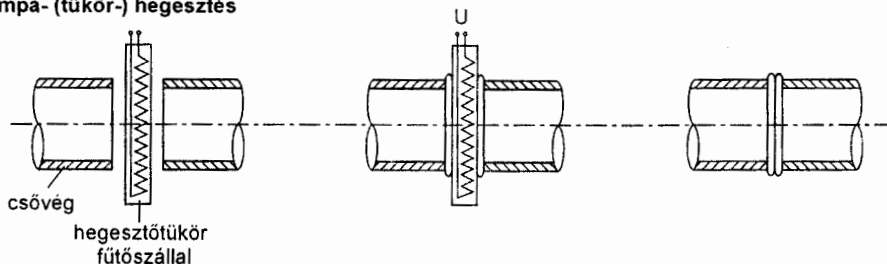
Tokos hegesztésnél a csővég külső palástját és a tokos idom belső palástfelületét melegítik és e felületek között jön létre a kötés. A DN 63 méretet meg nem haladó csövek tokos kötését kézzel készíthetők, e méret fölött géppel. A hegesztést villamos fűtéssel szabályozott hőmérsékletre melegíthető fűtőelem-párral végzik, amelyek felülete teflonbevonatú. A hegesztés hőmérsékletét, valamint a hőntartás és lehűlés idejét a technológiai utasítások rögzítik.

Fűtőszálas tokos hegesztésnél (elektrofűtő hegesztésnek is nevezik) a tok belsejében, a csőpalásttal érintkező felület mentén ellenálláshuzal található, amelyet a hozzá tartozó hegesztőkészülékre, mint feszültségforrásra kapcsolnak. A felmelegedő huzal megolvasztja a cső és az idom érintkező felületét, és összehegeszti azokat. A hegesztőkészülék a tápfeszül-

Fázisok: előkészület

felmelegítés, hőntartás

lehülés

**Tokos hegesztés****Fűtőszálas tokos hegesztés****Tompa- (tükör-) hegesztés**

11.33. ábra. A polietilén csövek kötési módjai [16] alapján

séget automatikusan lekapcsolja, a kötés lehülése után a hegesztés elkészült. A hegesztési művelet előkészítésére és műveleti adataira szintén technológiai utasítás vonatkozik.

A tompahegesztés vagy más néven homlok vagy tükörhegesztés lényege, hogy a megmunkált végű és megfelelően összeillesztett (az egytengelyűsége, párhuzamosságra ügyelni kell) csővégeket az ugyancsak szabályozott és egyenletes hőmérsékletű hegesztőtükör melegíti fel az előírt hőmérsékletre. A tükör teflonbevonatú, hogy a polietilén anyag ne tapadjon rá. A csővégek megolvadnak, ezt követően a hegesztőtükört eltávolítják a csővégek közül, és a végeket összenyomják. A hegesztés mentén egyenletes olvadákgyűrű keletkezik, amelynek alakja jellemző a hegesztés minőségére. A kitüremkedett gyűrűt nem munkálják le [39]. A hegesztés paraméterei (fűtési hőmérséklet, hőntartási idő, a csővégek és a hevítőtükör, majd a csővégek közötti nyomóerő, az olvadákgyűrű magassága, stb.) ugyancsak a technológiai utasításokban rögzítettek. Az OBF hatósági állásfoglalása szerint tompahegesztéssel a DN 160-as és ennél nagyobb méretű csövek hegeszthetők [37].

Az *épületen kívül, de térszint felett szerelt vezeték* – ami az előzőeknek megfelelően csak szavatolt minőségű acélcső lehet – kialakítására a gázszolgáltató előírásait kell figyelembe venni. [37] például a vezeték megfelelő tartozására (pl. kerítésre, kerítésoszlopra szerelve min. 2 méterenként) és a mechanikai védelemre hívja fel a figyelmet.

*Épületen belül* a jelenleg használatos csőanyagok: szavatolt minőségű varrat nélküli és hosszvarratos acélcső és rézcső. A gázvezeték minden esetben oldhatatlan kötéssel kell kialakítani, acélcsőnél hegesztéssel, rézcsőnél kapilláris keményforrasztással vagy préskötéssel. Keményforrasztást a HW-rendszereknél alkalmaznak (növelt kisnyomású rendszerkialakítás, részletesen ld. [24], [37], [39]), ma viszont a korszerű, préskötéses szerelési mód terjed [20].

Az acél anyagú gázvezetékek korrózióvédelmét passzív vagy aktív eljárással kell biztosítani, ahol a passzív módszer a felületi bevonatot jelenti (ld. az előzőekben), míg az aktív módszer elektrokémiai vagy katódos védelem. A korrózióvédelem alapjairól az „Alapismeretek” kötet „Korrózióvédelem” c. fejezetében, kialakításáról és a védelem ellenőrzéséről a [39] jelű irodalomban olvashatunk részletesebben.

A kivitelezési munkát minőségi vizsgálatok és befejező fázisok sora (pl. a munkaárok betemetése) zárja. Ezekről az illetékes gázszolgáltatók technológiai utasításai (pl. [37]) adnak tételes tájékoztatást, de átfogó ismeretek [39]-ből is szerezhetők.

### A csatlakozó vezeték méretezése

A csatlakozó vezeték méretét áramlástan és – szükség esetén – szilárdsági méretezéssel kell ellenőrizni.

Az áramlástan méretezés alapja az áramló közegek nyomásvesztésének meghatározására szolgáló összefüggés (az alapokhoz lásd az „Alapismeretek” kötet „Áramlástechnika” c. fejezetét):

$$\Delta p = \left( \lambda \frac{\ell}{d} + \sum \xi \right) \frac{\rho_{\text{gáz}}}{2} v_{\text{gáz}}^2 \quad (11.32.)$$

ahol

$\Delta p$  a vezetékszakasznak a nyomásvesztése [Pa],

$\lambda$  a cső súrlódási tényező,

$\ell$  a csőszakasz hossza [m],

$d$  a cső átmérője [m],

$\sum \xi$  a szakaszon lévő ütközési (alaki) ellenállások összege,

$\rho_{\text{gáz}}$  a gáz sűrűsége a szakaszon (kisnyomású vezetéknél állandónak vehető) [kg/m<sup>3</sup>],

$v_{\text{gáz}}$  a gáz sebessége [m/s].

A méretezett vezetékszakaszmértékadó gázterhelésével a sebesség a következőképpen írható:

$$v = \frac{4 \cdot \dot{V}_m}{d^2 \cdot \pi} \quad [\text{m/s}]$$

ahol  $\dot{V}_m$  a mértékadó gázterhelés,  $\text{m}^3/\text{s}$  mértékegységben.

Így a nyomásveszteség:

$$\Delta p = \left( \lambda \frac{\ell}{d} + \sum \xi \right) \frac{\rho_{\text{gáz}}}{2} \frac{16}{\pi^2} \frac{\dot{V}_m^2}{d^4} \quad [\text{Pa}] \quad (11.33.)$$

A gyakorlatban a [43] szabvány 2. részében foglalt előírásnak megfelelően az alaki ellenállások helyett az *egyenértékű csőhosszal* számolnak [26], [39], amivel a nyomásveszteség:

$$\Delta p = \frac{8}{\pi^2} \cdot \lambda \frac{\ell_m}{d^5} \rho_{\text{gáz}} \cdot V_m^2 \quad [\text{Pa}] \quad (11.34.)$$

ahol  $\ell_m = \ell_t + \ell_{\text{egy}}$  [m], a tényleges csőhossz ( $\ell_t$ ) és az alaki ellenállást kifejező egyenértékű csőhossz ( $\ell_{\text{egy}}$ ) összege.

Az összefüggésben szereplő mértékadó gáz térfogatáram a 11.3.2. pont szerint határozható meg. A gáz sűrűsége, ha a relatív sűrűség ( $d$ ) adott:  $\rho_{\text{gáz}} = d \cdot \rho_{\text{lev}}$  (ld. az „Alapismeretek” kötet „Tüzeléstechnika” c. fejezetét), ahol  $\rho_{\text{lev}}$  a levegő azonos állapothoz tartozó sűrűsége.

A csősúrlódási tényező acél anyagú csatlakozó- és fogyasztói vezetéseknél jó közelítéssel 0,024 értékre vehető fel, egyébként a Weymouth-összefüggéssel számítható ( $d$  csőátmérő):

$$\lambda = \frac{0,094}{\sqrt[3]{d}}$$

A műanyag csővezeték csősúrlódási tényezője hozzávetőlegesen az acélra megadott érték felére vehető fel ([43] 2. rész).

Az egyenértékű csőhosszak ugyanebből a szabványból:

A helyi ellenállás megnevezése	Csőméret [DN]						
	20	25	32	40	50	80	100
	Egyenértékű csőhossz [m]						
Ív, könyök, T-idom, szűkítő	1	1	2	2	3	5	7
Gázmérő kötés a csatlakozó vezetéken (csappal)	3,3	3,5	7	7	–	–	–
Gázmérő kötés a fogyasztói vezetéken	2,5	2,5	5	5	–	–	–
Készülék kötés (csappal)	2,5	2,5	5	5	–	–	–

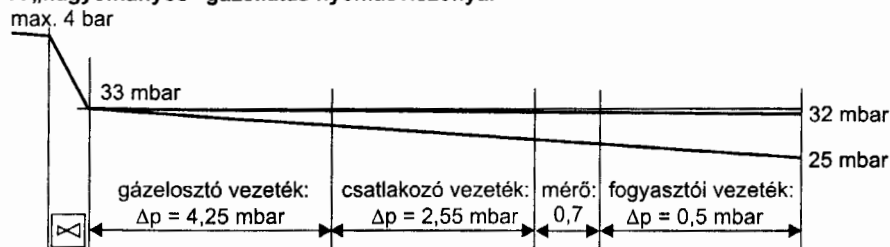


A számításához további részletek és mintapéldák a [26] jelű irodalomban találhatók. A méretezéshez egyes irodalmak méretezési táblázatokat is közölnek (pl. [11], [24], [39]).

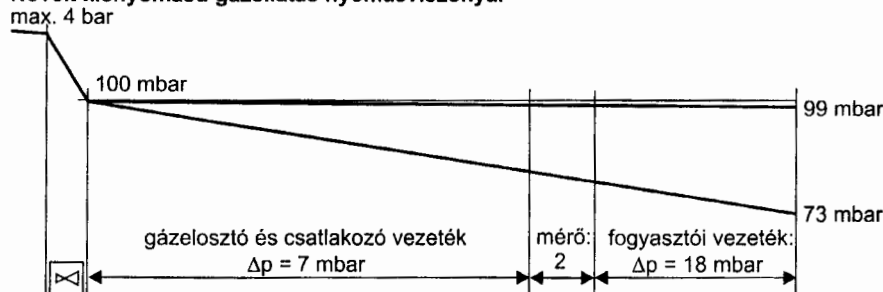
A méretezés célja, hogy – a kereskedelemben kapható csőátmérők és az előírt legkisebb átmérők figyelembe vételével – a számított nyomásveszteség kisebb legyen, mint az adott vezetékre megengedett érték.

A kisnyomású vezetékszakaszokra, és ezen belül a csatlakozó és fogyasztói vezetékekre a gyakorlatban a **11.34. ábrában** feltüntetett értékek vehetők alapul. A növelt kisnyomású vezetékekre bemutatott értékek példának tekinthetők, erre a [24] és [39] jelű irodalmak más lehetőségeket is megadnak. Az ábra nem tartalmaz útmutatást a telekhatáron elhelyezett házi nyomásszabályozók után felvehető megengedett nyomásveszteségre. Itt értelemszerűen abból kell kiindulni, hogy a nyomásszabályozó beállítási értéke (pl. 30 mbar) és a készülék csatlakozási nyomása (pl. 25 mbar) közötti nyomáskülönbség használható fel a gázmérő és a

**A „hagyományos” gázellátás nyomásviszonyai**



**Növelt kisnyomású gázellátás nyomásviszonyai**



**11.34. ábra. A csatlakozó és a fogyasztói vezetéken megengedett nyomásveszteségek**

gázvezeték ellenállásának legyőzésére.

A csatlakozó vezeték legkisebb megengedett átmérője acél csőanyag esetében DN 25 (1") [11], [37], [39], míg KPE cső esetén DN 20 [37].

A **felszálló vezetéknek**, mint a csatlakozó vezeték részének a méretezésekor azt kell figyelembe vennünk, hogy a sűrűségkülönbségből a nyomásvesztéssel ellentétes értelmű nyomásnövekedés jön létre [43]:

$$\Delta p_f = H \cdot g \cdot (\rho_{lev} - \rho_{gáz}) \quad [\text{Pa}] \quad (11.35.)$$

ahol az előző jelöléseken túl

$H$  a felszállóvezeték hatáson magassága (a vezetékszakaszcso kezdő- és végpontjának szintkülönbsége) [m], valamint

$g$  a nehézségi gyorsulás [m/s<sup>2</sup>].

A gyakorlatban alkalmazott felszálló vezeték méretek mellett a nyomásvesztés és a sűrűségkülönbségből eredő nyomásnövekedés kiegyenlíti egymást, ezért a felszálló vezeték méretezésére nincs szükség. A felszálló legkisebb mérete acélcso DN 25 (1"), ami a csatlakozó vezeték legkisebb mérete, és egyúttal a gázmérő csatlakozással is összhangban van. Ez a méret azonban csökkenthető, és pl. [37] DN 20 (3/4") legkisebb acélcso méretet ír elő.

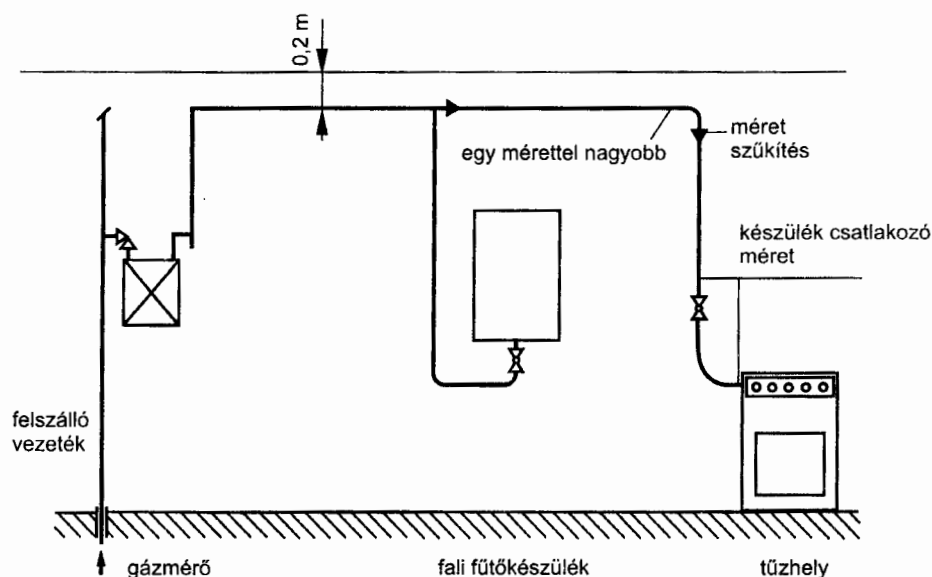
#### 11.6.2. Az 58 kW egység- és 116 kW összteljesítmény alatti gázberendezés fogyasztói vezetékének kialakítása és méretezése

A fogyasztói vezeték – azaz a gázmérőtől vagy fogyasztói főcsaptól a készülékig terjedő vezeték – kialakításakor alapvetően a csatlakozó vezetékekre bemutatott szabályok érvényesek. Ezekhez képest néhány – fontosabbnak ítélt – kiegészítést a következőkben foglalunk össze, [12], [37] és [39] alapján.

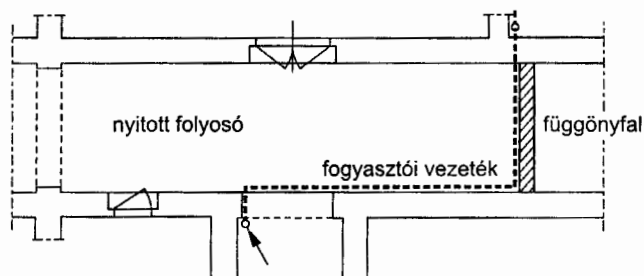
Épületen kívül, földbe fektetett fogyasztói vezeték kialakítására – ez a telekhatár közelében vagy a kerítésben elhelyezett házi nyomásszabályozó és gázmérő esetében jön szóba – a földbe fektetett csatlakozó vezetékekre már bemutatott szabályok érvényesek.

A fogyasztói vezeték az épületben lehetőleg falon kívül, falsíkon, a falhoz és a földemhez képest merőlegesen vagy párhuzamosan kell vezetni. (A HW növelt kisnyomású rendszerben kidolgozták az alsó falsarokban vezetett, gázcsőborító szegélylécekkel burkolt kialakítást is [24].)

A fogyasztói vezeték vízszintes szakaszát a mennyezet alatt legalább 0,2 m magasságban kell vezetni (11.35. ábra). Ha a vezeték – rövid szakaszon – a fal síkja mentén nem vezethető, hanem a mennyezetre függesztve kell haladnia, akkor védelméről függőnyfallal (kötényfallal) kell gondoskodni (11.36. ábra). Alacsony vonalvezetésre is lehetőleg csak rövid szakaszon kerüljön sor, és ebben az esetben a vezeték a padlóhoz képest legalább 0,2 m magasságban haladjon. Más megfogalmazás szerint [37] az olyan területeken, ahol emberek rendszeresen közlekednek, és a gázvezeték nyomvonala nem követi a fal síkját, vagy a gázfogyasztó berendezés határvonalait, a gázvezeték olyan magasan kell szerelni, hogy alsó alkotója a padlószinttől legalább 2,2 m-re legyen.



11.35. ábra. Fogyasztói vezeték elvi kialakítása



11.36. ábra. Fogyasztói vezeték védelme függönyfállal

#### A fogyasztói vezeték

- „A” és „B” tűzveszélyességi osztályú helyiségekbe,
  - kazánházba, 116 kW összes teljesítményűnél nagyobb gázüzemű hőtermelő helyiségébe,
  - 400 V-nál nagyobb feszültségű villamos berendezést tartalmazó helyiségbe
- csak akkor vezethető be, ha az abban lévő, a vonatkozó előírásoknak megfelelő gázkészülék, gázüzemű berendezés ellátására szolgál.

Földemben, padlástérben, épület alatt földben fogyasztói vezetéket nem szabad létesíteni. Padlócsatornában csak a legfeljebb 0,9 relatív sűrűségű gázt szállító vezeték helyezhető el. A padlócsatorna megfelelő átszellőzéséről gondoskodni kell. Az a padlócsatorna-szakasz, amelyben gázvezeték halad, legyen gáztömören elzárt a gázvezetéket nem tartalmazó csatorna-szakaszoktól.

Ha a fogyasztói vezetéket kénytelenek vagyunk át nem szellőztetett tereken, álmennyezetten vagy hozzáférhetetlen tereken átvezetni, akkor a vezetéket védőcsőben kell elhelyezni, amely az említett terek határoló falának külső felületén legalább 5 cm-rel túlnyúlik és belső átmérője a gázvezeték külső átmérőjénél legalább két mérettel nagyobb. Csökötés az elzárt vezetékszakaszban ne legyen.

A gázvezetéket szellőzőaknában, kéményben, szellőzővezetékben, illetve bármely, több szinten át összefüggő, függőleges járatban nem szabad vezetni, sőt az ilyen szerkezeteket a gázvezeték elhelyezésére szolgáló falattöréssel is legfeljebb 25 cm-re szabad megközelíteni. A falon vagy földemen átvezető szakaszban iránytörés és csökötés ne legyen. Az 50 cm-nél vastagabb falakon a gázvezetéket csak védőcsőben szabad átvezetni. A földemen átvezetett fogyasztói vezetéket védőcsővel illetve padlóhüvellyel kell védeni. A padlóhüvely legalább a földem feléig benyúljon, és 10 cm-rel a padlószint fölé emelkedjen.

Több gázfogyasztó berendezés, önálló égőegység esetén a fogyasztói vezetéket elosztó kialakításban kell kiépíteni (körvezetékként nem szabad!), úgy, hogy minden fogyasztó berendezés külön leágazó vezetékre csatlakozzon, és azok önállóan is elzárhatók legyenek.

A fogyasztói vezetéket úgy kell elhelyezni, hogy a vele párhuzamosan haladó fűtési vezetékek alatt, attól legalább 10 cm távolságra, illetve a villamos vezetéktől ugyancsak 10 cm távolságra haladjon [37].

### **A fogyasztói vezeték anyaga és szerelése**

A fogyasztói vezetékek anyaga műbizonylattal ellátott, minőségi acélcső, illetve épületen kívül, földben vezetve műanyag (KPE) cső, továbbá csak az épületen belül alkalmazva rézcső lehet.

Az acélcsövek varrat nélküli és hosszvarratos kivitelűek, amelyeket hegesztéssel kötnék össze. Az iránytörések hajlítással és patentív behegesztésével alakíthatók ki. 2" csőméretig hideg, e fölött azonban csak meleg hajlítás alkalmazható [37], [39].

A már említett, növelt kisnyomású, ún. HW rendszer esetében [24] kidolgozták a rézcsöves szerelés technológiáját is, ahol a vezetékeket keményforrasztással kötik össze. A földgáz és PB-gáz vezetékekhez kifejlesztett, korszerű rézcsöves szerelés kötéstechikája a hideg préskötéses technológián alapul. A préskarmantyús összekötő idomok anyaga vörösréz, a menetes csatlakozású átmeneti idomok pedig vörösöntvény anyagból készülnek. Az összekötő idomokban speciálisan a gáz közeghez alkalmazható, akrilnitril-butadién kaucsuk tömítés található, amelyet a prészszerző szorosan a csőre présel. A technológia megfelel a német előírásoknak, a hazai gázszolgáltatók is engedélyezték [20].

A fogyasztói vezetéket csőbilincssel kell a közelében lévő tartószerkezetre rögzíteni. Feltétlenül bilincset kell elhelyezni a gázmérő csatlakozás kilépő oldalán, a gázmérő utáni függőleges szakasz felső pontján, továbbá a készülékhez leágazó vezeték legfelső és legalsó pontján. A bilincsek távolsága 1" csőméretig 1,5 m, e fölött 2 m [37].

A gázkészülék előtt lévő elzáró szerelvény és a készülék csomákja közé oldható csökötetést kell szerelni. Nem ipari jellegű épületekben a készülékeket a gáz szállítására megfelelő, hajlékony kötőelemmel lehet a vezetékhez csatlakoztatni.

A fogyasztói vezeték tömörségi próbának kell alávetni, majd a sikeres próba után passzív korrózióvédelemmel – alap- és fedőmázolás – kell ellátni, a vonatkozó technológiai utasítások szerint (pl. [24]).

### A fogyasztói vezeték méretezése

A fogyasztói vezeték méretezésének elve megegyezik a csatlakozó vezeték esetében bemutatott módszerrel, a hagyományos kisnyomású kialakítás esetében megengedett nyomásvesztés a 11.34. ábrának megfelelően 0,5 mbar.

A telekhatár közelében vagy a kerítésben elhelyezett házi nyomásszabályozó és gázmérő esetében – a már említetteknek megfelelően – a fogyasztói vezetéken a házi nyomásszabályozó beállítási értéke és a csatlakozási nyomás mérőellenállással csökkentett értéke használható fel. Ez például 30 mbar mérő utáni nyomás és a jelenleg érvényes 25 mbar csatlakozási nyomás, valamint 0,7 mbar mérőellenállás mellett 4,3 mbar.

Háztartási fogyasztók hagyományos, acélcsővel szerelt fogyasztói vezetékének áramlási ellenállását a gyakorlatban mindaddig nem számítják, amíg a vezeték hossza nem haladja meg a kb. 20 métert. Ilyenkor az ún. méret-kiválasztási szabályt alkalmazzák, amely szerint:

- a készüléket bekötő függőleges vezeték a készülék csatlakozó csomákjának megfelelő méretű,
- a vízszintes fogyasztói vezeték általában a függőleges szakasznál egy mérettel nagyobb.

A szűkítést a leágazás, illetve a hajlítás után kell kialakítani, a 11.35. ábrán látható módon.

Egyéb esetekben (nagy fogyasztók, ipari fogyasztók) a méretezést el kell végezni, a 11.6.1. pontban leírtak, vagy az irodalomban található méretezési táblázatok és diagramok, illetve számítógépes szoftverek felhasználásával.

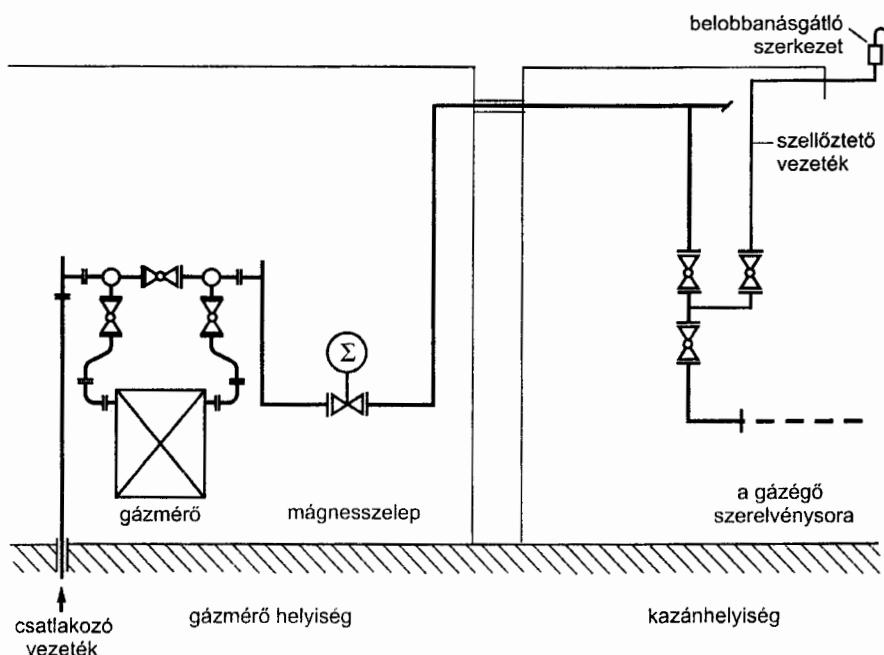
### 11.6.3. Az 58 kW egység- és 116 kW összteljesítmény feletti gázfogyasztó berendezések fogyasztói vezetékének kialakítása

Az 58 kW egység- és 116 kW összteljesítmény feletti hőtermelő gázfogyasztó berendezések fogyasztói vezetékét a GOMBSZ [42] szerint a következő előírásoknak megfelelően kell kialakítani:

- a fogyasztói vezetékbe – a berendezéshez tartozó összes elzáró és egyéb szerelvény elé –, a berendezés helyiségén kívül, bármikor könnyen megközelíthető és kezelhető helyen kézi működtetésű elzárót kell létesíteni. E célra az azonos épületben lévő helyiségben felszerelt gázmérő, illetve az 50 méteres körzetben, különálló épületben lévő fogadóállomás vagy gázmérő elzárója is megfelel;

- a helyiségben elhelyezett, egynél több gázfogyasztó berendezés ellátására szolgáló nyomásszabályozó membránja feletti – alatti – teret, amelybe membránszakadás esetén gáz juthat, majd onnan a helyiségbe áramolhat, el nem zárható szellőztető vezetéken át a szabadba kell szellőztetni;
- a gázvezeték végpontjain és a jelentősebb szakaszait elzáró szerelvények előtt szintén szellőztető vezetéket kell beépíteni;
- a teljes üzemszünetekkel használatos gázfogyasztó készülékek helyiségében a fogyasztói elosztóvezetékbe, részleges üzemszünetű berendezések esetében pedig az egyes készülékek – égők – leágazó vezetékébe, két egymás után beépített elzárószerelvény közé, külön elzáróval ellátott szellőztető vezetéket kell kialakítani;
- A szellőzővezeték a talajszint felett legalább 3 méterre végződjön, nyílása legalább 1 m-re legyen a nyílászáró szerkezetektől. A szellőzőcső végét védeni kell a csapadéktól és a szennyeződésektől, illetve belobbanásgátló szerkezettel kell ellátni.

A felsorolt előírásoknak megfelelő példát szemléltet a **11.37. ábra**.



**11.37. ábra.** Nagy gázfogyasztó készülék fogyasztó vezetékének kialakítása

## 11.7. A gázkészülékek elhelyezése a helyiségben

A gázfogyasztó készülékek elhelyezésével kapcsolatos követelményeket két csoportba soroljuk, és a következőkben ennek megfelelően tárgyaljuk. Eszerint az elhelyezésnek vannak általános műszaki-biztonsági feltételei, továbbá a készülék légellátásával és égéstermék elvezetésével kapcsolatos követelményei.

A gázkészülékek kialakításával itt nem foglalkozunk, ehhez lapozzunk vissza kötetünk „Egyedi fűtések” és „Központi fűtések kazánjai” c. fejezeteihez.

### 11.7.1. A gázkészülékek elhelyezésének általános feltételei

A gázfogyasztó készülékek felállításával kapcsolatos általános követelmények a GOMBSZ [42] alapján az alábbiak szerint fogalmazhatók meg:

- gázkészüléket úgy kell elhelyezni, felszerelni, hogy a készülék hozzáférhető, üzembiztosan kezelhető és javítható legyen;
- a készülék környezetét a fejlődő hő ne veszélyeztesse,
- az elhelyezésre és alkalmazásra vonatkozó műszaki-biztonsági előírások betarthatók legyenek.

A készülék **hozzáférhetőségének** biztosítására a berendezés előtt, a kezelési irányból legalább 0,8 m szabad mozgási teret kell kialakítani. Az ipari-kommunális gázfogyasztó készülékeknél és az egyéb 58 kW egységteljesítményűnél nagyobb berendezéseknél előfordul, hogy több oldalról is szükség van a hozzáférésre, ilyenkor három oldalról, sőt indokolt esetben minden oldalról biztosítani kell ezt a távolságot. A berendezés elé, a bekötő vezetékbe kézi elzárót kell beépíteni.

A **fejlődő hő** okozta kár elkerülésére az éghető bútor és a gázfogyasztó készülék között olyan távolságot kell biztosítani, hogy az éghető anyag felületén mért hőmérséklet a készülék legnagyobb hőterhelésű üzeme esetén se haladja meg a 60 °C-t, de a vízszintes távolság 0,5 m-nél nem lehet kisebb. A feltétel teljesülése érdekében szükség esetén hő ellen védő lemezt kell felszerelni (részletesebben ld. [30]).

Ugyanitt részletes előírások olvashatók a háztartási, 58 kW egységteljesítmény alatti készüléktípusok elhelyezésének műszaki-biztonsági követelményeivel kapcsolatban. Az előírásokat tételesen nem soroljuk fel, mert a korszerű készülékkialakítások megjelenésével egyesek már felülbírálhatók. Javasoljuk olvasónknak az adott gázkészülék katalógusának vagy gépkönyvének áttanulmányozását.

Az 58 kW egység- és 116 kW összteljesítmény feletti hőtermelő gázfogyasztó berendezések létesítésének és elhelyezésének műszaki-biztonsági követelményei viszont részletesebb kifejtést érdemelnek, hiszen az épületgépészeti gyakorlatban e probléma megoldása gyakran felmerül. A vonatkozó előírások lényegét – a teljesség igénye nélkül – [42] alapján a következőkben összefoglaljuk.

- Az e csoportba sorolt berendezések elhelyezésére szolgáló helyiséget általában talajszint felett kell létesíteni. A 0,9-nél kisebb relatív sűrűségű gázzal üzemelő, 100 °C-nál kisebb hőmérsékletű fűtőközeget előállító és legfeljebb 7 m magas biztonsági állványcsővel ellátott gőztermelő berendezés helyisége a talajszintnél mélyebben is lehet.
- A fogyasztói vezetékek kialakításával kapcsolatosan a 11.6.3. pontban leírtak az irányadók.
- A 140 kW egység- vagy 1400 kW összteljesítményű gázfogyasztó berendezés helyiségében – ha a fajlagos légtérterhelés nagyobb 1100 W/m<sup>3</sup> értéknél – az esetleg keletkező robbanás túlnyomásának levezetéséről a szabad térrel határos hasadó-nyíló felülettel kell gondoskodni (a fajlagos légtérterhelés fogalmát a következő, 11.7.2. pontban definiáljuk).
- A hasadó-nyíló felület a robbanási túlnyomás hatására megnyílik, elfordul, billen és ennek folytán kapcsolatot biztosít a külső térrel. Az [51] jelű szabvány a hasadó-nyíló felület mellett a hasadó felületet is definiálja: ez a túlnyomás hatására tönkremenetelével teszi lehetővé a belső tér megnyitását a külső tér felé. A szabvány meg is határozza a hasadó és a hasadó-nyíló felületként alkalmazható anyagokat, szerkezeteket.
- A szükséges hasadó, illetve hasadó-nyíló felület nagysága ( $A_h$ ):

$$A_h = f \cdot V \quad [\text{m}^2] \quad (11.36.)$$

ahol

$V$  a helyiség beépítetlen térfogata [m<sup>3</sup>],

$f$  a fajlagos felületi tényező, [m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>] amelynek értéke a helyiség beépítetlen térfogatának függvényében határozható meg.

Ha például a helyiség beépítetlen térfogata legfeljebb 200 m<sup>3</sup>, akkor

hasadó felületre:

$$f = 0,2 - \frac{0,05 \cdot V}{200}$$

hasadó-nyíló felületre:

$$f = 0,15 - \frac{0,05 \cdot V}{200}$$

Ha a helyiség beépítetlen térfogata 200 m<sup>3</sup>-nél nagyobb, de legfeljebb 2000 m<sup>3</sup>, akkor

hasadó felületre:

$$f = 0,15 - \frac{0,05 \cdot (V - 200)}{1800}$$

hasadó-nyíló felületre:

$$f = 0,15 - \frac{0,05 \cdot (V - 200)}{1800}$$

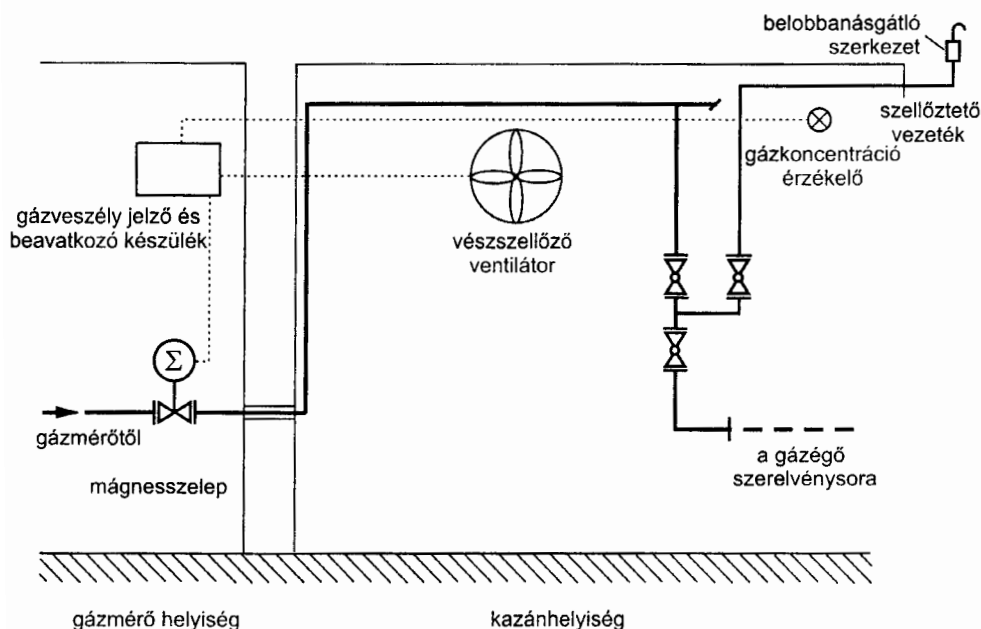
A nagyobb méretekre érvényes összefüggések megtalálhatók a szabványban [51].

- Ha az épület jellege nem teszi lehetővé a hasadó-nyíló felület kialakítását, a biztonsági feltételek a robbanásveszélyes gázkoncentráció kialakulását megakadályozó gázérzékelővel és az arról vezérelt vészszellőző berendezéssel is teljesíthetők. 2800 W/m<sup>3</sup> fajlagos légtérterhelés felett két, egymástól függetlenül működő gázérzékelőt kell beépíteni.



- A gázérzékelő a tüzelőanyagként szolgáló gáz alsó robbanási határértékének 20%-ánál hallható és látható jelzés ad, és elindítja a vészszellőző berendezést, illetve az alsó robbanási határérték 40%-ánál megszünteti a gázellátást, valamint a helyiség minden energiaellátását, a vészszellőzést és a vészvilágítást kivéve. (Az éghető gáz robbanási koncentráció határai a lehetséges gyulladás tartományát jelölik ki. Az alsó robbanási koncentráció alatt a gázkeverékben túl kevés az oxigén, a felső robbanási koncentráció felett túl sok az éghető gáz, ezért a gyulladás nem jöhet létre [39].)
- 1400 kW teljesítmény alatti gáztüzelő berendezéseknél megengedett egy jelzési határral működő gázérzékelő alkalmazása is, ha az egyesíti az alsó robbanási határérték 20 és 40%-ához tartozó feladatokat.
- Mindenképpen ki kell alakítani a hasadó-nyíló felületet iskola, óvoda, bölcsőde, kórház, színház, mozi, áruház és hasonló épületek esetében, továbbá vegyes rendeltetésű épületekben, ha a tömegtartózkodásra szolgáló helyiségek alapterülete az összes alapterület 40%-át meghaladja, vagy a helyiségben gáz-, szilárd- és olajtüzelésű berendezések vegyesen üzemelnek.
- A gázfogyasztó berendezés, a gázérzékelő biztonsági berendezés és a vészszellőző berendezés villamos főkapcsolóját a gázfogyasztó berendezés helyiségén kívül kell elhelyezni.

A gázérzékelő berendezés egyik feladata az előzőeknek megfelelően a gázellátás megszüntetése. A hazai gyakorlatban korábban ezt biztonsági gyorszárral és az ezt működésbe hozó mágnesszeleppel oldották meg, oly módon, hogy ha a gáztüzelő berendezés helyiségében a gázkoncentráció elérte az alsó robbanási határérték 40%-át, a gázérzékelő nyitotta a



11.38. ábra. Gázfogyasztó berendezés helyiségének védelme gázkoncentráció érzékével

mágnesszelep nyílását a szellőztető vezeték felé, a gyorszár membránja elmozdult, és zárta a gáz útját. Azért alkalmazták ezt a megoldást, mert a robbanásbiztos kivitelű mágnesszelep költséges volt [39]. Ma az Országos Tűzvédelmi Szabályzatban foglalt átsorolás lehetőségét kihasználva – a robbanásbiztos kivitel nem előírás – a **11.38. ábra** szerinti kapcsolás alkalmazható. A mágnesszelepet a gázérzékelő az alsó robbanási határérték 40%-án elzárja.

A vészszellőzést legalább óránként tízszeres légcserét biztosító ventilátorral kell megoldani, amely befűvő (túlnyomásos) üzemű legyen. A berendezés szerkezet és működés szempontjából is független a helyiség szellőző rendszerétől. Az 58 kW egység- és 116 kW összteljesítmény feletti hőtermelő gázfogyasztó berendezések helyiségének légellátásáról a következő pontban lesz szó.

### 11.7.2. A gázfogyasztó készülékek égési levegő ellátása

A tüzelőszervezetek az égéshez ún. égési levegőt igényelnek, amelyet a készülékhez kell juttatni, de amelyet a készülék üzemeltetésére szolgáló helyiségbe is be kell vinni. A gázkészülékek ebből a szempontból néhány sajátossággal rendelkeznek, amelyeket a következőkben bemutatunk. A gázkészülékek égési levegő ellátása nem függetleníthető a készülék kialakítás és az égéstermék-elvezetés kérdéséről, ezért kérjük olvasónkat, hogy az itt leírtakat kötetünk előző, „Gázüzemű tüzelőberendezések” c., és később következő, „Gázkészülékek égéstermékének elvezetése” c. fejezetével összevetve olvassa. Erre a következőkben többször utalunk is.

Rögtön hivatkozunk a 15. fejezet első ábrájára, amely az ún. „kéményáramkör” fogalmát világítja meg. A „kéményáramkör” modell azt fejezi ki, hogy a helyiség levegő utánpótlása, az égő égési levegő ellátása, maga a készülék, majd az égéstermék elvezetése csak komplexen, a rendszer egyes elemeinek összefüggésében, kölcsönös egymásra hatásában vizsgálható. Sőt az áramkör a külső téren át záródik, ami a tüzelőszervezet környezeti hatásainak fontosságát hangsúlyozza. A teljes áramkörből a következőkben kiragadjuk ugyan a helyiség és a készülék levegő ellátását, de utalunk az égéstermék keletkezésének és eltávolításának kapcsolódó kérdéseire is.

A helyiség és a készülék levegő ellátásának kérdésére azért kell nagy hangsúlyt fektetnünk, mert

- viszonylag nagy levegőáramokról van szó,
- a gázkészülékben kialakuló tökéletlen égési folyamat súlyos balesetek, sőt halálesetek okozója lehet,
- a fejezet elején már említettük, hogy a gázüzemű készülékek használata széleskörű, ezért a lakosság igen jelentős részét érinti,
- az elmúlt, mintegy 50 év lakásépítési programjai a kis légterű lakások építését helyezték előtérbe, ahol a gázkészülék égési levegő ellátásának biztosítása fokozott gondot jelent,

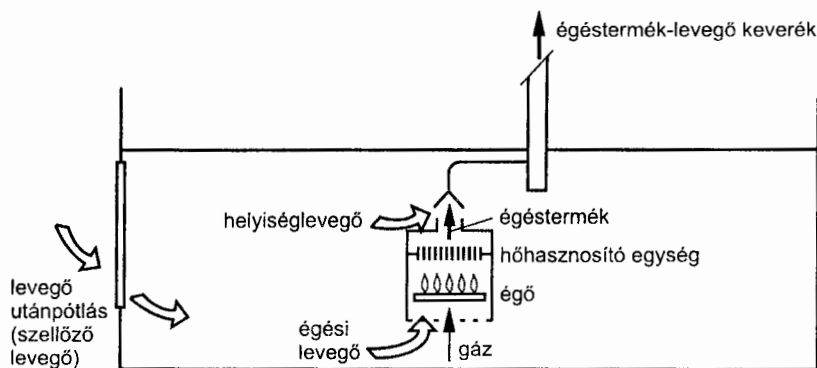
- az energiatakarékosság szempontjainak megfelelő, korszerű, nagy légzárású nyílászáró szerkezetek lehetetlenné teszik a gázkészülék természetes úton kialakuló égési levegő ellátását,
- a jelenleg még érvényes, illetve hallgatólagosan használt – és a könyvünkben bemutatott – szabályozás és módszerek nem illeszkednek a korszerű nyílászáró szerkezetekhez és a lakásépítés mai megoldásaihoz.

Ha a felsorolt pontokból az elsőt nézzük, akkor az „Alapismeretek” kötetben megismert égésméleti számítások felhasználásával (ld. a „Tüzeléstechnika” c. fejezetben) a H jelű földgázra azt kapjuk, hogy elméletileg, tehát  $\lambda = 1$  légellátási tényező mellett

1 m<sup>3</sup> földgáz elégetéséhez mintegy 9,5 m<sup>3</sup> égési levegő szükséges.

Ha az atmoszférikus égőkre jellemző  $\lambda = 1,4$  értéket tekintjük, akkor az égési levegő szükséglet minden eltűzelt gáz köbméterenként kb. 14 m<sup>3</sup>.

Ragadjuk ki a „kéményáramkör” fogalmát magyarázó ábrából a gázkészüléket és a környező helyiséget! (11.39. ábra) Látható, hogy a gázkészülék áramlásbiztosítójában a belépő égéstermékhez helyiséglevegő keveredik. A „Gázkészülékek égéstermék elvezetése” c. fejezetben olvassuk majd, hogy a tapasztalatok szerint a kémény üzemét a gyakorlatban akkor tartják biztonságosnak, ha a hígító levegő mennyisége a hígítatlan égéstermék 30%-át meghaladja. Mivel a hígítatlan égéstermék térfogat is közel 10 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> gáz, a hígító levegő mennyisége minden elégetett gáz köbméterhez legalább 3 m<sup>3</sup>. A gázkészülék légellátás szempontjából kifogástalan üzeméhez tehát összességében mintegy 17–18 m<sup>3</sup> szellőző levegő/m<sup>3</sup> eltűzelt gáz levegő térfogatra van szükség.



11.39. ábra. A gázkészülék üzeméből adódó szellőzőlevegő-igény összetevői

Ha figyelembe vesszük, hogy egy 10 kW hőterhelésű (ezt a fogalmat a 11.3.2. pontban már definiáltuk) gázkészülék órai gázfogyasztása kb. 1,0 m<sup>3</sup>/h, akkor ez mintegy 18 m<sup>3</sup>/h szellőzőlevegő térfogatáramot jelent, 22 kW hőterhelésnél pedig már mintegy 40 m<sup>3</sup>/h

értéket! A korszerű ablakszerkezetek légáteresztéséhez képest ez még akkor is nagyon nagy érték, ha figyelembe vesszük, hogy a gázkészülékek szakaszos üzeműek.

A helyiség szellőző levegő ellátása – a gázkészülék szempontjából – természetesen csak akkor merül fel kérdésként, ha a gázfogyasztó készülék az égési levegőt a helyiség légteréből veszi. A hazai szóhasználatban az ilyen készülékeket nyitott égésterűnek nevezik, szemben a helyiségtől légtömören elválasztott, zárt égésterű készülékekkel.

A korszerű európai készülékcsoportosítás a hazai szabványok között is megjelent [48], jelenleg angol nyelven hozzáférhető. Az égési levegő ellátás és az égéstermék eltávolítás szempontjából kidolgozott osztályozás során a készülékeket *csoportokba* (A, B és C) és *alcsoportokba* sorolják, továbbá ezeken belül is különböző *változatok* találhatók.

A csoportosítás legfelső szintje a következő:

„A” *csoport*: nem kéménybe kötött vagy nem olyan égéstermék elvezető berendezésbe kötött készülék, ami az égésterméket a készülék felállítására szolgáló helyiség légterén kívülre juttatja.

„B” *csoport*: olyan égéstermék elvezető berendezésbe kötött készülék, amely az égésterméket a készülék üzemeltetésére szolgáló helyiség légterén kívülre juttatja. Az égési levegő közvetlenül a helyiség légteréből jut a készülékbe.

„C” *csoport*: azok a készülékek, amelyekben az égéstermék áramkör (égési levegő ellátás, égéster, hőcserélő, az égéstermékek eltávolítása) a készülék üzemeltetésére szolgáló helyiségtől elzárt.

Az alcsoportok és változatok meghatározása már szerteágazó (a számozás nem felsorolást szolgál, hanem a készülék jelölésénél van szerepe):

Az „A” csoportnak nincsenek alcsoportjai, csak változatai.

A „B” jelű készülékek *alcsoportjai*:

- 1 – áramlásbiztosítóval kialakított készülékek;
- 2 – áramlásbiztosító nélküli, közvetlenül kéménybe kötött készülékek;
- 3 – áramlásbiztosító nélkül, hagyományos (az épület részét képező és nem a készülékkel szállított) égéstermék elvezető rendszerbe kötött készülékek, ahol az égési levegő a készülék üzemeltetésére szolgáló helyiségből, az égéstermék-elvezető cső körül kialakított koncentrikus járaton keresztül jut a készülékbe;
- 4 – áramlásbiztosítóval kialakított készülékek, a készülékhez tervezett saját égéstermék elvezetővel és égéstermék kilépéssel;
- 5 – áramlásbiztosító nélküli készülékek, a készülékhez tervezett saját égéstermék elvezetővel és égéstermék kilépéssel;

A „C” jelű készülékek *alcsoportjai*:

- 1 – a készülékhez tervezett, vízszintes égéstermék elvezetés és égési levegő bevezetés, a be- és kilépő nyílások azonos szélviszonyok között találhatók;
- 2 – égéstermék elvezető és égési levegő bevezető csatornával hagyományos (az épület részét képező és nem a készülékkel szállított) kürtőbe egyenlő több készülék csatlakozik; ez a kürtő az égéstermék elvezetésén kívül az égési levegő bevezetésére is szolgál;

- 3 – a készülékhez tervezett, függőleges égéstermék elvezetés és égési levegő bevezetés, a be- és kilépő nyílások azonos szélviszonyok között találhatók;
- 4 – égéstermék elvezető és égési levegő bevezető csővel hagyományos (az épület részét képező és nem a készülékkel szállított) kéménybe egynél több készülék csatlakozik; a két kürtös kémény egyik kürtője az égéstermék elvezetésére, a másik ugyanakkor az égési levegő bevezetésére is szolgál, a kürtők be- és kilépő nyílásai azonos szélviszonyok között vannak;
- 5 – a készülék különállóan kialakított égéstermék elvezető és égési levegő bevezető csővel rendelkezik, be- és kilépő nyílásai különböző nyomású zónában vannak;
- 6 – a készüléket külön erre a célra jóváhagyott és beszerzett égési levegő bevezető és égéstermék elvezető rendszerbe kötik (ennek az alcsoportnak nincs szabványos ábrázolása);
- 7 – függőleges égéstermék elvezetés és égési levegő bevezetés, az égési levegő a tetőtérből érkezik, az égéstermék a tető felett áramlik ki; az áramlásbiztosító az égéstermék elvezetésben van, az égési levegő belépő nyílása felett;
- 8 – a készülék hagyományos (az épület részét képező és nem a készülékkel szállított) égéstermék elvezető kürtőbe csatlakozik, amely természetes áramlású (ventilátor nélkül); az égési levegő csövön keresztül az épületen kívülről áramlik a készülékbe.

A csoportokon, alcsoportokon belüli **változatok**:

- 1 – az égési levegő illetve az égéstermék szállítására szolgáló ventilátor nincs a készülékben (természetes áramlású készülék);
- 2 – az égési levegő illetve az égéstermék szállítására szolgáló ventilátor az égéster/hőcserélő után található;
- 3 – az égési levegő illetve az égéstermék szállítására szolgáló ventilátor az égéster/hőcserélő előtt található;
- 4 – az égéstermék/levegő szállítására szolgáló ventilátor az áramlásbiztosító után található.

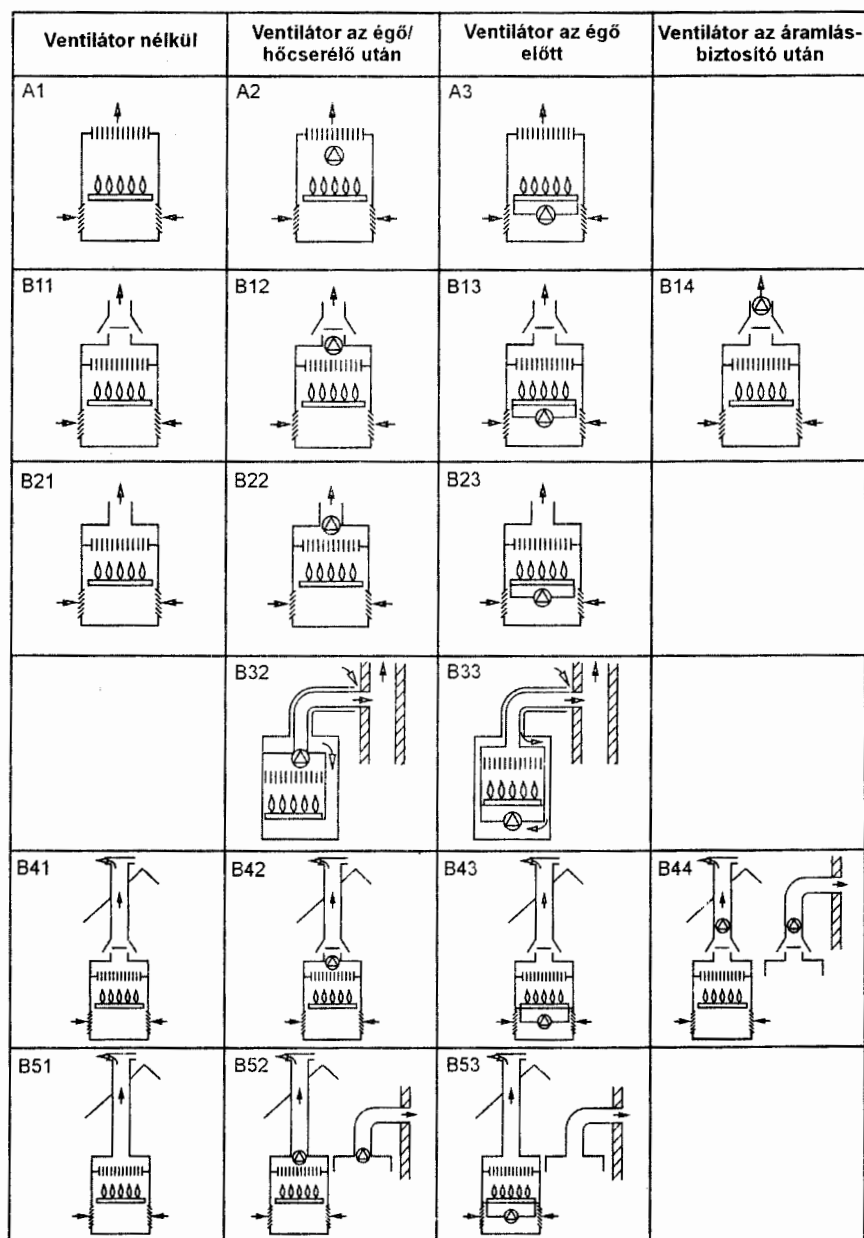
A készülékek megnevezése az előzőekben bemutatott betű- és számjelekből áll: például B11, B21, C11, C21, stb.

Ez az átfogó csoportosítás természetesen nem jelenti azt, hogy minden készülékfajta jelen van a piacon: vannak elterjedt és vannak csak a csoportosításban megjelent, de nem alkalmazott kialakítások.

A könnyebb érthetőség kedvéért a csoportosítás lényegét a **11.40. ábrán** is bemutatjuk.

A gázfogyasztó készülékek kifogástalan légellátása és az üzemeltetésre szolgáló helyiségek szellőzése érdekében

- kéménybe kötött gázfogyasztó berendezések esetén gondoskodni kell a tökéletes égéshez szükséges levegő, valamint a huzatmegszakítón keresztül a helyiségből kiáramló levegő pótlásáról,
- kéménybe nem kötött gázfogyasztó berendezések esetén biztosítani kell a helyiség olyan légcseréjét, ami az égéstermék és a használat során keletkezett egyéb szennyező anyagok koncentrációját az egészségügyi követelményeknek megfelelően korlátozza.



11.40. ábra. A gázkészülékek csoportosítása az égési levegő ellátás és az égéstermék eltávolítása szempontjából, a [48] szabvány szerint (az ábra folytatása a következő oldalon)

Ventilátor nélkül	Ventilátor az égő/ hőcsereelő után	Ventilátor az égő előtt	Ventilátor az áramlás- biztosító után
C11 	C12 	C13 	
C21 	C22 	C23 	
C31 	C32 	C33 	
C41 	C42 	C43 	
C51 	C52 	C53 	
C71 	C72 	C73 	
C81 	C82 	C83 	

Ezeket a követelményeket egyébként a GOMBSZ [42] fogalmazza meg így, elvileg helyesen. Ugyanitt arról is olvashatunk, hogy

- elszívásos (depressziós) szellőztetés csak kéménybe nem kötött gázfogyasztó berendezések esetén alkalmazható;
- ha egy helyiségben kéménybe kötött és égéstermék elvezetés nélküli készüléket vegyesen alkalmaznak, akkor ott kiegyenlített, vagy túlnyomásos szellőztetést kell kialakítani;
- csak kéménybe kötött gázfogyasztó készülékek esetén, vagy ha a létesítményben túlnyomásos (ventilátoros) égőjű (égőterű) berendezés is van, akkor csak túlnyomásos szellőzés alkalmazható.

### Az 58 kW egység- és 116 kW összteljesítmény alatti készülékek légellátása

Természetesen a következőkben az „A” és „B” típusú készülékekkel foglalkozunk, hiszen a „C” típusúaknál a helyiségtől függetlenül kell megoldani a készülék égési levegő ellátását.

Az „A” típusú készülékeknél az égéstermék a helyiség légterében marad, tehát az előzőekben megfogalmazott követelményeknek megfelelően arról kell gondoskodni, hogy az égéstermék egészségre káros alkotóinak koncentrációja ne nőjön az egészségre káros érték fölé, sőt lehetőleg kellemetlen hatású koncentráció se alakuljon ki.

A gázfogyasztó készülékek égéstermékének összetevőit kötetünk „Gázüzemű tüzelőberendezések” c. fejezetének 10.3. pontjában már összefoglaltuk. Ezek közül a szén-dioxid egészségre ártalmas, mert növekvő koncentrációban a légzőközpontokra hat. A levegő szén-dioxid tartalmával arányosan a tüdőben csökken a vér szén-dioxid leadása és ezért a vér szén-dioxidban dúsul. A levegőben kisebb koncentrációban jelen lévő szén-dioxid a légzőközpontot izgatja, nagyobb koncentrációban légszomj, szapora pulzus, fejfájás, nyugtalanság jelentkezik. Súlyosabb esetben eszméletvesztést, illetve halált okozhat [17], [26]. A CO<sub>2</sub> koncentráció emberi közérzetre gyakorolt hatásának alaposabb megismeréséhez lapozzuk fel az „Alapismeretek” kötet „A belső levegő minősége” c. fejezetét. Ugyanitt arról is olvashatunk, hogy a munkahelyeken megengedett CO<sub>2</sub> koncentráció:

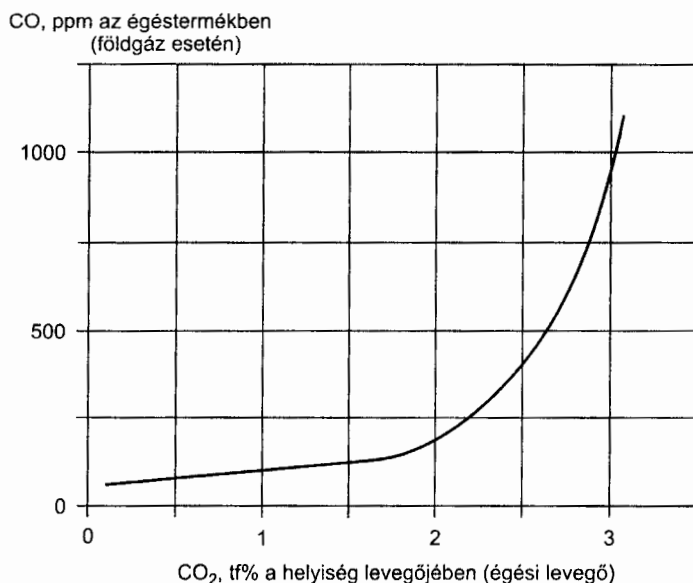
- MAK-érték: 5000 ppm
- az MSZ 21 461/1:1988 szerint: 9000 mg/m<sup>3</sup> (4370 ppm),

továbbá adatokat találunk a szén-dioxiddal szennyezett belső levegővel elégedetlenek arányára.

A nem tökéletes égéskor szén-monoxid keletkezik, amely már súlyos vérméreg. A CO a tüdőben sokkal jobban kötődik a vörösvérsejtekhez, mint az oxigén, és szénmonoxid-hemoglobin keletkezik. Kezdetben rossz közérzetet, később fejfájást, szédülést, légszomjat, köhögést, egyensúly- és öntudatzavart okoz, majd nagyfokú izomgyengeség lép fel, ami a veszély felismerésekor megakadályozza annak elhárítását és a menekülést. 0,4% szén-monoxid tartalmú levegő fél óráig tartó belégzése már olyan mértékű szénmonoxid-hemoglobin átalakulást okoz, ami a légcserét gátolva egészséges emberek halálát is okozhatja. Friss levegő belélegzésével a vér megszabadul szénmonoxid-hemoglobin tartalmától, a folyamat azonban lassúbb [17], [26].



Balesetekkel kapcsolatos szakértői vizsgálatok eredményeként született meg az a felismerés, hogy ha a gázkészülék üzeme során az égéstermék nem távozik el a helyiségből, és emiatt a helyiséglevegő szén-dioxid koncentrációja megnő, már viszonylag kis koncentráció esetén is a gázkészülék szén-monoxid termelése ugrásszerűen megemelkedik. A **11.41. ábrán** látható módon az égési levegő – tehát a helyiséglevegő –  $\text{CO}_2$  tartalmának növekedésével többszörös a szén-monoxidtermelés. Ez a jelenség is aláhúzza a gázkészülékek légellátásának és megfelelő égéstermék elvezetésének fontosságát.



**11.41. ábra.** A gázkészülék CO-termelése a helyiséglevegő  $\text{CO}_2$  koncentrációjának növekedésekor

A gázkészülékek nem csak a helyiséglevegő széndioxid-tartalmának megnövekedésekor termelnek szén-monoxidot, hanem üzemszerűen is, ennek mértékét azonban az előírások erősen korlátozzák. A GOMBSZ [42] a gáz- és olajfogyasztó berendezésekre vonatkozó egészségügyi követelmények kapcsán a gázkészülékek égéstermékének CO tartalmát a hígítatlan, száraz (elméleti) égéstermékre vonatkoztatva ( $\text{CO}_{elm}$ ) az alábbiak szerint írja elő:

- égéstermék-elvezetés nélküli berendezésnél névleges terhelésen: legfeljebb 0,05 tf%, csökkentett és határterhelésen (utóbbi a névleges terhelés 1,15-szöröse): max. 0,1 tf%;
- égéstermék elvezetéssel rendelkező berendezésnél csökkentett, névleges és határterhelésen, zavartalan égéstermék kiáramlás, torlódás és visszaáramlás esetén is legfeljebb 0,1 tf%.

Az ellenőrzés módja tehát az, hogy ismerve a gázkészülék várható károsanyag kibocsátását, valamint szakaszos üzemének időtartamát, és számítva a helyiség légcseréjét, a szakaszos szellőztetésre ismert összefüggésekből a helyiségben kialakuló szén-dioxid koncentráció meghatározható [26]:

$$[CO_2]_{belső} = [CO_2]_{külső} + \frac{CO_{2\max} \cdot V_{ét,elm} \cdot \dot{V}_{gáz} + n_E \cdot K_E}{\dot{V}_{sz}} (1 - e^{-n\tau}) \quad (11.37.)$$

Az összefüggésben

- $[CO_2]_{külső}$  a külső levegő szén-dioxid koncentrációja,  
 $CO_{2\max}$  az égéstermék gázösszetételből számítható maximális  $CO_2$  tartalma (H jelű földgáznál kb. 11,7%),  
 $V_{ét,elm}$  az elméleti égéstermék mennyiség [ $m^3/m^3$ ],  
 $\dot{V}_{gáz}$  a készülék gázterhelése [ $m^3/h$ ],  
 $n_E$  a helyiségben tartózkodó emberek száma [fő],  
 $K_E$  egy ember szén-dioxid termelése [ $m^3/h$ , fő],  
 $\dot{V}_{sz}$  a szellőző levegő térfogatárama [ $m^3/h$ ],  
 $n$  a légcseré tényező,  $\dot{V}_{sz}/V_{helyiség}$  [1/h],  
 $\tau$  idő [h].

A szén-dioxid koncentráció szélsőértéke:

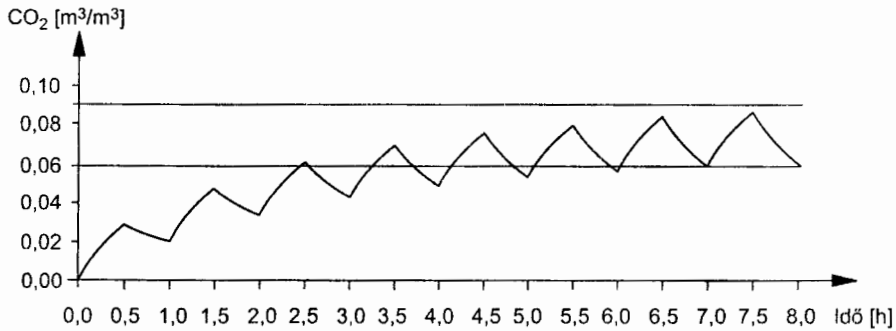
$$[CO_2]_{belső,max} = [CO_2]_{külső} + \frac{CO_{2\max} \cdot V_{ét,elm} \cdot \dot{V}_{gáz} + n_E \cdot K_E}{\dot{V}_{sz}} \quad (11.38.)$$

Az összefüggésekben szereplő szellőző levegő térfogatáram természetesen a légcsereszám és a helyiség térfogat szorzataként is meghatározható.

A 11.42. ábrán az előző összefüggésekkel nyert számítási eredményt mutatunk be. A szakaszos üzemű gázkészülék okozta  $CO_2$  koncentráció változás számítása az alábbi feltételezésekkel készült:

- |  |        |           |
|--|--------|-----------|
| – a külső levegő szén-dioxid koncentrációja:             | 0,0003 | $m^3/m^3$ |
| – az égéstermék maximális $CO_2$ tartalma:               | 0,1177 | $m^3/m^3$ |
| – az elméleti égéstermék mennyiség:                      | 8,5459 | $m^3/m^3$ |
| – a készülék gázterhelése:                               | 1,194  | $m^3/h$   |
| – a helyiségben tartózkodó emberek száma:                | 2      | fő        |
| – a szellőző levegő térfogatárama:                       | 14     | $m^3/h$   |
| – a 18,9 $m^3$ -es helyiségben a légcsereszám:           | 0,74   | 1/h       |
| – a gázkészülék fél óras üzem után fél óráig nem üzemel. |        |           |

Látható, hogy a modellként választott helyiség levegőjében a szén-dioxid koncentráció folyamatosan emelkedik és a készülék leállításakor kialakuló legnagyobb érték, valamint az újra induláskor számítható legkisebb koncentráció érték az ábrán berajzolt két vonalhoz tart.

11.42. ábra. A CO<sub>2</sub> változás a helyiségben szakaszos üzemű gázkészüléknel

A kérdéssel kapcsolatban hasonló számítások és további megfontolások láthatók a [26] jelű irodalomban.

A szén-monoxid koncentráció változása hasonlóan írható fel, de annyi egyszerűbb a helyzet, hogy a külső levegő szénmonoxid koncentrációja zérusnak tekinthető, a helyiségben lévő embereknek pedig nincs szén-monoxid termelése, ezért:

$$[CO]_{belső} = \frac{CO_{elm} \cdot V_{ét,elm} \cdot \dot{V}_{gáz}}{\dot{V}_{sz}} (1 - e^{-n\tau}) \quad (11.39.)$$

illetve a szén-monoxid koncentráció szélsőértéke:

$$[CO]_{belső,max} = \frac{CO_{elm} \cdot V_{ét,elm} \cdot \dot{V}_{gáz}}{\dot{V}_{sz}} \quad (11.40.)$$

Ha ismerjük a helyiségben megengedhető szennyezőanyag koncentráció értékét, akkor a bemutatott összefüggésekkel meghatározható az ennek betartásához szükséges szellőző levegő térfogatáram, illetve a helyiség térfogathoz tartozó légcsereszám. Ez az előzőeknek megfelelően „A” típusú készülékeknél természetes szellőzéssel, vagy mesterséges úton, depressziós szellőzéssel juthat a helyiségbe.

A „B” típusú készülékeknél a korábbiak szerint a szellőző levegőnek az égési levegőt és az áramlásbiztosítóba belépő helyiséglevegőt (hígító levegőt) kell biztosítani. Ez ugyancsak számítható. A szellőző levegő ezeknél a készülékeknél természetes úton, vagy ventilátorral, de túlnyomásos szellőzéssel vihető be a helyiségbe.

A nyílászárók résein belépő szellőző levegő térfogatáram számítására a nyílászárók réshosszáinak és fajlagos légáteresztési tényezőjének felvételével van mód. Erről bővebben olvashatunk az „Alapismeretek” kötet „Hőszükséglet” c. fejezetében. Másik lehetőségünk a nyílászárók műszaki követelményeit – így légzárását is – tartalmazó szabványok, vagy az adott nyílászáróra vonatkozó mérési eredmények figyelembe vétele.

A jelenlegi tervezői gyakorlatban a szükséges szellőző levegő térfogatáram meghatározására és az ezt természetes vagy mesterséges úton biztosító szerkezetek megtervezésére az 58 kW egység- és 116 kW összteljesítmény alatti készülékeknek nem kerül sor. E helyett a készülék elhelyezésére szolgáló helyiség légtérterhelésének ellenőrzését végzik el, a GOMBSZ [42] előírásai alapján. A módszer lényegét a következőkben összefoglaljuk.

Az adott helyiségben üzemelő készülék(ek) okozta fajlagos légtérterhelés a

$$\frac{\sum_i e_i \cdot \dot{Q}_{Hi}}{V} \quad (11.41.)$$

összefüggéssel számítható, ahol

$\dot{Q}_{Hi}$  a készülék hőterhelése [W],

$e_i$  a készülék egyidejűségi tényezője,

$V$  a helyiség beépítetlen térfogata [ $\text{m}^3$ ].

Ha a helyiségben több gázkészülék üzemelhet egyidejűleg, akkor a (11.41.) összefüggés szerint az egyidejűségi tényezővel szorzott hőterheléseket összegezni kell, az előírások szerint azonban a kéménybe kötött és égéstermék elvezetés nélküli berendezéseket külön kell figyelembe venni.

Az egyidejűsége kifejező szorzótényezők értéke a következők szerint vehető fel:

az összes kéménybe kötött készülék:	1,0
1 főzőhelyes gázfőző:	1,0
2 főzőhelyes gázfőző és sütős tűzhely:	0,65
3–4 főzőhelyes és sütős tűzhely:	0,50
10,5 kW hőterhelésűnél kisebb, nem kéménybe kötött kisvízmelegítő:	0,65

Az így meghatározott fajlagos légtérterhelés alapján a készülék elhelyezése a 11.3. táblázat szerint értékelhető.

A táblázatosan összefoglalt módszerből látható, hogy a helyiségnek az adott gázkészülék vagy készülékek elhelyezéséhez egy számítható legkisebb légtérfogattal rendelkeznie kell, ezt nevezik alaplégtérnek. A gázkészülék (készülékek) ennél kisebb helyiségben általában nem helyezhetők el, illetve meglévő helyiségek esetében ezt a gázszolgáltató engedélyezheti, ha a helyiséget legalább 400  $\text{cm}^2$  szabad keresztmetszetű alsó-felső szellőzővel más helyiséggel összekötve összefüggő légteret alakítanak ki.

Az alaplégtérnél nagyobb, de a táblázatban látható határértékek közé eső fajlagos légtérterhelésnél a gázfogyasztó készülék helyiségét más helyiséggel (helyiségekkel) össze kell szellőztetni. E célra lakószoba csak akkor vehető igénybe, ha az összeszellőztött helyiségek egyikében nincs gázmérő, illetve égéstermék-elvezetés nélküli gázkészülék. Gázmérőt tartalmazó helyiség lakószobával csak akkor szellőztethető össze, ha a gázmérőt a helyiség légtérétől elválasztó és kiszellőztetett szekrényben helyezik el.

Az „A” és „B” típusú gázkészülékek légellátásának ellenőrzése a fajlagos légtérterhelés alapján [W/m<sup>3</sup>]

11.3. táblázat

	Kéménybe kötött	kéménybe nem kötött
	készülékek	
<b>Alaplégtér:</b> az a helyiségtérfogat, amelynél a fajlagos légtérterhelés legfeljebb	3140	590
<b>Összeszellőztetés szükséges,</b> ha a fajlagos légtérterhelés Az ilyenkor szükséges kiegészítő intézkedések: – két 150 – 150 cm <sup>2</sup> szabad keresztmetszetű szellőzőnyílás egymástól min. 180 cm távolságra; – az együttes fajlagos légtérterhelés az összeszellőztetett helyiséggel együtt nem nagyobb, mint – a helyiségeknek együttesen legalább 1,3 m <sup>2</sup> felületű szabadba nyíló ablaka, ajtaja van felszerelik a szellőzőnyílás eltakarását tiltó táblát	1750 ... 3140     1250	350 ... 590     245
<b>Nem kell összeszellőztetés sem,</b> ha a fajlagos légtérterhelés kisebb, mint és a helyiségnek van 1,3 m <sup>2</sup> -nél nagyobb szabadba nyíló ajtaja, illetve ablaka, vagy ilyen helyiségből nyílik.	1750	350

Az összeszellőztetésre szolgáló alsó nyílást a padlószinten, a felsőt a mennyezet alatt kell elhelyezni, ettől azonban akadály esetén el lehet térni.

A gázfogyasztó készülékek légellátásában közvetlenül vagy közvetve érintett nyílászárók nem lehetnek légzáró kivitelűek, és a gyártási tűrésből eredő réseket utólag sem lehet csökkenteni, eltömíteni.

További előírás, hogy gázvízmelegítő csak legalább 8 m<sup>3</sup> térfogatú helyiségben helyezhető el.

A terveken minden olyan adatot fel kell tüntetni, ami a helyiség légellátásának GOMBSZ szerinti megítéléséhez szükséges: a készülék hőterhelését, a helyiség térfogatát, a fajlagos légtérterhelés értékét, a szabadba nyíló ablakok, ajtók méretét, továbbá az összeszellőztetés tényét és helyét. Utalni kell arra is, hogy a gázkészülék légellátásában részt vevő nyílászárók nem lehetnek légzáró kivitelűek, és nem is tehetők légzáróvá.

### Az 58 kW egység- és 116 kW összteljesítmény feletti gázkészülékek légellátása

Ezt a feladatot a GOMBSZ szerint más elvek alapján kell megoldani. Az alapkövetelmény az, hogy a gáztüzelésű berendezés helyiségében legalább ötszörös légcserét kell biztosítani. Ennek a szellőzőlevegő mennyiségnek csak 40%-a használható fel az égési levegő ellátásra. Az e feletti égési levegő igényről külön kell gondoskodni.

A levegőt a szabadból nyíló, el nem zárható, nem éghető anyagú csatornán vagy nyíláson keresztül kell a helyiségbe juttatni. A szabadba nyíló végen zsálot, huzalhálót, vagy rácsot

kell elhelyezni, aminek légoldali ellenállását a méretezéskor figyelembe kell venni. Mesterséges szellőztetés esetén a szellőző és a gázfogyasztó berendezés üzemét egymással reteszelni kell, azaz a gázkészülék csak akkor léphessen üzembe, ha a szellőző berendezés működik.

A vésszellőző ventilátornak – az előzőek szerint – tízszeres légcserét kell a helyiségben biztosítania. A szellőzés és a vésszellőzés is csak befűvő üzemű lehet.

## 11.8. Pébégáz-ellátás

### 11.8.1. A pébégáz tüzeléstechnikai jellemzői

Mielőtt a pébégáz felhasználás legfontosabb kérdéseit tárgyalnánk, nézzük meg a gázfajta sajátosságait, amelyek a földgázhoz képest eltérő rendszerkialakítást és előírásokat igényelnek.

A pébégáz legfőbb alkotói a propán és a bután. Az MSZ 1601 a gázkeverék alkotói közül az alábbiakat rögzíti:

- a butántartalom legfeljebb 60 tömeg%,
- a pentán és magasabb rendű szénhidrogén tartalom legfeljebb 2%,
- a nitrogén, oxigén és hidrogén tartalom összesen legfeljebb 0,2% [28].

A maradék összetevő a propán.

A pébégáz keverék már szobahőmérsékleten, kis nyomáson is könnyen cseppfolyósítható. A gáz fázisú fő alkotók sűrűsége:

propán: 2,011 kg/m<sup>3</sup>, n-bután: 2,708 kg/m<sup>3</sup>.

Emiatt a pébé gázkeverék a levegőnél nehezebb, azaz az „Alapismeretek” kötet „Tüzeléstechnika” c. fejezetében megismert relatív sűrűsége egynél nagyobb.

Folyadék fázisban a két fő alkotó a víznél könnyebb, fajtérfogata és sűrűsége a hőmérséklettől erősen függ, 15 °C-on:

propán: 0,507 kg/m<sup>3</sup>, bután: 0,585 kg/m<sup>3</sup>.

E jellemző tulajdonságok miatt az alkalmazás során különös gondot kell fordítani arra, hogy a pébégáz ne juthasson be a mélyen fekvő helyiségekbe, üregekbe és a csatornába.

[38] alapján a propán égéshője kb. 50,3 MJ/kg, illetve gáztechnikai normál állapotra vonatkoztatva 101,8 MJ/m<sup>3</sup>, fűtőértéke kb. 46,4 MJ/kg, illetve 93,6 MJ/m<sup>3</sup>. A bután égéshője kb. 49,4 MJ/kg, illetve 134 MJ/m<sup>3</sup>, fűtőértéke kb. 45,7 MJ/kg, illetve 123,5 MJ/m<sup>3</sup>.

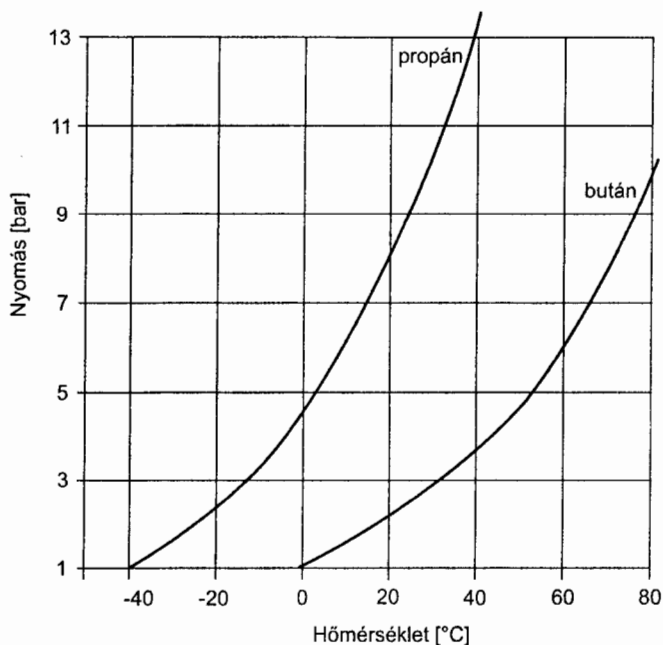
Ha az égési egyenletek felhasználásával meghatározzuk a 60 tömeg% butántartalmú pébégáz elégetéséhez szükséges elméleti levegőmennyiséget ( $\lambda = 1$ ), akkor eltüzelt gázkeverék köbméterenként kb.  $29 \text{ m}^3$  értékre kapunk, a keletkező száraz égéstermék pedig kb.  $27 \text{ m}^3/\text{m}^3$ . Összehasonlítva a földgáz hasonló tüzeléstechnikai jellemzőivel, feltűnő, hogy mindkét mennyiség a pébégáznál lényegesen nagyobb, a földgázra vonatkozó értékek mintegy háromszorosa. Ez felhívja a figyelmet arra, hogy a pébé gázzal üzemelő készülékek égési levegő ellátását és égéstermék elvezetését különös gonddal kell kialakítani.

Az „Alapismeretek” kötet „Tüzeléstechnika” c. fejezetében bemutatott 10.4. ábrán látható, hogy a propán esetében az égéshő és a fűtőérték aránya 1,09, a butánnál 1,08. Ez az arányszám kisebb, mint a földgáz esetében (1,11), de a kondenzációs hőhasznosítás lehetőségei még mindig kedvezőek.

A propángáz alsó és felső gyulladási határértéke 2,1 illetve 9,5 tf%, a butángázé 1,5 illetve 8,5 tf%. Ezek az értékek lényegesen kisebbek, mint a földgáz esetében.

A propán és a bután tulajdonságai közül nagy szerepe van a gőznyomás görbéknek, amelyeket a 11.43. ábrán mutatunk be. Ennek a tartályból elvehető gázmennyiség tárgyalásakor lesz jelentősége.

Végezetül a tulajdonságok közül az elgőzölögtetéshez szükséges hőmennyiség nagyságát emeljük ki, amit elgőzölögtetési entalpiának neveznek. Nagysága  $15^\circ\text{C}$  vonatkoztatási hőmérsékleten, propán esetén  $352,5 \text{ kJ/kg}$ , butánra pedig  $371,5 \text{ kJ/kg}$ . (A pébégáz tulajdonságairól és tüzeléstechnikai jellemzőiről bővebben a [28], [30], [38], [39] irodalmakban olvashatunk.)



11.43. ábra. A propán és a bután gőznyomás görbéi [30]

### 11.8.2. A pébégáz szállítása és elvétele a tartályból

A pébégáz keveréket a töltőüzemből palackban, vagy tartályban juttatják el a fogyasztóhoz. A tartályokat a fogyasztónál közúti tankautó segítségével utántöltik.

A palackok közül legelterjedtebb a 25 liter névleges térfogatú és 11,5 kg töltetömegű alumíniumpalack. A nagyobb méretű palackok töltetömege 23 kg. A palackokat elsősorban főző- és egyedi fűtőkészülékek ellátására használják, a palackra szerelt nyomáscsökkentő segítségével. A töltetömeg és az előző pontban bemutatott égéshő illetve fűtőérték adatok alapján látható, hogy palackok felhasználásával jelentősebb fűtési vagy melegvíz-készítési hőigény nem látható el. Javíthat a helyzeten, ha több palack csatlakozására és lefejtésére alkalmas lefejtő berendezést alakítanak ki. Erről bővebben például a [39] jelű irodalomban olvashatunk, könyvünkben a tartályos gázellátást tárgyaljuk részletesebben.

A gyakorlatban a 3 m<sup>3</sup> és az 5 m<sup>3</sup> névleges térfogatú tartályokat használják, amelyek tényleges térfogata 2,7 m<sup>3</sup> illetve 4,85 m<sup>3</sup>. Ezeket a tartályokat a gyakorlati szóhasználatban ún. kistartályoknak hívják.

A tartályban a töltet folyékony halmazállapotban van jelen. Mivel a hőmérséklet függvényében számolni kell a töltet térfogatváltozásával, a tartályt nem töltik tele, a megengedett töltési szint

- föld feletti tartály esetében 85%,
- épületben elhelyezett tartálynál 80%, míg
- földdel takart és földbe süllyesztett tartálynál 90% [29].

A tartályból gázt a folyadéktöltet feletti gázfázisból, illetve a folyadékfázisból lehet elvenni. Az első esetben a kilépő gáz térfogatáramnak megfelelő mennyiség a folyadékfázisból párolog el. Az elgőzölögtetéshez szükség van az elgőzölögtetési entalpiának megfelelő hőmennyiség közlésére, amelyet a töltet hőmérsékletcsökkenése fedez. Mivel az elgőzölögtetési entalpia – különösen a bután összetevőnél – nagy, a folyadék fázis fajhője pedig viszonylag csekély, az elgőzölögtetés a töltet jelentős hőmérsékletváltozását okozza. A lehűlés annál erősebb, minél kisebb a töltet tömege, tehát a tartály töltési foka.

A gázfázis nyomása a folyadéktöltet hőmérsékletétől függ (11.43. ábra), ezért a tartály lehűlésével a gáznyomás csökken. A gáznyomás akkor szűnik meg, ha nem áll rendelkezésre a tartályon lévő nyomásszabályozó működéséhez szükséges túlnyomás. A propán esetében kb. 0,7 bar túlnyomás kb. –30 °C-ig biztosítható, a butánnál azonban már 0 °C-nál sincs túlnyomás.

A folyadéktöltet hőmérsékletének csökkenésével a környezetből hőáramlás indul meg a tartály felé és a körülményektől függő mértékben a tartály hő vesz fel. A gáznyomás előzőekben vázolt folyamatából kitűnik, hogy a gáznyomás nagyságát a töltet nagysága és a tartály környezettel kialakuló hőcseréje határozza meg, azaz a befolyásoló tényezők:

- a tartály felületének nagysága,
- a töltet nagysága (a tartály töltésének mértéke),
- a környezet hőmérséklete,



- a tartály és a környezet között kialakuló hőátadási jellemzők,
- környezet relatív nedvességtartalma (a felületen kialakuló zúzmara, jég befolyásolja a hőátadást).

A pébégáz elvételekor a tartályból először a propán összetevő távozik, a tartály töltete butánban folyamatosan dúsul, ezért az előző pontban bemutatott gázjellemzők fokozatosan a bután jellemzői felé mozdulnak el.

Ha a tartály nem tudja fedezni a gázfázisból való gázelvételt, akkor a folyadékfázisból kell gázt elvenni. Ekkor a folyékony halmazállapotú gázt elgőzölögtető hőcserélőbe vezetik, ahol külső hőenergia bevezetésével alakítják gázfázisúvá.

### 11.8.3. A tartály telepítése és szerelvényei

A pébégáz tárolására használt tartályokat a nyomástartó edényekre vonatkozó előírásoknak, a GOMBSZ-nak és a vonatkozó szabványoknak megfelelő kivitelben gyártják. A tartályok a következő módon helyezhetők el:

- föld felett,
- föld alatt, földbe süllyesztve, vagy részben földbe süllyesztve, földtakarással,
- épületben.

A következőkben bemutatott telepítési előírásokat [29] és [32] alapján foglaltuk össze. Adott esetben a kistartályos gázellátás szolgáltatójának műszaki utasításait részletesen át kell tanulmányozni, és annak megfelelően kell eljárni.

A **föld felett telepített tartályokat** méretezett betonra helyezik el. A méretezésnél a tartály vízzel töltött állapothoz tartozó tömegét veszik figyelembe. A tartályt úgy kell az alapra rögzíteni, hogy a hőtágulás okozta mozgást ne akadályozza. A föld feletti tartály méretezési túlnyomása 15,6 bar, a méretezési hőmérséklet 50 °C.

**Föld alatt** a tartályt munkaárokban kell elhelyezni. Talajvíz megjelenése esetén megfelelően méretezett felúszás elleni biztosításról kell gondoskodni. A tartály körül homokfeltöltés készül és gondoskodni kell a megfelelő felületvédelemről. A földdel takart tartályok teljes felületét földdel kell borítani, és a felület 80%-át legalább 50 cm vastag takarás fedje. A föld alatt lévő, vagy földdel takart tartály alsó alkotója alól szaglócsövet kell a felszínre vezetni.

Az **épületben elhelyezett tartály** csak a tűzvédelmi előírásoknak megfelelő falakkal, fűdémmel, padozattal és nyílászárókkal kialakított, külön célra létesített helyiségben telepíthető. A helyiségnek a szabad térből megközelíthetőnek kell lennie, padlószintje a környező terepszintnél alacsonyabban nem lehet és ajtaja nem nyílnak a terepszintnél mélyebb helyre. A tartály elhelyezésére szolgáló helyiség szellőzéséről a padlószinten és közvetlenül a mennyezet alatt kialakított, két, egyenként 400 cm<sup>2</sup> szabad keresztmetszetű nyílással kell gondoskodni, ami azonban nem nyílnak közterületre. Mesterséges szellőzés esetén legalább ötszörös

légcserét kell biztosítani, befűvő szellőzéssel. A helyiségben nyitott padlócsatorna, csatorna akna, padlóösszefolyó nem lehet. (Egyéb részleteket például [29] tartalmaz).

Épület tetején pébégáz kistartály nem helyezhető el.

### A tartályok védőtávolságai

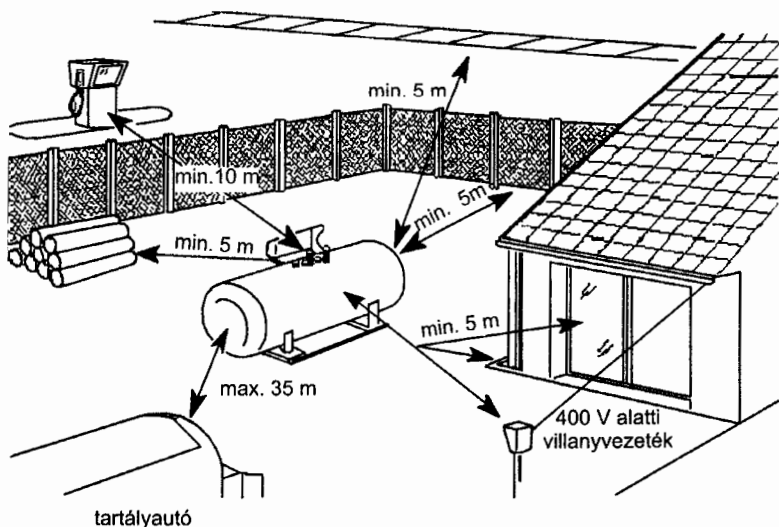
A tartályok körül biztonsági övezetet kell kialakítani [29], [30], [32]. A szükséges védőtávolságokat a föld alatti tartály esetében a tartály dőmfedelétől, föld felett elhelyezett tartálynál pedig a palásttól kell mérni. A védőövezetet úgy kell kialakítani, hogy a telekhatáron belülre essen.

A védőtávolság mérete az alábbi:

A tartály elhelyezése	A tartály térfogata [m <sup>3</sup> ]	
	< 5	5–25
Földdel takart és földbe süllyesztett tartály	3 m	5 m
Föld feletti tartály	5 m	10 m

Térszint felett elhelyezett tartály esetében a védőtávolságokat és az érintett objektumokat szemléletesen mutatja a **11.44. ábra** [32].

Ha a tartály, vagy tartályok tömeg befogadására szolgáló létesítményekhez közel helyezkednek el, ha az ingatlan nincs bekerítve, illetve az ingatlanon belül a gépjármű forgalom veszélyezteti a tartályokat, akkor az elhelyezésükre szolgáló területet körbe kell keríteni. A kerítésen kifelé nyíló ajtót és figyelmeztető táblákat kell elhelyezni (ugyancsak [32]).



11.44. ábra. Föld felett telepített tartály védőtávolságai

Épületben elhelyezett tartályoknál a tartály biztonsági övezete a helyiség faláig terjed. A tartályt úgy kell elhelyezni, hogy palástja az oldalfalaktól és a födémtől legalább 1 m távolságra legyen. Nyílászáróknál, szellőzőnyílásoknál a biztonsági övezet függőleges irányban 1 m, vízszintesen 5 m sugarú ívvel határolt terület.

A föld felett telepített kistartályok védőtávolságai az előző értékek felére csökkenthetők legalább 2 óra tűzállósági határértékű védőfallal, ha az legalább 1 m-rel túlnyúlik a tartályok fal felőli vízszintes méretein és legalább 2 m magas. A védőfal és a tartályok között legalább 1,5 m távolságot kell biztosítani. Védőfal legfeljebb két oldalon létesíthető.

## A tartályok szerelvényei

A pébégáz tartályokat előírt szerelvényekkel kell ellátni [29], [30], [32], amelyek a következők:

- gázelvételi szelep,
  - folyadék-elvételi szelep,
  - töltőszelep
- (ezeket a szerelvényeket föld feletti tartályoknál a tartályfedél alatt kell elhelyezni),
- biztonsági lefűvatószelep visszacsapószeleppel,
  - szintjelző.

A **gázelvételi szelep** ún. POL jelű, balmenetes csatlakozással rendelkezik, amelyre a nyomásszabályozó készülék közvetlenül csatlakoztatható. Emellett üzemi nyomásmérő továbbá ellenőrző nyomásmérő csatlakozás, a 85%-os szintig bemerülő cső és törésre záró szelep is része ennek a többfunkciós szerelvénynek. (Utóbbi automatikusan lezár, ha a gázelvételi vezetéken a gázáramlás hirtelen megnő, pl. csőtörés miatt, és addig zárva tart, amíg a szelep két oldalán ki nem egyenlítődik a nyomás.)

A **folyadék-elvételi szelep** csőve a tartály aljáig nyúlik be. A folyadékfázisú közeg innen az elpárologtatóba vezethető. A kistartály ürítésére is szolgál.

A **töltőszelep** felső csatlakozása védősapkával takarható, a tartályautó tömlőjének megfelelő, ún. 1¼" ACME menet. A szelep alján lévő visszacsapószelep megakadályozza a gázfázis kiáramlását a tartályautó csatlakozása közben.

A **biztonsági lefűvatószelep** védi a tartályt a benne kialakuló, a megengedett üzemi nyomásnál nagyobb nyomás ellen. A nyitónyomás föld feletti tartályoknál 15,6 bar, föld alatti vagy földdel takart tartályoknál 14,5 bar. A biztonsági szelepet a 6 évenként sorra kerülő időszakos ellenőrzések alkalmával az illetékes területi felügyeleti szerv ellenőrzi.

A **szintjelző szerelvény** úszóval és mágneses folyadékszint mérővel az aktuális folyadékszint kijelzésére szolgál, távjelzésre alkalmas kivitele is létezik.

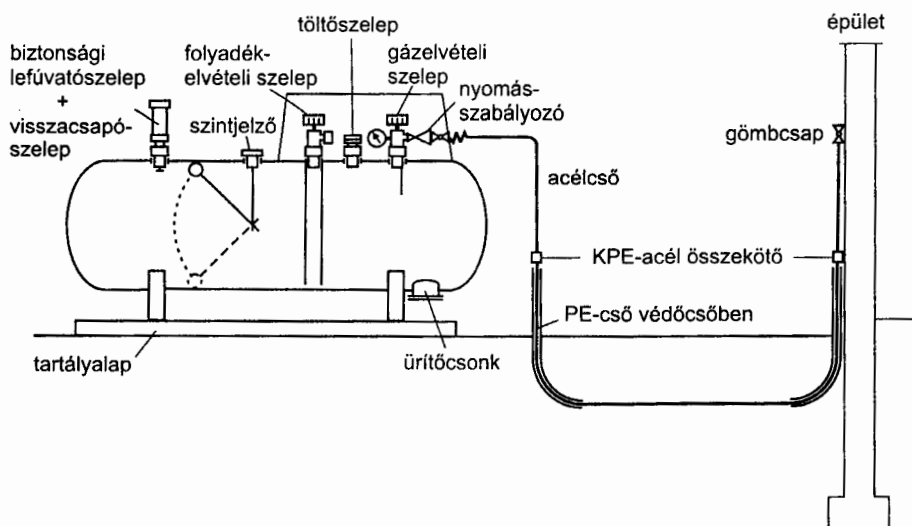
## A tartályok villámvédelme

A tartályokat villámvédelemmel és elektrosztatikus feltöltődés elleni védelemmel kell ellátni. Az átadás során ennek megfelelőségéről villámvédelmi felülvizsgálattal kell meggyőződni.

A védelem kialakítása során a tartály vasbeton alapjának kivezetett vasalását és a tartály lábára hegesztett földelővezetéket rúd földelőhöz hegesztik. A részletes előírások a szolgáltatók műszaki utasításaiban megtalálhatók.

#### 11.8.4. Épület pébégáz ellátó berendezése

Az előírt szerelvényekkel ellátott és a föld alatt, vagy felett elhelyezett kistartály (11.45. ábra) gázellátási szelepeire csatlakozik a nyomásszabályozó. A nyomást két fokozatban kell a kívánt értékre csökkenteni. Az első fokozat a tartályra szerelt nyomásszabályozó készülék, a második az épület előtt a mérőn, vagy a készülékeken helyezhető el. Kétfokozatú nyomásszabályozó készüléket építve a tartályra, nincs szükség második nyomásszabályozóra.



11.45. ábra. Az előírt szerelvényekkel ellátott kistartály és az épület csatlakozó vezetéke

A tartályon lévő nyomásszabályozó flexibilis csatlakozó tömlővel kapcsolódik az épületig kialakított vezetékre. A tartályfedél után elzárószerelvénnyel következik. A földi alapvezeték kialakítása megfelel a 11.29. ábra legalsó változatának, azaz a tartály után acélcső, KPE-acél összekötő idom, majd KPE műanyagcső következik. Az épület falán kialakított felállásnál ismét KPE-acél összekötő idomot és elzárócsapot kell felszerelni. Az épületben lévő fogyasztói berendezés kialakításának szempontjai és előírásai megegyeznek a földgáz ellátásnál megismertekkel. Újra fel kell azonban hívni a figyelmet a pébégáz speciális tulajdonságaiból eredő szempontokra (ld. a 11.8.1. pontot). Ennek megfelelően különös gondot kell fordítani az égési levegő ellátásra és az égéstermék elvezetésére.

## Irodalom

- [1] Barna, L. témavezető:  
*Fogyasztócsoporthoz mértékadó gázigénye.*  
BME I. Épületgépészeti Tanszék, 1988. október
- [2] Barna L.:  
*Lakóépületek mértékadó gázfogyasztása*  
Épületgépészet, XXXVIII. évf. (1989) 2. sz. p. 58–64
- [3] Barna, L.:  
*Lakóépületek és települések gázfogyasztása és a gázfogyasztás változása*  
PhD tézisek, BME, Budapest, 1997.
- [4] Bátyi, B.:  
*A turbinás gázmérők alkalmazásával kapcsolatos elméleti és beépítési megfontolások*  
Épületgépészet, XXXIX. évf. (1990) 3-4. szám, p. 108–120
- [5] Bátyi, B.:  
*A turbinás gázmérők hitelesítésének új módszerei*  
Épületgépészet, XL. évf. (1991) 1. szám, p.
- [6] Bátyi, B.:  
*A háztartási gázmérés fejlődéstörténete és a mérők továbbfejlesztésének irányai*  
Épületgépészet, XL. évf. (1991) 2. szám, p. 53–61
- [7] Bottari, P. – ifj. Móczár, G.:  
*Földgáz nyomásszabályozó állomások oktatási anyaga. Földgáz nyomásszabályozók*  
Fiorentini Hungary Kft. Budapest
- [8] Cerbe, G. és szerzőtársai:  
*Grundlagen der Gastechnik* (4. Auflage)  
Carl Hanser Verlag, München-Wien, 1992.
- [9] Fiorentini Hungary Kft:  
*Tipizált, illetve speciális gáznyomás-szabályozó állomások 20 Nm<sup>3</sup>/h-tól a kívánt értékig*  
Budapest, 2001.
- [10] Fővárosi Gázművek kiadványai:  
*Csatlakozó vezetékek*  
Budapest, 1973.
- [11] Fővárosi Gázművek kiadványai:  
*Segédletek csatlakozó vezeték tervezéséhez, gáztervek és szerelési vázlatok készítéséhez.*  
Budapest, 1975.
- [12] Fővárosi Gázművek:  
*Fogyasztói berendezések, fogyasztói vezetékek és készülékek alkalmazása és szerelése*  
Budapest, 1975.
- [13] Fővárosi Gázművek:  
*Gázmérők. Alkalmazási és szerelési technológiai előírás*  
Budapest, 1973.

- [14] Fővárosi Gázművek:  
*Gázberendezések helyiségeinek légellátása - szellőzése. Segédlet*  
Budapest, 1985
- [15] Garbai, L. – Barna, L.:  
*Egy sztochasztikus iskola körvonalai az épületgépészetben. 2. rész: A mértékadó használati hideg- és melegvíz, illetve gázfogyasztás meghatározása a valószínűségszámítás eszközeivel*  
Magyar Épületgépészet, XLIX. évf. (2000) 5. szám, p. 3–6
- [16] Georg Fischer Rohrleitungssysteme AG:  
*Das komplette Programm für PE- und PVC-Druckrohre. Katalog und Anwendungstechnik*  
Svájc, 1993.
- [17] Jellinek, Harry főszerk.:  
*Egészségügyi ABC. Ötödik, javított kiadás*  
Medicina Könyvkiadó, Budapest, 1985.
- [18] Juhász, L.:  
*Süllyesztett gáznyomás-szabályozó állomások*  
JUTEC Kft. Budapest
- [19] Juhász, L.:  
*Gondolatok az építmények PE anyagú bekötésének kialakításáról.*  
JUTEC Kft. Budapest, 2001. május 30.
- [20] Juhász, L. – Cséki, I. – Nagy, R.:  
*„profipress G” – Viega présfitting rendszer gázszereléshez. Tájékoztató szórólap*
- [21] KÖGÁZ  
*Leágazó vezetékrendszer, D 32*
- [22] Laklia, T. szerk.:  
*A Magyar Gázipar 1970 – 1998*  
MONTAN-PRESS Kft, 1999.
- [23] Lángfy, P.:  
*Magyarország gáz- és távhőenergia helyzete és az EU elvárások*  
Magyar Épületgépészet, L. évf. (2001) 2001/5. szám, p. 7–10
- [24] Magyar Szénhidrogénipari Kutató-Fejlesztő Intézet  
*HW rendszer (85 mbar csatlakozási nyomású gázellátás) Tervezési, kivitelezési segédlet*  
Budapest, 1985.
- [25] Meszléry, C.:  
*Gázellátás. Egyetemi jegyzet*  
Tankönyvkiadó
- [26] Meszléry, C.:  
*Gáztechnikai példatár*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978.

- [27] PRÍMAGÁZ tájékoztató:  
*Gázvezetési lehetőség a tartályból.* Kidolgozta Mihályi, Gy.  
PT-07, 1994-1
- [28] PRÍMAGÁZ tájékoztató:  
*Cseppfolyós gázok jellemzői.* Kidolgozta Mihályi, Gy.  
PT-11, 1995-1
- [29] PRÍMAGÁZ:  
*Tartályos gázellátás műszaki irányelvei*  
1996. szeptember 1.
- [30] ProTech Energiesysteme GmbH:  
*Flüssiggas Handbuch. Installation von Flüssiggasanlagen nach den „Technischen Regeln Flüssiggas“ (TRF 1996)*  
Deutscher Verband Flüssiggas e.V. (DVFG), 1996.
- [31] Rékasi, B. – Kocsmár, K. – Kún, S.:  
*Új hitelesítő rendszer a Fővárosi Gázművek Rt-nél*  
Magyar Épületgépészet, XLIX. évf. (2000) 6. szám, p. 8–12
- [32] Shell Gas Hungary Rt. Műszaki Csoport:  
*Kistartályos gázellátás műszaki utasítása*
- [33] Szabó, D. témafelelős:  
*Gáznyomás-szabályozó állomások tervezési segédlet egyeztetési anyaga*  
Tervezésfejlesztési és Technikai Építészeti Intézet (TTI), Budapest, 1991.
- [34] Szabó, D. témafelelős:  
*Gázmérők tervezési segédlet zárótárgyalási anyaga*  
Tervezésfejlesztési és Technikai Építészeti Intézet (TTI), Budapest, 1990.
- [35] Tiszántúli Gázszolgáltató Rt.:  
*Gázelosztó vezetékek létesítése.* Technológiai utasítás, TT 1000/93.  
Hajdúszoboszló, 1993 (folyamatosan aktualizálva)
- [36] Tiszántúli Gázszolgáltató Rt.:  
*Gázfogadó és nyomásszabályozó állomások.* Technológiai utasítás, TT 3000/93.  
Hajdúszoboszló, 1993 (folyamatosan aktualizálva)
- [37] Tiszántúli Gázszolgáltató Rt.:  
*Csatlakozó vezetékek és fogyasztói berendezések létesítése, üzembe helyezése, ellenőrzése, karbantartása.* Technológiai utasítás, TT 4000/93.  
Hajdúszoboszló, 1993 (folyamatosan aktualizálva)
- [38] Vajda, J.:  
*A pécé-gáz tüzeléstechnikai jellemzői*  
Magyar Épületgépészet, XLVII. évf. (1998) 10. szám, p. 3–6
- [39] Vida, M. főszerk.:  
*Gáztechnikai kézikönyv*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1991

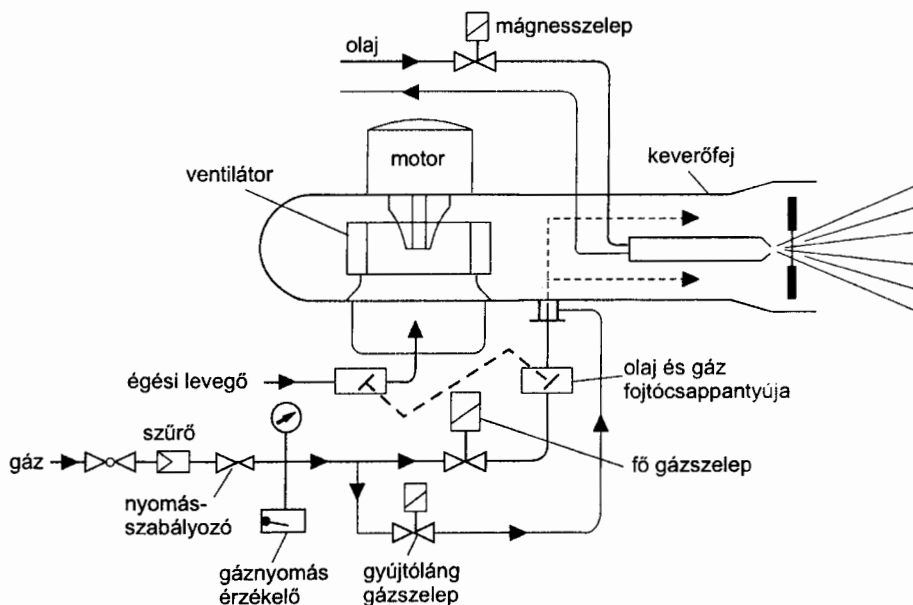
- [40] Wavin tájékoztató szórólap:  
*Polietilén gázcsövek*  
*Polietilén idomok hegesztett kötésekhez*  
*Elektrofűtőingek PE80-as és PE100-as alapanyagból gáz- és vízipari, illetve általános felhasználási célokra*  
Wavin Kft, Zsámbék
- [41] Zöld, A. szerk.:  
*Épületgépészet 2000. Alapismeretek*  
Épületgépészet Kiadó, Budapest, 2000.
- [42] *Gáz- és Olajipari Műszaki Biztonsági Szabályzat. A többször módosított 1/1977 (IV. 6.) NIM rendelet 2. melléklete.*  
A szénhidrogének termelésének, szállításának, szolgáltatásának és eltüzelésének legfontosabb jogszabályai. MSZH Szabványkiadó, 1993.
- [43] *Közüeti gázellátó rendszerek*  
Magyar Szabvány  
MSZ 7048/1:1983: Fogalommeghatározások, csoportosítás, általános követelmények  
MSZ 7048/2:1983: Fogasztói és csatlakozó vezetékek  
MSZ 7048/3:1983: Elosztóvezetékek védőtávolságai
- [44] *Közü- és egyéb vezetékek elrendezése közterületen*  
Magyar Szabvány  
MSZ 7487/1:1979: Fogalommeghatározások  
MSZ 7487/2:1980: Elhelyezés térszint alatt  
MSZ 7487/3:1980: Elhelyezés térszint felett
- [45] *Gázelosztáshoz tartozó berendezések*  
Magyar Szabvány  
MSZ 11414/2:1982: Közterületi nyomásszabályozó állomások  
MSZ 11414/4:1980: Rugós gömbszelep  
MSZ 11414/5:1982: Házi és egyedi nyomásszabályozó állomások
- [46] 1991. évi XLV. törvény a mérésügyröl és a végrehajtásáról szöló 127/1991. (X. 9.) Kormányrendelet
- [47] 1994. évi XLI. törvény a gázszolgáltatásról és az ezt módosító 1997. évi XX. törvény
- [48] *European scheme for the classification of gas appliances according to the method of evacuation of the products of combustion (Types)*  
MSZ CR 1749:2001
- [49] *Vizsgálógázok. Vizsgálónyomások. Készülékkategóriák.*  
Magyar Szabvány, MSZ EN 437:1999.
- [50] *Technische Regeln für Gas-Installationen, DVGW-TRGI'86*  
DVGW, Bonn, 1996.
- [51] *Építmények tűzvédelme. Hasadó-nyíló felületek.*  
Magyar Szabvány, MSZ 595-9:1994.
- [52] *Total Energy Measurement.* Instronet termékatalógus



## 12. Különleges tüzelőberendezések

### 12.1. Vegyes olaj- és gázégők

Azokban a létesítményekben, ahol a biztonság és az üzem folyamatossága minden egyéb szempont előtt jár (mint például kórházak, különleges erőművek), vagy ahol számítanunk kell esetleges földgázellátási nehézségekre, vagy szóba jöhet a gáz/olaj áralakulás miatt kihasználható olcsóbb üzem kérdése, alkalmazhatók a kétféle tüzelőanyag elégetésre alkalmas égők. Mindmáig csak nagyobb teljesítményű, vagy ipari jellegű kazánokban alkalmazzák, de ezt az eljárást már most ismernie kell a központi fűtési technikával foglalkozóknak is (12.1. ábra).



12.1. ábra. Fokozatmentes megoldású, vegyes olaj- és gázégő vázlata

Gáz- és szilárd tüzelőanyag együttes használatára mind a mai napig nincs mód és lehetőség, nem is ismeretes ilyen szerkezeti megoldás.

## 12.2. A bioenergia égetés gyakorlati megoldásai

A bioenergia fogalmának ismertetése, csoportosítása, elemzése messze meghaladja kötetünk kereteit. Hangsúlyozzuk azonban, hogy a kérdéskör fontossága egyre nő, és ajánljuk az [1], [2], [5] irodalmi források tanulmányozását. Ami a tüzelőszervezetet illeti, lényegében szilárd, illetve gáznemű tüzelőanyagok elégetéséről lehet szó.

### 12.2.1. Szilárd halmazállapotú tüzelőanyagok

A szilárd halmazállapotú biotüzelőanyagok (szalma, kukorica- és napraforgószár, szőlővenyige, fanyesedék) kis sűrűsége és szálas szerkezete őrlést, szecskázást és tömörítést, valamint szállítószerkezeteket igényel. Préseléssel úgynevezett biobrikettet lehet előállítani.

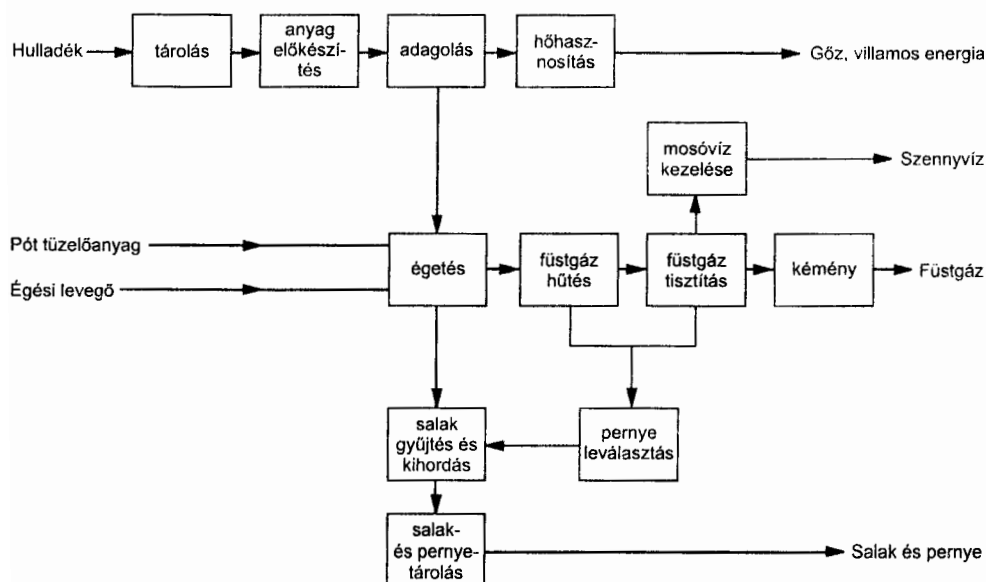
### 12.2.2. Gáz halmazállapotú tüzelőanyagok

A szerves anyagok oxigénmentes közegben végbemenő erjedése során biogáz keletkezik. A biogázokat értelemszerűen megfelelően kiképzett gázégőkkel juttatják a tüztérbe. Az alkalmazott technológiától függően a fűtőérték különféle lehet, de például a széndioxid tartalom kivonásával a biogázból megközelítően tiszta metán állítható elő, s ez esetben a földgázzal azonosan kezelhető [5].

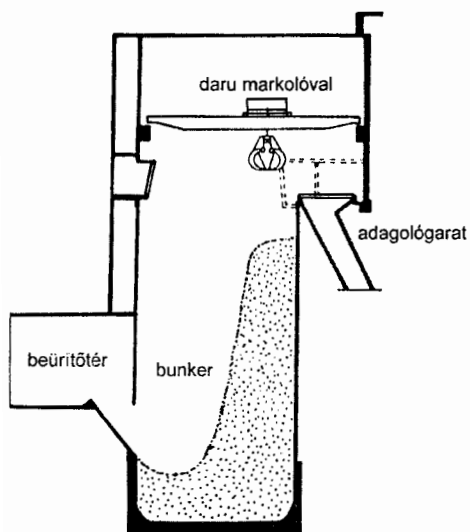
## 12.3. A települési szilárd hulladék elégetése

Előjáróban megjegyezzük, hogy a települések szilárd hulladékának megsemmisítésére a legcélszerűbb módszer az égetés, és ez a tény állandóan új és új megoldások kidolgozására serkenti a fejlesztőket.

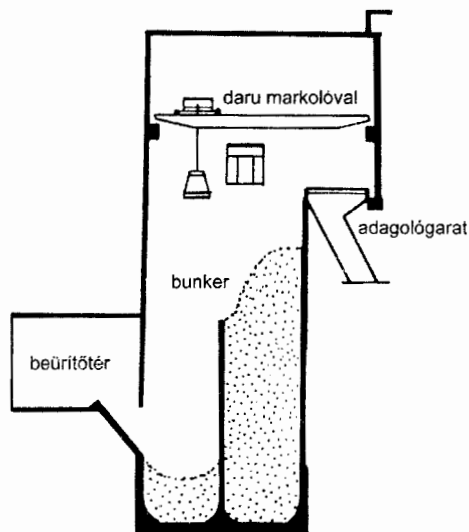
A települési szilárd hulladék heterogén és időben is igen változó összetétele, változó fizikai jellemzői (pl. szemcsenagyság, szemcseméret eloszlás, térfogattömeg, réteg áramlási ellenállás), valamint változó kémiai jellemzői, (pl. fűtőérték, hamutartalom, nedvességtartalom, klór-, kén- és fluor tartalom) miatt tüzeléstechnikai szempontból nehézkesen kezelhető anyag. A részletek megismeréséhez kötetünk terjedelmi korlátai miatt az olvasónak ebben az esetben is a különleges szakirodalomhoz kell fordulnia (pl. [2]), de tájékoztatásul bemutatjuk a technológiai sorrendet, valamint a hulladékégetés különleges szerkezeti elemét, a tároló bunkert egy-egy vázlatos ábrán (12.2., 12.3. és 12.4. ábra).



12.2. ábra. A hulladékégetés általános technológiai folyamata [1]



12.3. ábra. Osztatlan magasbunker [1]



12.4. ábra. Osztott magasbunker [1]

**Irodalom**

- [1] Barótfi, I. (szerk.):  
*Környezettechnika kézikönyv*  
Környezettechnika Szolgáltató Kft., Gödöllő, 1990.
- [2] Barótfi, I. (szerk.):  
*Energiafelhasználói kézikönyv*  
Környezettechnika Szolgáltató Kft., Gödöllő, 1993.
- [3] BUDERUS  
*Handbuck für Heizungstechnik* (33. Auflage)  
Beuth Verlag GmbH, Berlin-Wien-Zürich, 1994.
- [4] BUDERUS  
*Almanach für Heizungstechnik*  
DIN Deutsches Institut für Normung e.V.-Buderus Heiztechnik GmbH  
Beuth Verlag GmbH, Berlin-Wien-Zürich, 1994.
- [5] Büki, G.:  
*Energetika*  
Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1997.

## 13. Villamos üzemű berendezések

A központi fűtések egészen különleges faja a villamos fűtésű, központi fűtésre alkalmas kazánokkal ellátott rendszerek családja. Nagytisztaságú, különleges szabályozási igényeket támasztó létesítmények igényelhetik e megoldást, különösen akkor, ha a kémény építésének sajátos esztétikai, vagy környezetvédelmi akadálya van.

Ahogy ugyanis majd következõ, a kazánházakról szóló rövid fejezetben is látjuk, a villamos fűtés számos elõnnyel rendelkezik:

- nincs szükség égéstermék elvezetésre,
- nem kell a tüzelõanyag tárolásáról gondoskodnunk,
- a fogyasztónak nem kell a tüzelõanyagot megelõlegeznie,
- rendkívüli tiszta,
- igen jól és pontos szabályozható.

Ezekkel szemben az energiagazdálkodási szempontok, valamint a pénzügyi következmények miatt nálunk e megoldás olyan ritka, hogy csak egy igen szűkszavú összefoglalásra és bemutatásra szorítkozunk. Ezen túlmenõen a szakirodalmat ajánlhatjuk bővebb tanulmányozásra a különleges alkalmazások érdekében.

A villamos fűtésű kazánok legfőbb csoportosítási szempontja az, hogy a kazán lehet:

- közvetlen, azaz átfolyós, vagy
- tárolós rendszerű.

Hazánkban, ahol a villamos energia köztudomásúan költséges, és aránylag nagy hányadát állítják elõ fosszilis tüzelõanyagokból, közvetlen, tehát átfolyós villamos melegítésű kazánt úgyszólván nem is alkalmaznak. Szó lehet azonban a csúcsidõn kívüli, olcsóbb áram felhasználásáról és ezért röviden, a különleges megoldások esetének sorában beszélnünk kell a tárolós típusú kazánokról. Ezekben a berendezésekben a csúcsidõn kívüli idõszakban a tároló fűtése, azon kívül a tároló kisülése zajlik.

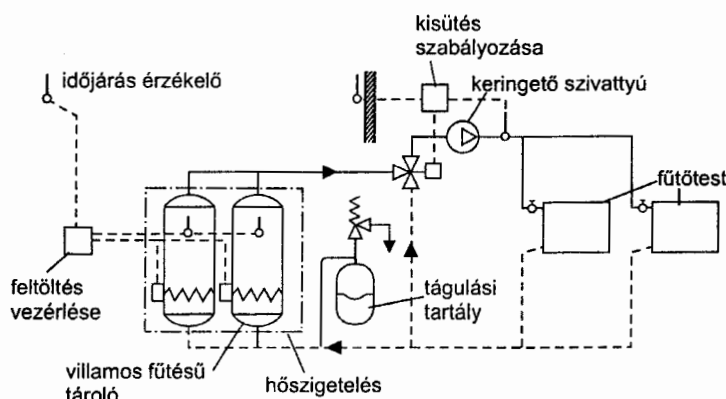
Ezek megoldása kétféle lehet:

- a tárolóanyag célszerûen maga a víz,
- tárolásra egyéb, nagy hõtároló képességû anyagot alkalmazunk.

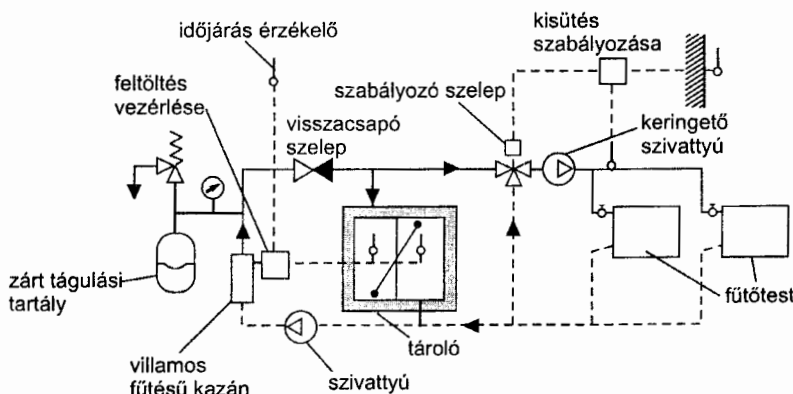
A víz, mint tárolóanyag szintén kétféle módszerrel alkalmazható:

- a hőt magában a kazánban tároljuk, illetve
- az átfolyós rendszerű kazánhoz tároló szivattyúval víztárolókat csatlakoztatunk.

Ezek megoldását mutatja a **13.1. és a 13.2. ábra**. Olyan kapcsolás is lehetséges, hogy a villamos fűtésű kazán kb. a teljes hővesztesség 85%-át fedezi, e felett pedig költségkímélés céljából fosszilis tüzelőanyagot használnak (**13.3. ábra**). Ez az elvileg helyes elgondolás azonban annyira bonyolult és gyakorlatilag annyira semmissé teszi a villamos fűtés elemi előnyeit, (pl. a kémény hiányát), hogy alkalmazását magunk sem ajánljuk. Itt említjük meg, hogy az épületgépészetben újabban kialakult szóhasználattal az ilyen, kétféle energiaforrással működő rendszert „bivalens” rendszernek nevezzük, szemben a „monovalens” megoldásokkal, ahol egyetlen energiaforrás van.

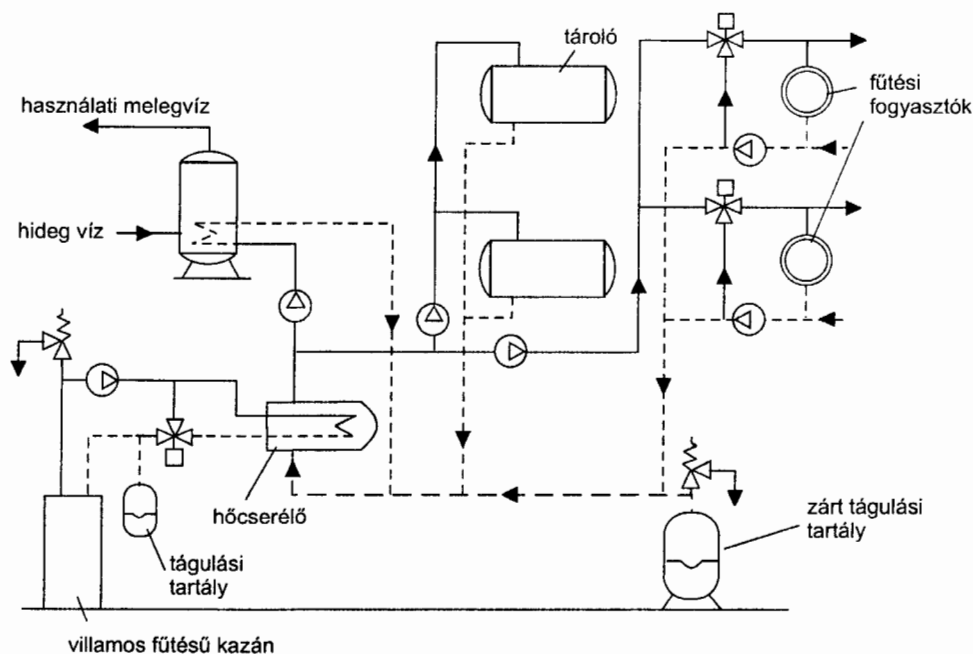


**A fűtés a hőtermelőben**

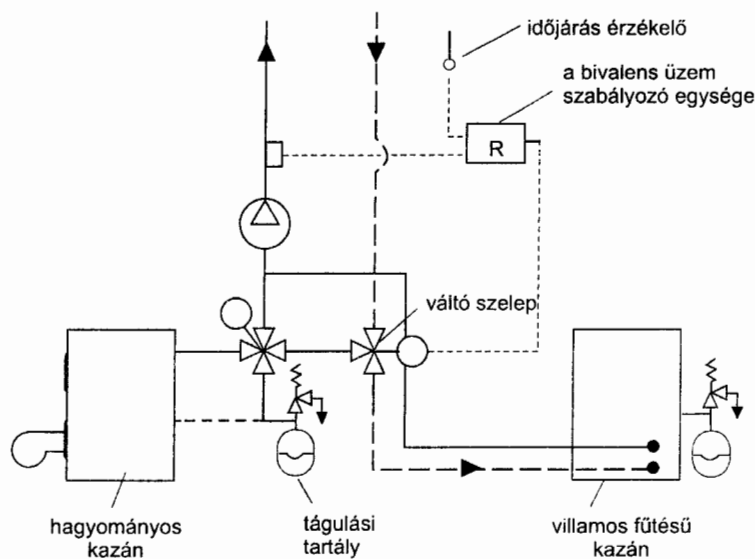


**A fűtés a hőtermelőn kívül**

**13.1. ábra. Központi fűtés villamosfűtésű, tárolós hőtermelővel [2]**



13.2. ábra. Központi fűtés és használati melegvízellátás villamos fűtéssel, tárolóval kiegészített hőtermelővel [2]



13.3. ábra. Bivalens villamos hőtermelés (kapcsolási vázlat) [2]

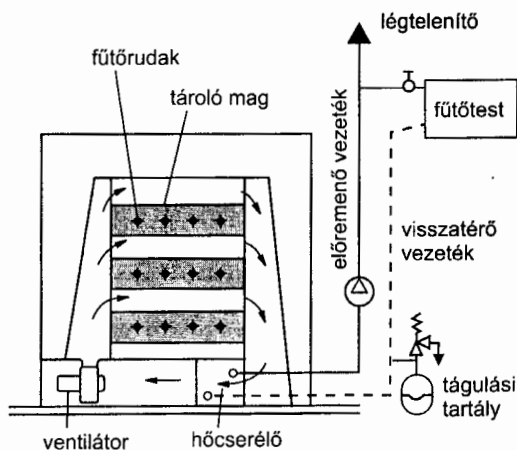
A könyvet forgató olvasót itt arra kérjük: kövesse figyelmesen az áramló közegek útját. A részletes tervezéshez és méretezéshez kötetünk megfelelő fejezeteihez kell lapozni, erre ad módot és lehetőséget az összefoglaló jellegű fűtéstechikai kötet.

A vízen túlmenően az egyéb tároló anyagok sorában megemlítjük a kerámia jellegű anyagokat, az öntöttvasat, az olajat és a sót. Ezek tulajdonságait a **13.1. táblázatban** foglaltuk össze. A tárolóanyag mintegy 650 °C-ig melegíthető fel. Minden kW kiadott teljesítményhez kb. 50–70 kg tárolási tömeg tartozik. A vázlatos megoldást a **13.4. ábra** mutatja.

Különböző tárolóanyagok tulajdonságai [1]

13.1. táblázat

		Magnezit	Öntöttvas	Víz	Fűtőolaj	Só (KNO <sub>3</sub> )
Max. hőmérséklet	°C	600	600	120	300	380
Min. hőmérséklet	°C	80	80	50	70	80
Hőmérsékletkülönbség	K	520	520	70	230	300
Fajlagos hőkapacitás	kJ/kg K	1,13	1,13	4,2	2,3	1,2
Olvadáshő	kJ/kg	–	–	–	–	95
Sűrűség	kg/dm <sup>3</sup>	2,9	7,2	1,0	0,75	2,1
Olvadáspont	°C	–	(1200)	(0)	(–30)	337
Tárolt hőmennyiség kg-onként dm <sup>3</sup> -enként	kJ/kg kJ/dm <sup>3</sup>	590 1700	280 2020	294 294	530 400	445 955
Fajlagos tárolótömeg	kg/MJ	1,7	3,6	3,4	1,9	2,2
Fajlagos tárolótérfogat	dm <sup>3</sup> /MJ	0,6	0,5	3,4	2,5	1,0
A tárolóanyag ára	DM/kg	0,5	0,6	0,00	0,8	0,9
Fajlagos tároló ár	DM/MJ	0,85	2,1	0,00	1,5	2,0



13.4. ábra. Villamos fűtésű tároló, kerámia tárolóanyaggal (metszet) [1]



A méretezés az alábbi közelítő összefüggéssel történhet:

$$P = \frac{\dot{Q}_{h\ddot{o}v} \tau_{napi}}{\tau_t \eta_{napi}} \quad (13.1.)$$

ahol

- $P$  teljesítmény felvétel,  
 $\dot{Q}_{h\ddot{o}v}$  átlagos hőveszteség,  
 $\tau_{napi}$  a napi kihasználási idő (óra),  
 $\tau_t$  a tároló feltöltésre szánt idő (óra),  
 $\eta_{napi}$  napi átlagos hatásfok (a gyártó adja meg).

Példa:

- ha  $\dot{Q}_{h\ddot{o}v} = 16 \text{ kW}$   
 $\tau_{napi} = 16,5 \text{ óra}$   
 $\tau_t = 10 \text{ óra és}$   
 $\eta_{napi} = 0,874$ , akkor:  
 $P = 30,2 \text{ kW}$

## Irodalom

- [1] BUDERUS  
*Handbuch für Heizungstechnik* (33. Auflage)  
 Beuth Verlag GmbH, Berlin-Wien-Zürich, 1994.  
 [2] Schramek, E. R. (Recknagel-Sprenger):  
*Taschenbuch für Heizung+Klimatechnik 2000* (69. Auflage)  
 R. Oldenbourg Verlag, München-Wien, 1999.

## **14. Az égéstermék elvezetés hagyományos elvei és módszerei**

### **(Szilárd és folyékony tüzelőrendszerek)**

Szóljunk itt néhány szót az elnevezésekről, annak érdekében, hogy olvasóink és a felsőoktatás hallgatói tisztában legyenek mind a hagyományos magyar kifejezésekkel, mind pedig a korszerű, nemzetközi gyakorlat nyelvezetével is.

A magyar nyelvben a tüzelés során keletkező gázokat sokáig kizárólag a „füstgáz” elnevezéssel illették. Később, a gáztüzelés elterjedésével kialakult az „égéstermék” kifejezés, hiszen a gáztüzelés alkalmával távozó termékekre semmiképpen sem illett a „füst”, mint főnévi jelző használata. Később, amikor az olaj- és gáztüzelés végképpen háttérbe szorította a szilárd tüzelőanyagok alkalmazását, a szakmai nyelvezet az olaj- és gáztüzelés során távozó gázok esetére egyaránt az „égéstermék” kifejezés használatát tartotta megfelelőnek, és lassan-lassan ma már ez terjed el a szakmai szóhasználatban is.

Hasonlóan, hosszú ideig, a tüzelés során távozó gázok továbbítására a „kémény” szavunk szolgált. Amit azonban a „kémény” a magyar nyelvben jelent, az alig-alig fedti már a korszerű, előregyártott, adott esetben kis magasságú szerkezeteket, melyeket az új típusú, környezetbarát tüzelési rendszerekhez illesztünk. Így alakult ki a ma műszakilag és tudományosan egyedül helyes „égéstermék elvezető rendszer” kifejezés. Ez azonban nem zárja ki azt, hogy adott esetben a szóhasználat változatossága és a szép mondatok érdekében magunk is ne használnánk néha a „kémény” szót.

#### **14.1. A kémények, mint az égéstermék elvezetésére szolgáló megoldások**

A kémény feladata kettős:

- a tüzelőberendezésbe juttatja az égéshez szükséges levegőt,
- a berendezésben keletkező égéstermégeket a szabadba vezeti.

## 14.2. A nyomáskülönbség, az égéstermék áramlásának fenntartója

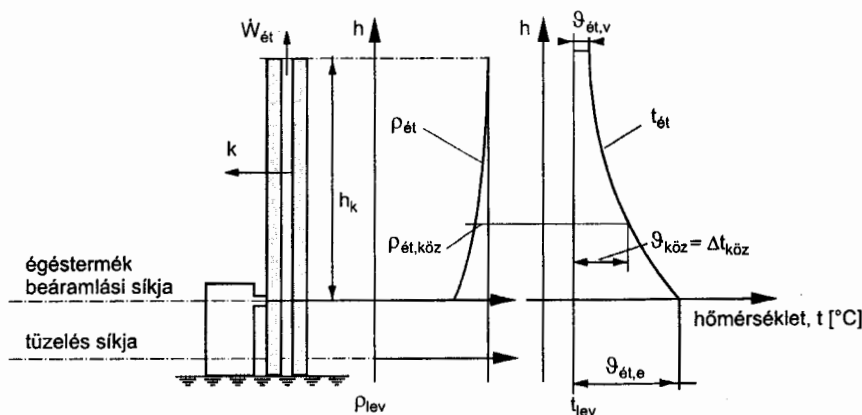
A kéményben az áramlást a hatásos nyomáskülönbség hozza létre. A hatásos nyomás egyrészt a hőmérséklet különbségből, másrészt a szél hatására kialakuló nyomáskülönbségből áll, tehát

$$\Delta p = \Delta p_{gr} + \Delta p_{szél} \quad (14.1.)$$

ahol értelemszerűen a „gr” index a gravitációs, a „szél” index pedig a szélhatásból eredő nyomáskülönbséget jelöli.

### 14.2.1. A gravitációs nyomáskülönbség kialakulása

A kémény közlekedőedényhez hasonlítható, amelynek egyik – képzeletbeli – szárában az atmoszférának megfelelő állapotú levegő található (ez lényegében maga a környezet). A közlekedőedény másik szárát a kéménykürtő alkotja, amelyben a külső levegőnél nagyobb hőmérsékletű égéstermék van. A sűrűségkülönbség hatására a kéményen keresztül megindul az áramlás. A nyomáskülönbség meghatározásához ismernünk kell a sűrűségkülönbség értékét. Az atmoszférában a levegő sűrűségét közelítőleg mindenhol azonosnak vesszük. A kéményben az égéstermék sűrűsége logaritmikus görbe szerint változik, mert a hőmérséklet-változás is hasonló jellegű (14.1. ábra).



14.1. ábra. Az égéstermék sűrűségének és hőmérsékletének változása a kéményben [3]  
 „e” – eleje, belépési hőmérséklet; „v” – vége, kilépési hőmérséklet; „et” – égéstermék;  $t_{\theta}$  – hőmérséklet, túlhőmérséklet;  $\rho$  – sűrűség

Állandósult állapotban az égéstermék hőmérsékletét úgy is meghatározhatjuk, hogy a kéményt olyan hőcserélőnek fogjuk fel, ahol az egyik közeg vízártéke végtelen (ld. kötetünk „Hőcserélők” c. fejezetét).

Ekkor a 14.1. ábra jelöléseivel az égéstermék túlhőmérséklete a környezeti levegő-hőmérsékletéhez képest

$$\vartheta_{ét} = \vartheta_{ét,e} e^{\frac{A_h k}{\dot{W}_{ét}}} \quad (14.2.)$$

Ahol értelemszerűen „ $A_h$ ” a kémény adott „ $h$ ” magasságáig az égéstermék által súrolt kéményfelület,  $k$  a kéményfal hőátbocsátási tényezője,  $\dot{W}_{ét}$  pedig az égéstermék vízáramlása ( $\dot{m}_{ét} \cdot c_{ét}$ ).

Az égéstermék közepes túlhőmérséklete:

$$\vartheta_{köz} = \Delta t_{köz} = \frac{\vartheta_{ét,e} - \vartheta_{ét,v}}{\ln \frac{\vartheta_{ét,e}}{\vartheta_{ét,v}}} \quad (14.3.)$$

Az általános gáztörvény felhasználásával az égéstermék-hőmérséklet ismeretében a sűrűség felírható:

$$\rho_{ét} = \rho_{ét,0} \frac{T_0}{T_0 + t_{ét}} \cdot \frac{p_b}{p_0} \quad (14.4/a)$$

ahol

$p_b$  a légköri (barometrikus) nyomás,

$p_0$  a fizikai normálállapothoz ( $T_0 = 273 \text{ K}$ ;  $p = 101\,325 \text{ Pa}$ ) tartozó nyomás,

$\rho_{ét,0}$  a fizikai normálállapothoz tartozó sűrűség.

és a közepes hőmérsékletéhez tartozó sűrűség:

$$\rho_{ét,köz} = \rho_{ét,0} \frac{T_0}{T_0 + t_{ét,köz}} \cdot \frac{p_b}{p_0} \quad (14.4/b)$$

$t_{ét,köz} \sim t_{ét}$  értéke a  $\vartheta_{köz}$  érték metszeténél.

A légköri nyomás ( $p_b$ ) és a normálállapothoz tartozó nyomás ( $p_0$ ) hányadosa ( $p_b/p_0$ ) egyhez igen közel álló érték, ezért a számítások során elhanyagolható.

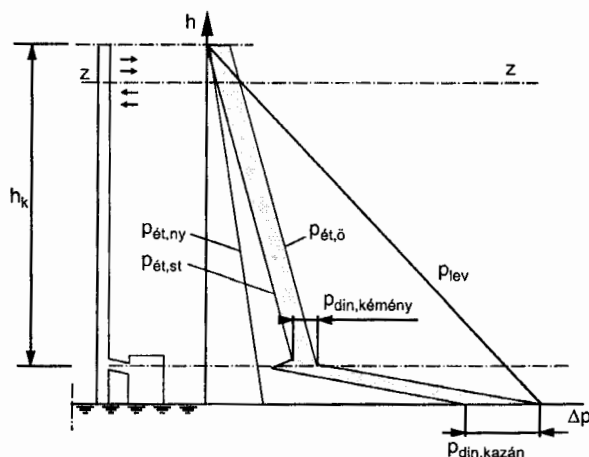
A hatásos nyomáskülönbség így felírható:

$$\Delta p_{gr} = g h_k (\rho_{lev} - \rho_{ét,köz}) \quad (14.5.)$$

ahol  $\rho_{lev}$  a környezeti levegő sűrűsége.

A gyakorlatban a kéményben kialakuló nyomásviszonyok meghatározása során eltekintenek a logaritmikus sűrűségváltozástól és a nyomásváltozást az egyes szakaszokra jellemző közepes hőmérséklettel számolják, tehát lineáris változást tételeznek fel. A kémény és közvetlen környezetének nyomásviszonyait erre az esetre a **14.2. ábra** mutatja. Az ábra szerkesztésekor a valóságtól eltérően feltételezzük, hogy az égéstermék hígítása végtelen, azaz a

kilépésnél nyomása azonos a környező levegőével. Az ábrában „ $p_{lev}$ ” vonala a külső levegő (környezet) nyomásának változását mutatja a kémény mentén, „ $p_{ét,ny}$ ” az égéstermék nyomásának változása abban az esetben, ha az égéstermék nem áramlik. Az áramló égéstermék statikus és össznyomását a  $p_{ét,ö}$  és  $p_{ét,st}$  nyomásvonalak mutatják.



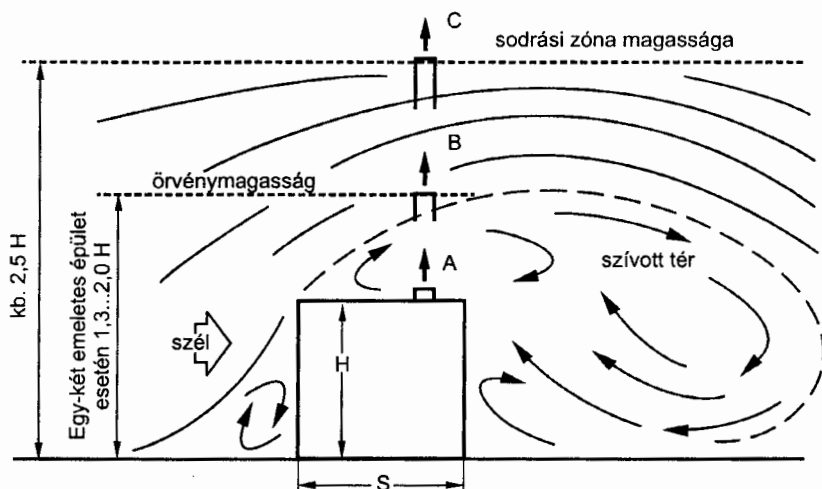
14.2. ábra. A kémény és környezetének nyomásvizsgálata [4]

Az ábrán  $z$ - $z$ -vel jelölt sík alatt a kéményben levő össznyomás mindenütt kisebb, mint a külső levegő össznyomása, míg e sík fölött nagyobb. A  $z$ - $z$  jelű, ún. semleges sík fölött bekötött tüzelőberendezések tehát üzemképtelenek, az égéstermék kiáramlása ugyanis lehetetlenné válik.

#### 14.2.2. A szélnyomásból eredő hatásos nyomás

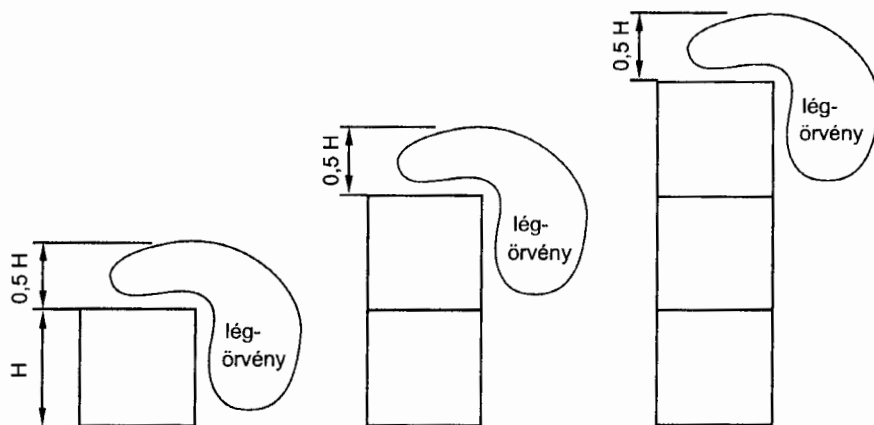
A hatásos nyomáskülönbség másik összetevője a szélnyomásból ered. A szél hatására az épületek környezetében az atmoszféra statikus nyomása megváltozik. Ha a kéménytorkolat közelében túlnyomásos tér van, ahol az áramló levegő lefékeződik és dinamikus nyomása össznyomássá alakul, a kémény hatásos nyomása csökken. Hasonló a helyzet akkor is, ha a szélesség vektorának a kéménybe mutató összetevője van. Abban az esetben, ha a kémény depressziós térbe torkollik, a hatásos nyomás növekszik. Igen nagyszámú kéményhiba, illetve működési zavar származik abból, hogy a kéményre hatással van a tetősík közelében, a fák koronájának környezetében a többi épület, vagy esetleg a hegycsúcs körül kialakuló szélörvény.

Az egy-két emeletes épületek körül kialakuló szélörvény jellegét és a kémény működésére gyakorolt hatását mutatja a 14.3. ábra. A magas, illetve a magasságukhoz képest nagy vízszintes kiterjedésű épületek felett és körül létrejövő légörvény jellegét a 14.4. és 14.5. ábra szemlélteti.



14.3. ábra. Szélörvény és szélsodrás zónája egy-két emeletes épület esetén. A kémény kibocsátásra gyakorolt hatás [1]

A – a kibocsátás a szívott térbe elkerülendő, előfordulhat a visszaáramlás; B – a szélörvény feletti kibocsátás előnyös; C – a legjobb, ha a kibocsátás a szélsodrás zóna felett van; H – épület magassága; S – épület alaprajzi méretek a szélsodrás irányában mérve



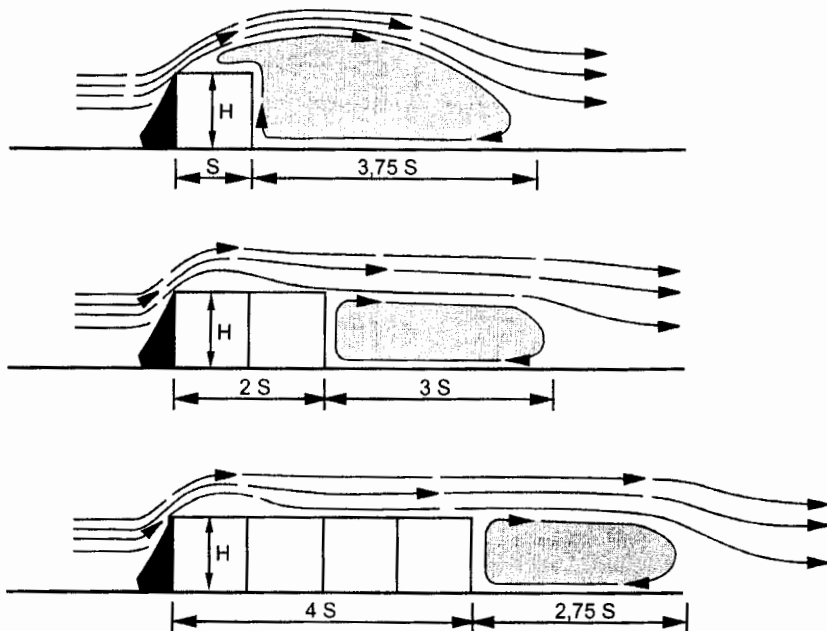
14.4. ábra. Légörvény kialakulása magas épületek felett [1]

H = 1 szint magassága; Mindhárom esetben a légörvény magassága: 0,5 H

A 14.4. ábra azt szemlélteti, hogy bizonyos épületmagasság felett a légörvény már nem érinti a föld felszínét. Ez egyfelől előnyös, másfelől a magasságtól függően már meteorológusokkal kell konzultálni a szennyezőanyag eloszlás, illetve a korábbi körülmények megváltozása miatt.

Különleges gondot kell tehát fordítanunk a kémény elhelyezésére, magasságát pedig úgy kell megválasztani, hogy a kitorkollás ne essék túlnyomásos térbe. Szokásostól eltérő épületalak, környezet, változó szélirány, stb. esetén célszerű a tervezést mérésekkel alátámasztani.

Ügyelnünk kell arra is, hogy esővíz, törmelék, madárfészek, stb. ne kerüljön a kéménybe, erre szolgálnak a különféle kéménysapkák.



14.5. ábra. Örvény- és sodrási zóna lapos, széles épület esetén [1]

A szél hatására a légköri nyomáshoz viszonyítva a nyomáskülönbség:

$$\Delta p_{\text{szél}} = \mu \frac{\rho}{2} w_{\text{szél}}^2 \quad (14.6)$$

itt a  $\mu$  a felület aerodinamikai tényezője, gyakorlati számításokhoz elegendő pontossággal a szél felőli oldalon  $\mu = 0,6$ ; a szél alatti oldalon  $\mu = -0,4$  értékűnek vehető,  $w_{\text{szél}}$  a szél sebessége. A szélesebbség értékeit az „Alapismeretek” kötet „Időjárás, éghajlat” c. fejezetében foglaltuk össze.

### 14.3. A kémény méretének meghatározása

#### 14.3.1. A kéményméret megválasztásának áramlás- és hőtechnikai alapjai

A méretezés során a kéményt úgy foghatjuk fel, mint egy csövet, amelyben légnemű közeg áramlik. Valójában azonban a csőben áramló folyadékokkal kapcsolatban egyéb területen végzett számításainkkal elért pontosságot a kéményméretezésnél nem tudjuk megvalósítani.

A feladat ugyanis nem teljesen körülhatárolt [3], [4], [6], [7], [8]. Bizonytalan a hőmérséklet-eloszlás számítása, nem lehet figyelembe venni a tüzelőberendezésen, ill. kéményen üzem közben keletkező hajszáltrepedéseken beáramló hamis levegő hatását, a változó belső felületi érdességet, az ingadozó időjárási viszonyokat, hőmérséklet–szél együtteseket, valamint, hogy a kéményüzem csak több órás fűtés után éri el a stacionárius állapotot.

Mindezek tudomásulvételével a kéményméretezés elméleti, elvi kiinduló alapja az, hogy a hatások nyomáskülönbséget az égéstermék áramlási ellenállása felemészti. Az áramlási ellenállást a tüzelőberendezésben keletkező maximális égéstermék-tömegáram figyelembevételével számítjuk. Ha szélhatásból eredő hatásos nyomás nincs, a gravitációs hatásos nyomásnak kell fedeznie a kémény saját áramlási ellenállását ( $E$ ), és a tüzelőberendezés áramlási ellenállását ( $Z$ ), azaz

$$\Delta p_{gr} = E + Z = \left( \lambda \frac{h_k}{d_k} + \sum_{i=1}^n \xi_i \right) \frac{\rho_{ét,köz}}{2} w_{ét,köz}^2 + Z \quad (14.7.)$$

Itt értelemszerűen az eddigi jelöléseken túlmenően „ $d_k$ ” a kémény belső átmérőjét (négyyszög keresztmetszet esetében az egyenértékű átmérő), „ $h_k$ ” pedig a kémény magasságát jelöli,  $\lambda$  a súrlódási tényező,  $\sum \xi_i$  az alaki ellenállástényezők összege,  $\rho_{ét,köz}$  pedig a közepes égéstermék sűrűség. A  $w_{ét,köz}$  égéstermék sebesség megállapításához az égéstermék-tömegáramot kell meghatároznunk.

Az égéshez szükséges oxigén, illetve a keletkező égéstermék-mennyiség a tüzelőanyag összetételének ismeretében, az égési egyenletek alapján határozható meg. Régebben e helyett közelítő összefüggést alkalmaztak, ami kielégítő pontosságú eredményt adott, ma azonban, a számítógépes méretezés birtokában megbízhatóbb az égési egyenletekkel végzett számítás, szilárd és olaj tüzelőanyagok esetében is.

Az „Alapismeretek” kötet „Tüzeléstechnika” c. fejezetében ismertettük a mérési eredményeken alapuló *Rosin–Fehling* egyenleteket, melyek az elméleti levegőszükségletet és égéstermék-mennyiséget a tüzelőanyag fűtőértékének ismeretében és függvényében írják fel.

Az égéshez a valóságban több levegőt szállítunk, mint az elméletileg szükséges mennyiség. Ahogy ezt az említett „Tüzeléstechnika” c. fejezetben szintén láttuk, a gyakorlatban ennek figyelembevételére bevezették a *légellátási tényező* fogalmát, amely a valóságos és az elméleti levegőmennyiség hányadosa. A gyakorlati számértékeket a „Tüzeléstechnika” c. fejezetben találjuk, de ismételjük itt meg a fogalom definícióját:

$$\lambda = \frac{V_{lev}}{V_{lev,elm}} > 1,0 \quad (14.8.)$$

ahol

$V_{lev}$  az egységnyi tüzelőanyag tömeg, vagy térfogat elégetéséhez gyakorlatilag szükséges levegőtérfogat,

$V_{lev,elm}$  az egységnyi tüzelőanyag tömeg, vagy térfogat elégetéséhez elméletileg szükséges levegőtérfogat.



Az egységnyi tömegű tüzelőanyag elégetésekor keletkező égéstermék-mennyisége:

$$V_{\text{ét}} = V_{\text{ét,elm}} + (\lambda - 1)V_{\text{lev,elm}} \quad [\text{m}^3/\text{kg tüzelőanyag}] \quad (14.9.)$$

ahol

$V_{\text{ét,elm}}$  az egységnyi térfogatú, vagy tömegű tüzelőanyagból keletkező égéstermék térfogat. (Ugyanúgy *Rosin–Fehling* összefüggéseivel közelíthető, mint az elméleti levegőszükséglet!) „ $V_{\text{ét}}$ ” a normálállapotú égéstermék térfogatát jelenti, e helyett azonban az égéstermék-tömegét kell figyelembe vennünk:

$$m_{\text{ét}} = V_{\text{ét}} \cdot \rho_{\text{ét},0} \quad [\text{kg/kg tüzelőanyag}] \quad (14.10.)$$

$\rho_{\text{ét},0}$  értéke az égéstermék összetételétől, tehát a tüzelőanyagtól, valamint a légellátási tényezőtől függ. Az égéstermék tömegáramának meghatározásához ismernünk kell az időegység alatt eltüzelt tüzelőanyag-mennyiséget:

$$\dot{m}_{\text{tüz}} = \frac{\dot{Q}_{\text{össz}}}{H_a \eta_{\text{kazán}}} \quad [\text{kg tüzelőanyag/s}] \quad (14.11.)$$

ahol

$\dot{Q}_{\text{össz}}$  az időegység alatt eltüzelt összes tüzelőanyag mennyisége [kg/s],

$H_a$  a tüzelőanyag alsó fűtőértéke [J/kg],

$\eta_{\text{kazán}}$  a kazán hatásfoka [%].

A keletkező égéstermék tömegárama:

$$\dot{m}_{\text{ét}} = m_{\text{ét}} \cdot \dot{m}_{\text{tüz}} \quad [\text{kg/s}] \quad (14.12.)$$

Így előzetesen, közelítően meghatározható a kéménykeresztmetszet:

$$A_k = \frac{\dot{m}_{\text{ét}}}{w_{\text{ét,köz}} \cdot \rho_{\text{ét,köz}}} \quad [\text{m}^2] \quad (14.13.)$$

ahol  $\rho_{\text{ét,köz}}$  a 14.1. ábrán bemutatott sűrűség, azaz a közepes füstgáz hőmérsékletéhez tartozó sűrűség értéke, és a (14.4/b) összefüggéssel meghatározható.

Innen a kör keresztmetszetű kémény átmérője, vagy a négyszög keresztmetszetű kémény az egyenértékű átmérője határozható meg. Utóbbiból a egyenértékű átmérőre vonatkozó összefüggésekkel a négyszög keresztmetszet oldalainak hossza kiszámítható.

A kéménykeresztmetszet előzetes meghatározásához becsülnünk kell az égéstermék (füstgáz) közepes áramlási sebességét:

$$w_{\text{ét}} = 2,0 - 4,0 \text{ m/s}$$

(a nagyobb érték a nagyobb kéménymagassághoz tartozik).

A továbbiakban a (14.5.) és a (14.7.) összefüggés alapján meg kell határoznunk az  $\dot{m}_{\text{ét}}$  tömegáramhoz tartozó huzat- és ellenállásértéket.

Ehhez a tüzelőberendezés Z ellenállásértékét kell a rendelkezésre álló tapasztalati és mérési adatok alapján felvennünk.

Z értéke a fejezetünk címében szereplő, hagyományos szilárd és olajtüzelés esetében:

koksztüzelés	~ 40 Pa
barnaszénttüzelés	~ 60–90 Pa (szénminőségtől függően)
olajtüzelés	~ 1,0–1,5 Pa/kazán fűtőfelület m <sup>2</sup>

Attól függően most már, hogy a kémény- és kazánellenállás viszonyát hogyan vesszük figyelembe, adódnak a különféle méretezési összefüggések. Kis ellenállású, öntöttvas kazánok esetére azt az arányossági feltételt szokták alkalmazni, hogy a kémény saját ellenállása 1/3-ad része a kazánellenállásnak.

Ha ezt az arányt az alkalmazott kazántípus függvényében felvesszük és a (14.11.), (14.12.), (14.13.) egyenleteket a (14.5.) és (14.7.) egyenletbe helyettesítjük, és azt megoldjuk, akkor a  $A_k$  kéménykeresztmetszetre kapjuk a szokásos

$$A_k = Konst_1 \frac{\dot{m}_{ét}}{\sqrt{h_k}} \cdot \frac{\dot{Q}_{össz}}{Konst_2 \sqrt{h_k}} \quad (14.14.)$$

alakú összefüggést. A  $Konst_1$  és  $Konst_2$  állandókban foglaltuk össze a levegő és az égéstermék fizikai és áramlási jellemzőinek felvett vagy becsült értékeit ( $\rho_{lev}$ ,  $\rho_{ét,köz}$ ,  $g$ ,  $\lambda$ ,  $h_k/d_k$ ,  $\Sigma \zeta_i$ ). (A  $Konst_1$  és  $Konst_2$  értékeire itt nem adunk számértéket, mert a 14.6., és 14.7. és 14.8. ábrák kellő eligazítást nyújtanak).

A (14.14.) összefüggésben ismeretlen a kéménymagasság és keresztmetszet is. A gyakorlatban kialakult érték szerint 1,0 m hosszú kéményszakaszból kb. 5,0 Pa huzatot képes létesíteni. Ennek felhasználásával az előzetes kéménymagasság meghatározható, mert

$$h_k = \frac{\Delta p_{gr}}{5}$$

Segítségünkre van a kéménymagasság felvételekor a gyakorlatban kialakult minimális magasság is, amely a szokásos folyóméterenkénti nyomásesés és kazánellenállás ismeretében alakult ki.

A kéménymagasság tájékoztató értékei, fejezetünk tárgyalási témakörére vonatkozóan:

koksztüzelés	12 m
barnaszénttüzelés (szénminőségtől függően)	16–26 m
olajtüzelés (égőtípustól függően)	10–15 m

E tapasztalati értéket a katalógusok ajánlásai és a tapasztalati adatok alapján természetesen finomítani lehet.

A kéménymagasságot a környező épületek is befolyásolják, ahogyan ezt a szélhatással kapcsolatban már elemeztük.

A (14.14.) összefüggés segítségével a kéménymagasság közelítő felvétele után számítható a keresztmetszet, illetve fordítva: közelítően felvehető a keresztmetszet és számítható a kéménymagasság. (Az alapadatok felvételére a következő, 14.3.2. pontban adunk segítséget.)

Olajtűzelés esetén a (14.14.) összefüggés mintájára például a következő közelítő összefüggést adja a szakirodalom:

$$A_k = 0,02 \frac{\dot{Q}_{összes}}{\sqrt{h_k}} \quad [\text{cm}^2] \quad (14.15.)$$

Így most már az összetartozó keresztmetszet- és magasságértékkel az előzetes méretezés után kiszámítjuk a valóságos kéményellenállást:

$$E_k = \left( \lambda \frac{h_k}{d_k} + \sum_{i=1}^n \zeta_i \right) \frac{\dot{m}_{ét}^2}{d_k^4 \rho_{ét,köz}} \cdot \frac{8}{\pi} \quad (14.16.)$$

ahol

- $\lambda$  a kémény súrlódási ellenállása,
- $h_k$  a kémény magassága,
- $d_k$  a kémény belső átmérője,
- $\sum \zeta_i$  az összes alaki ellenállás,
- $\dot{m}_{ét}$  az égéstermék tömegárama,
- $\rho_{ét,köz}$  az égéstermék közepes sűrűsége.

A helyi ellenállástényezők megállapításakor módunkban áll a vízszintes füstcsatorna áramlási ellenállását ( $E_{füst}$ ) is figyelembe venni, vagy ezt az értéket külön kiszámítjuk. Így a valós méretekkel ellenőrizhető a

$$\Delta p_{gr} = E_k + E_{füst} + Z \quad (14.17.)$$

egyenlőség, ahol  $Z$  – a kazán áramlási ellenállása. A „ $Z$ ” értéket a kazánok gyártmányismertetői tartalmazzák. Amennyiben az eredmény nem megnyugtató, a számítást új felvétellel kell megismételni.

### 14.3.2. A számításokhoz felhasználható alapadatok

A kéményméretezéshez a súrlódási tényezőt [5] és [7] alapján vehetjük fel.  
Téglakéményekre – *Gunberg* szerint – a következő összefüggés használható:

$$\lambda = \frac{l}{253\sqrt[3]{d_{k,e}}}$$

míg *Peterson* szerint:

$$\lambda = 0,0033 + 0,72 \frac{\varepsilon}{d_{k,e}}$$

ahol  $d_{k,e}$  a kémény egyenértékű átmérője,  $\varepsilon$  pedig a kéményfal (füstcsőfal) érdessége. Utóbbinak felvételéhez a **14.1. táblázat** nyújt segítséget.

Az érdesség értékei *Krüger* szerint [5], [7]

14.1. táblázat

Anyag	Érdesség, $\varepsilon$ , m
Tégla	0,004 ... 0,01
Durva beton	0,001 ... 0,003
Símitott beton	0,0008 ... 0,003
Rozsdamentes acélcső	0,0002 ... 0,0003

Az alaki ellenállás-tényezők meghatározásához példaként a **14.2. táblázat** ad néhány értéket.

Az alaki ellenállás-tényezők értéke [2]

14.2. táblázat

Elem	Szög	Alaki ellenállás-tényező, $\xi$
Füstcső idom darab	90°	0,6
	45°	0,3
	30°	0,2
Füstcső bekötés a kéménybe	45°	0,6
	75°	1,0
	90°	1,2

A számításhoz szükségünk van az égéstermék (füstgáz) hőmérsékletére, hiszen ettől függ a sűrűség. Tapasztalat szerint a folyóméterenkénti lehűlés a kéményben:

$$\frac{\Delta t_{ét}}{h_k} = 2 \dots 4 \quad [\text{K/m}]$$

Az induló füstgázhőmérséklet értéke a tüzelőanyagtól függ, például:

koksztüzelés esetén	200 ... 220 °C
barnaszéntüzelés esetén (szénminőségtől függően)	220 ... 280 °C
olajtüzelés esetén	200 ... 240 °C

### 14.3.3. Méretezési diagramok

Az egyenletek iteratív megoldása alapján méretezési táblázatokat és diagramokat állítottak össze. Példaként a [2] jelű irodalom alapján a 14.6 – 14.10. ábrákban bemutatunk néhányat.

Itt jegyezzük meg, hogy noha jelen fejezetünk a szilárd- és folyékony tüzelőanyaggal működő berendezésekhez csatlakozó kéményekkel foglalkozik, e diagramok sorában feltűnttük a gáztüzelést is. Tettük ezt azért, mert az azonosan felépített diagramrendszer belső logikájának bemutatása így könnyíti meg kötetünk kezelését.

A 14.6. ábrán előregyártott elemekből készült, a Plewa cég által gyártott háromrétegű samott kéményekre vonatkozó diagramok láthatók. A diagramok a DIN 4705 szerinti méretezési módszer alapján és az alábbi kiinduló adatokkal készültek:

- a környezeti levegő hőmérséklete 15 °C,
- a kémény és a füstcső keresztmetszete nem változik és azonos,
- a füstcső nem hőszigetelt,
- a füstcső hossza a hatásos kéménymagasságnak legfeljebb egynegyede, de legfeljebb 7 m,
- az alaki ellenállás-tényezők összege legfeljebb 2,2.

A 14.7. és 14.8. ábrák Otavi gyártmányú, mázas bevonatú és ezért a kondenzációra érzéketlen samott kémények méretezési diagramjait mutatják. A diagramokat ugyancsak a DIN 4705 szerinti méretezéssel dolgozták ki, kis belépő égéstermék hőmérséklet alapulvételével, 5–15 Pa huzatigényre ( $\Delta p_{szüks}$ ). Itt a [2] jelű irodalom szerint:

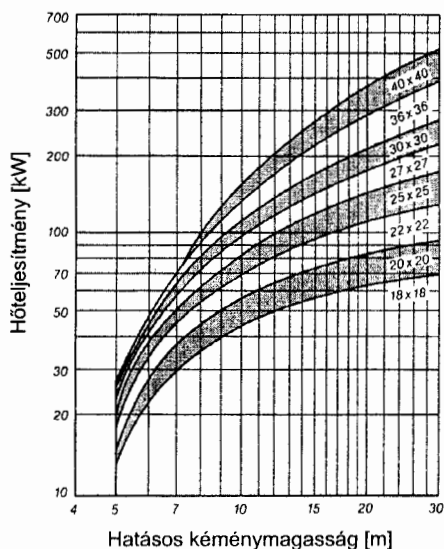
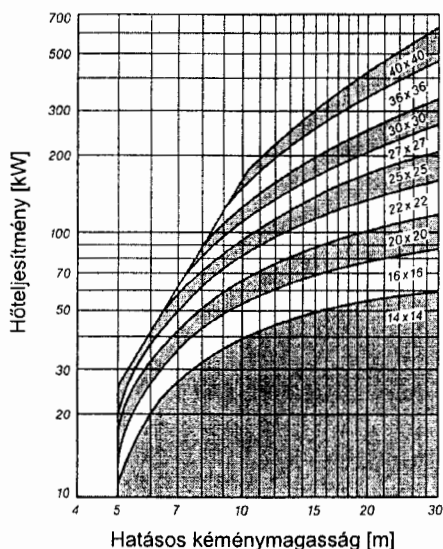
$$\Delta p_{szüks} = \Delta p_{szell} + \Delta p_{kazán} + \Delta p_{füstcső} \text{ [Pa]}$$

ahol

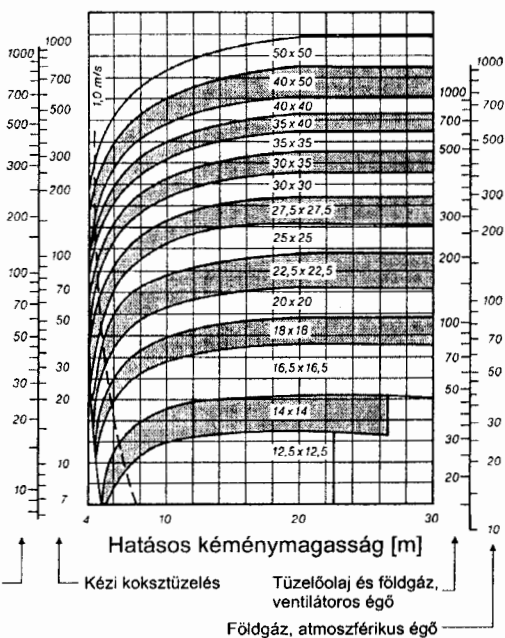
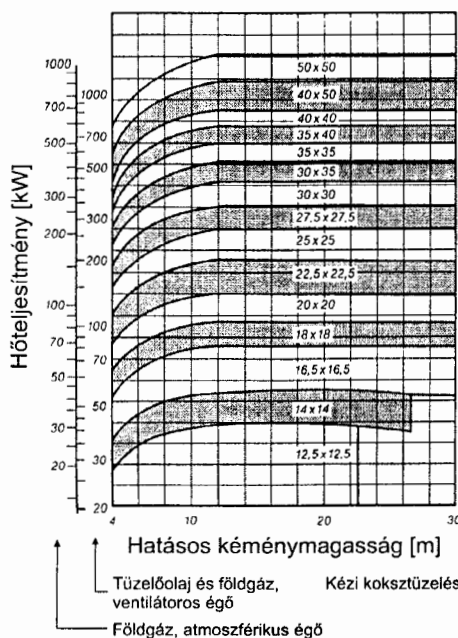
$\Delta p_{szell}$  a kazánhelyiség levegő bevezetésének ellenállása [Pa],

$\Delta p_{kazán}$  a tüzelőszervezet ellenállása [Pa],

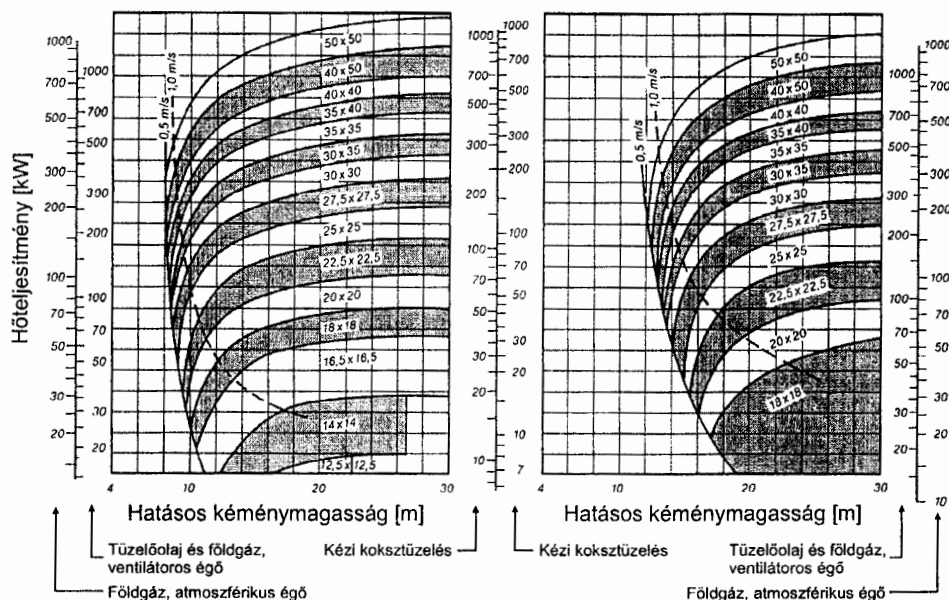
$\Delta p_{füstcső}$  a tüzelőszervezet és a kémény közötti bekötés ellenállása [Pa].



14.6. ábra. Többrétegű, samott kémények méretezési diagramja 190 °C-os füstgázhőmérséklet esetén (Plewa gyártmány)  
bal oldal: koksztüzelés; jobb oldal: fatüzelés



14.7. ábra. Nedvességre érzéketlen zománczott samott kémények (Olavi gyártmány) méretezése 60...80 °C közötti füstgázhőmérséklet és  $\Delta p_{szüks} = 0...5$  Pa esetén  
bal oldal:  $\Delta p_{szüks} \leq 3$  Pa; jobb oldal:  $\Delta p_{szüks} = 3...5$  Pa



14.8. ábra. Nedvességre érzéketlen mázas bevonatú samott kémények (Otavi gyártmány) méretezése 60...80 °C közötti füstgázhőmérséklet esetén

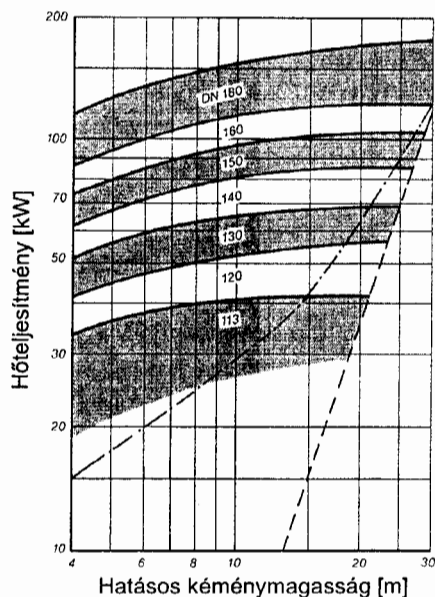
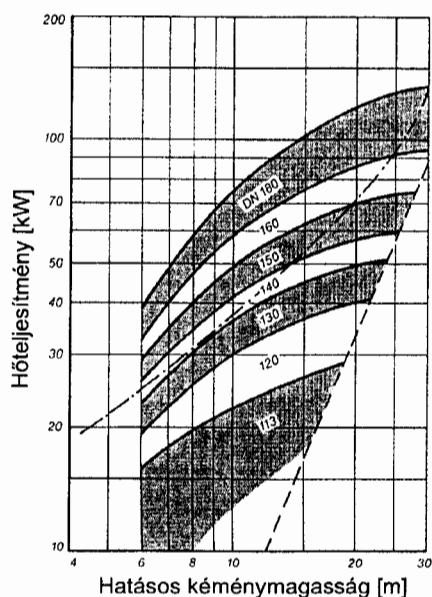
bal oldal:  $\Delta p_{szüks} = 5...10 \text{ Pa}$ ; jobb oldal:  $\Delta p_{szüks} = 10...15 \text{ Pa}$

Azokban az esetekben, amikor a kondenzáció valószínűsége nagy, megengedett az üvegcsőből készített kémények használata, különösen meglévő kazánberendezések korszerűsítésekor, amikor a kéménykeresztmetszetet erőteljesen le kell szűkíteni [2]. A 14.9. ábra Schott-Ruhr glas gyártmányú kéményekre mutat méretezési diagramokat. Ezek a kémények a német előírások szerinti „III jelű” hővezetési ellenállású csoportba tartoznak (hőszigetelés nélküli kémények). A diagramok az alábbi peremfeltételek mellett érvényesek:

- 160 °C égéstermék hőmérséklet,
- a hőszigetelés nélküli füstcső hossza legfeljebb 1,5 m,
- a kémény és a füstcső keresztmetszete azonos,
- az alaki ellenállás-tényezők összege legfeljebb 1,52.

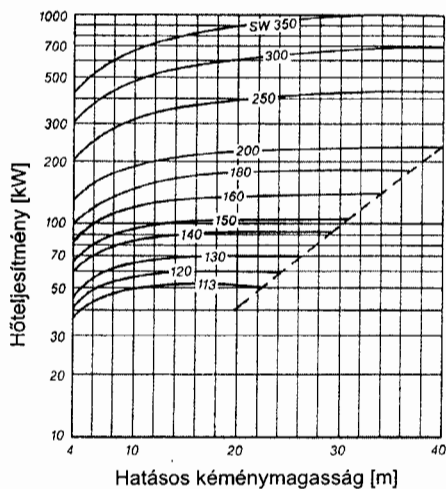
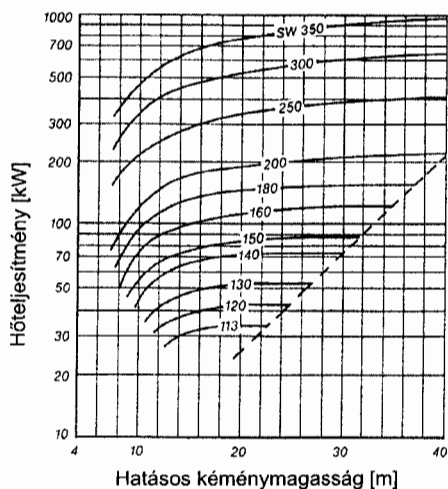
A 14.10. ábra Selkirk gyártmányú rozsdamentes merev acél kéményekre vonatkozó méretezési diagramokat mutat, ugyancsak [2] alapján. A diagramokat a következő peremfeltételek mellett dolgozták ki:

- 160 °C égéstermék hőmérséklet,
- a kazán DIN 4702 szerinti hatásfoka,
- a kazán és a kémény közötti bekötés hossza a hatásos kéménymagasságnak legfeljebb egynegyede,
- a kémény és a füstcső keresztmetszete azonos,
- az alaki ellenállás-tényezők összege legfeljebb 2,5.



14.9. ábra. Schott-Ruhrglas gyártmányú üvegső kémények méretezése, tüzelőolaj és földgáz üzemelésű kazánoknál, 160 °C füstgázhőmérséklet esetén [2]

bal oldal: kis huzatigényű, ventilátoros égővel üzemelő kazánok;  
jobb oldal: huzatigény nélkül, ventilátoros égővel üzemelő kazánok



14.10. ábra. Selkirk rozsdamentes merev acél kémények méretezési diagramjai tüzelőolaj és földgáztüzelésű, ventilátoros égőjű kazánok, 160 °C-os égéstermék hőmérséklet esetén  
bal oldal: csekély huzatigényű (5...15 Pa) kazánok; jobb oldal: huzatigény nélküli kazánok



A méretezés menete némileg megváltozik, ha olyan gázkazán kéménykeresztmetszetét számítjuk, amely áramlásbiztosítóval, huzatmegszakítóval csatlakozik a kéményhez. A gázkazánházak kéményeinek sajátos méretezési és kivitelezési kérdéseit a következő, „Gázkészülékek égéstermék-elvezetése” c. fejezetben tárgyaljuk. A bemutatott áramlástan elvek azonban értelemszerűen minden esetben érvényesek.

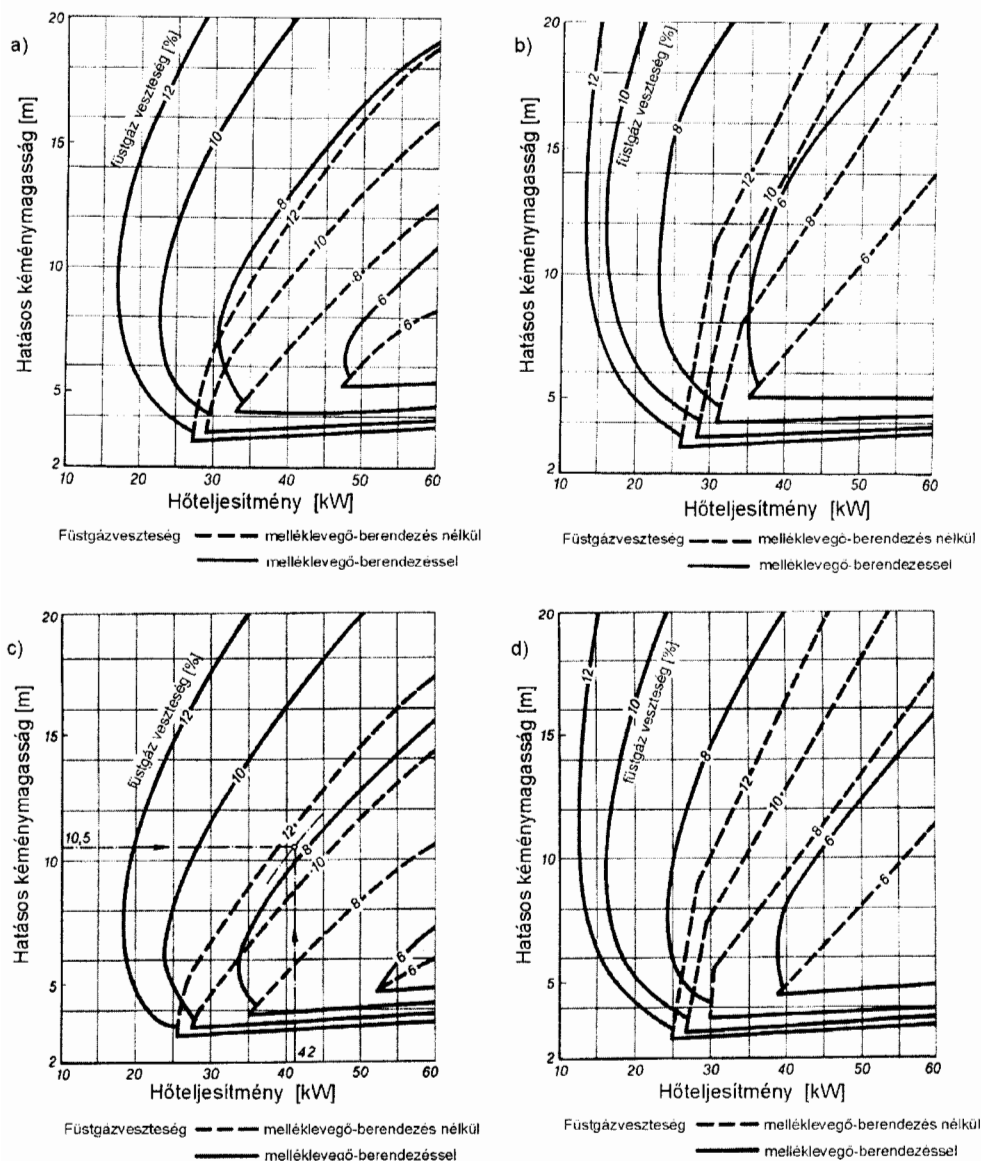
#### 14.3.4. Meglévő kémények ellenőrzése

Meglévő kazánberendezések korszerűsítésekor felmerülhet az igény, hogy gyorsan és egyszerűen ellenőrizzük a kémény megfelelőségét. Erre a feladatra a gyakorlatban ellenőrző diagramok állnak rendelkezésre. Példaként a **14.11. ábrasorozatban** a [2] jelű irodalom alapján a *Német Kéményseprők Központi Szövetsége* által készített diagramokat mutatjuk be, amelyeket a DIN 4705 alapján dolgoztak ki. A kidolgozás peremfeltételei a következők:

- a tüzelőszerkezet és a helyiség szellőzőlevegő bevezetésének huzatigénye legfeljebb 10 Pa,
- a 3 cm vastag hőszigeteléssel ellátott füstcső hossza 1,5 m (ez kb. 0,6 m hosszú, szigeteletlen füstcsőnek felel meg),
- a füstcső átmérője a kazán füstcsőcsatlakozásának átmérőjével egyező,
- az égéstermék elvezetés alaki ellenállás-tényezőinek összege 1,3 (a DIN 4705 szerinti alaki ellenállás-tényezőket alapul véve),
- a DIN 4795 szerinti 2. csoportba tartozó mellékkevegő berendezés van a kéményen, 30 cm-re a füstcső bekötés felett (a mellékkevegő berendezés lényegét a 14.13. ábra és a fejezet végén bemutatott 14.28. ábra szemlélteti),
- a mellékkevegő hőmérséklete 15 °C, nyomása 93,2 kPa, relatív nedvességtartalma 60%,
- az égéstermék CO<sub>2</sub>-tartalma a mellékkevegő nélkül tüzelőolajnál 12%, földgáznál 9%.

Az ábrák címében szereplő hőátbocsátási ellenállás szerinti csoportosítás a DIN 4705 alapján: a II. jelű csoport esetében a kéményfal hőátbocsátási ellenállása 0,64...0,22 m<sup>2</sup>K/W közötti, a III. csoportnál 0,21...0,12 m<sup>2</sup>K/W közötti lehet.

A tüzelőanyagok fajtája, a tüzelési mód, a kémény kialakítása és keresztmetszete szerint számos diagram dolgozható ki, ezek közül az itt bemutatottak csak példának tekinthetők.



14.11. ábra. Meglévő, egyrétegű, 20x20 cm-es kémények használhatósági vizsgálata

- a) III. csoportba tartozó hőátbocsátási ellenállás és EL tüzelőolaj; b) II. csoportba tartozó hőátbocsátási ellenállás és EL tüzelőolaj; c) III. csoportba tartozó hőátbocsátási ellenállás és L típusú földgáz; d) II. csoportba tartozó hőátbocsátási ellenállás és L típusú földgáz

## 14.4. A kémények kivitelezési kérdései

Szilárd és olajtüzelésnél a kéményeket a tüzelőszervezetek hajtómotorjának tekinthetjük, hiszen általában a kémény biztosítja az égéshez szükséges levegőt, valamint a tüzelőanyagok elégetése után az égéstermék elvezetését, és a szabadba juttatását. A tüzelőszervezetbe áramló levegő és a környezetbe jutó égéstermék révén a kémény környezetében áramkör alakul ki. Ezt a jelenséget már fel is használtuk fejezetünk 14.2.1 pontjában, amikor levezetéseinkhez a kéményt közlekedőedénynek, illetve hőcserélőnek fogtuk fel. A szakmában elfogadott kéményáramkör fogalmát és használatát a tüzelőszervezet levegőellátásának és a kémény méretezésének kérdésében a következő, gáztüzeléshez illeszkedő kéményeket tárgyaló fejezetben mutatjuk majd be.

A kémény azonban kétféle szempontból is rendszerelem, hiszen

- az előbbieken alapján része a tüzelőszervezet és a fűtőberendezés alkotta rendszernek,
- ugyanakkor része az épületszerkezetek alkotta létesítménynek is.

Ily módon:

- egyfelől a tüzelés tökéletességének biztosításában játszott szerep,
- másfelől a környezetvédelem, a higiénia, az egészség- és életvédelem követelményeinek teljesítése,
- harmadrészt a tűzveszély elkerülésére való maximális törekvés,
- negyedrészt az esztétikai igények lehető kielégítése

a kéményépítés igen részletes szabályozását és szabványosítását vonta maga után. Itt is megjegyezzük, hogy a kémények számos, városokat, vagy városrészeket elpusztító tűzveszelenek voltak okozói és forrásai, s hogy korunk környezetvédelmi előírásai igen szigorúan foglalkoznak a kéményépítés kérdéseivel.

A könyv szerkesztésének időpontjában még érvényben lévő, kötelező szabvány [8] szerint a kémény épület(rész)hez tartozó, illetve építmény(rész)nek minősülő és a fölött kitorkolló függőleges irányú szerkezet tüzelőberendezés(ek) füstgázának szabadba vezetésére. Az 1997. évi LXXVIII. Törvény (Építési törvény) és ennek végrehajtási utasítása, a 253/1997 (XII. 20.) sz. Kormányrendelet (OTÉK [9]) szerint az égéstermék-elvezető a füstcsatorna és a kémény együttese (beleértve a zárt kéményrendszereket is). A rendelet részletesen foglalkozik az égéstermék elvezető rendszerekkel, ezen belül „A gáznemű égéstermék (füstgáz) elvezetésének szerkezetei (kémény, füstcsatorna)” kérdéskör a 74. §-ban található. A szakasz (1) bekezdése szerint „...a tüzelőberendezések gáznemű égéstermékét a szabadba, minden lehetséges esetben a tető fölé kell kivezetni. E célra égéstermék-elvezetőt (kéményt, füstcsatornát) kell létesíteni. Az égéstermék-elvezető rendszert (az égési levegő-hozzávezetés, a tüzelőberendezés és az égéstermék-elvezető együttesét) a vonatkozó előírások szerint tervezni és méretezni kell.”

A hagyományos égéstermék-elvezető rendszer szerkezeti elemeit a **14.12. ábra** mutatja. Az ábrán látható, hogy a kémény belső, szabad járatát aknának, kürtőnek stb. nevezik. A füstcsatorna a tüzelőberendezés égéstermékét a kéménybe vezető, alapvetően vízszintes irányítású vagy a kémény felé kismértékben emelkedő, építőipari technológiával épített vagy

hőszigetelten, szerelőipari technológiával szerelt szerkezet. A füstcső általában hőszigetelés nélküli fémcső, amely a készüléket a füstcsatornával vagy a kéménnyel köti össze.

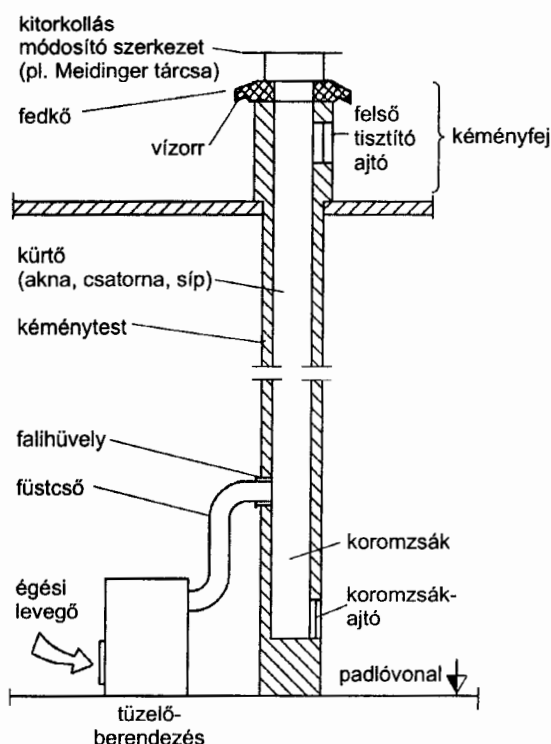
A 14.13. ábrán a [2] jelű irodalom alapján különböző tüzelőszervezetekhez tartozó kémények felépítése és elemei láthatók. (Figyelem! Mind a 14.12., mind pedig a 14.14. ábra csak a szemléltetés célját szolgálja!)

Hazánk az Európai Unió tárgyalásokon kötelezettséget vállalt az EN szabványok mielőbbi és gyorsított bevezetésére. Ez a folyamat meg is kezdődött, igen sok problémát okozva a szakmai nagyközönségnek, ugyanis az Unióban érvényben lévő szabványok egy részét a Magyar Szabványügyi Testület úgynevezett jóváhagyó közleménnyel, pl. angol nyelven teszi hatályos magyar szabvánnyá. Más részüket magyarra fordítva jelentetik meg, így a kézirat leadásakor még kiadás előtt álló, de 2001 végére már várhatóan kiadott, az égéstermék elvezetés kérdését érintő szabványok:

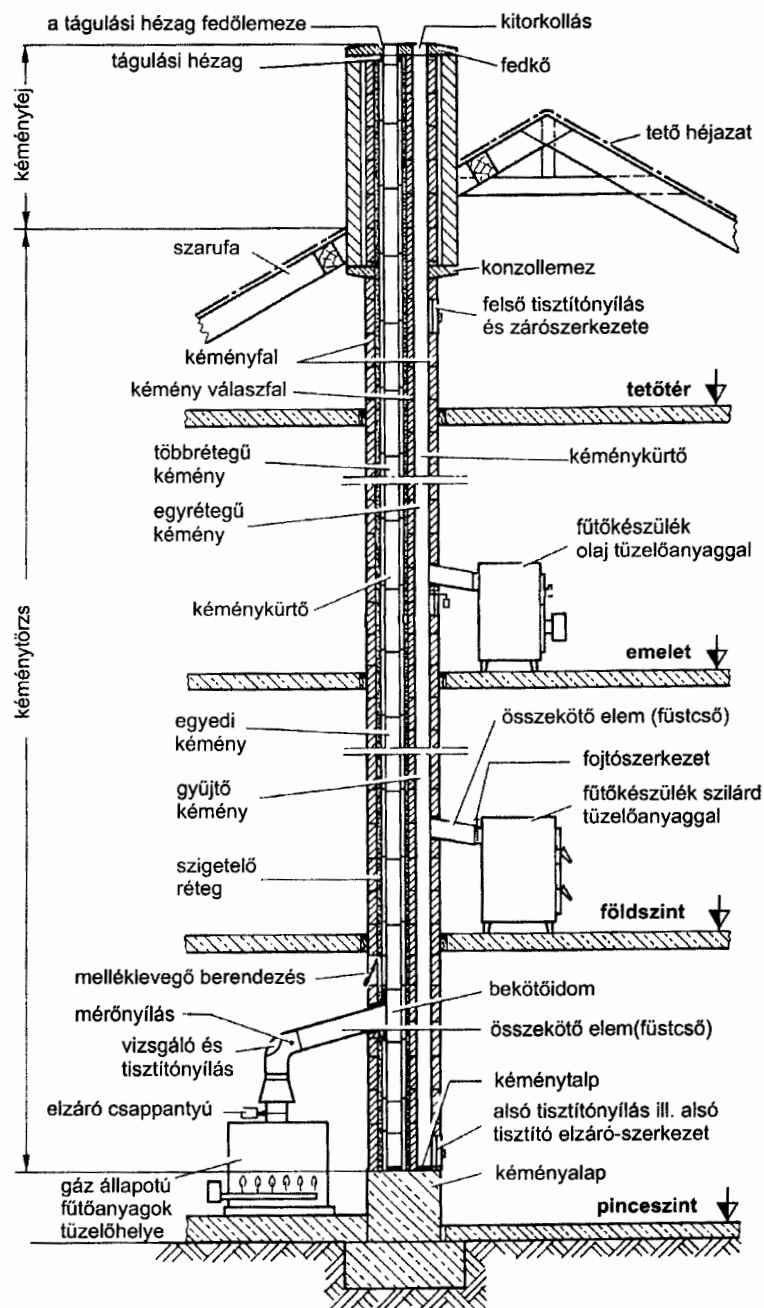
MSZ EN 1443:2001 Égéstermék-elvezető berendezések. Általános követelmények;

MSZ EN 1457:2001 Égéstermék-elvezető berendezések. Kerámia béléscsővek. Követelmények és vizsgálatok;

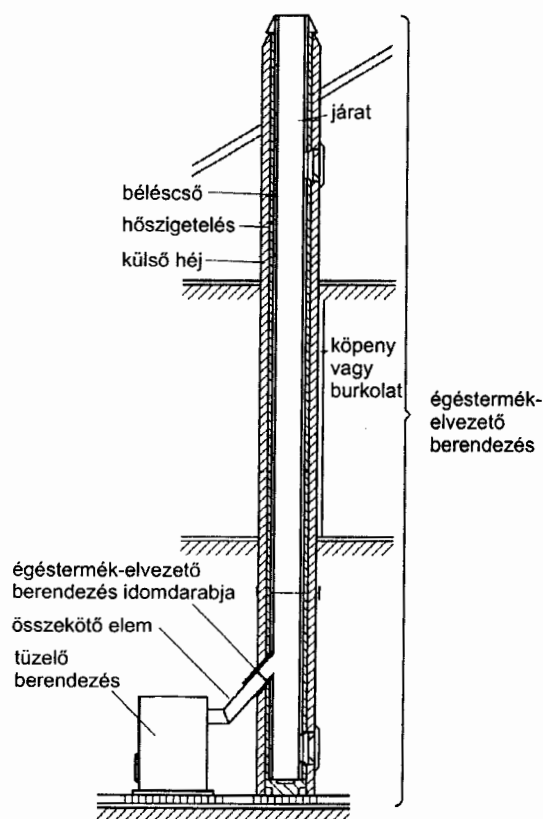
MSZ EN 1859:2001 Égéstermék-elvezető berendezések. Fém égéstermék-elvezető berendezések. Vizsgálati módszerek.



14.12. ábra. A hagyományos égéstermék elvezetés kialakítása és elemei



14.13. ábra. Különböző tüzelőszervezetekhez kapcsolódó égéstermék elvezetések kialakítása és elemei



14.14. ábra. Az égéstermék elvezető berendezés építőelemei és tartozékai az MSZ EN 1443 szabványjavaslat szerint

A negyedik elfogadott európai szabvány (EN 1806:2000) fordítása is megkezdődött, „Égéstermék-elvezető berendezések. Kerámia idomblokkok egyköpenyű égéstermék-elvezető berendezésekhez. Követelmények és vizsgálati módszerek.” címmel [6].

A további, mintegy húsz, kéményekkel foglalkozó szabvány hazai bevezetése az elkövetkező időszak feladatai közé tartozik (ezek egy része még az EU-ban sem hatályos).

Az új MSZ EN szabványok új fogalmakat és elnevezéseket tartalmaznak, ezeket a hazai szakmai életben meg kell honosítani. A 14.14. ábra az égéstermék elvezető berendezés MSZ EN 1443:2001 szabvány szerinti elemeit mutatja be.

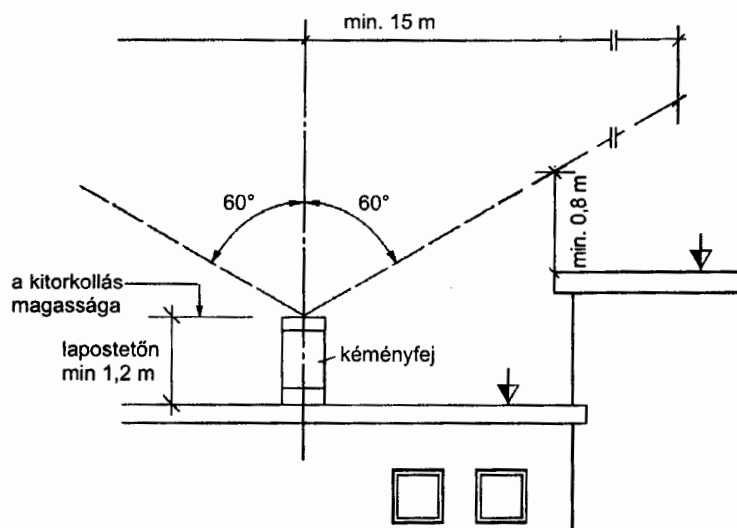
A hazánkban már érvényben lévő különböző törvényekben, rendeletekben, előírásokban, illetve szabványokban rögzített követelményeket e helyen nem ismételjük vissza, azonban a kialakításra vonatkozóan egy-két – általunk fontosabbnak tartott – előírást a következőkben kiemelünk.

## A kéménykitorkollás magassága

A kéménykitorkollás magasságának meghatározásáról az MSZ 04.82/1:1985 (jelenleg még kötelező) szabvány [8] rendelkezik:

„A kémény kitorkollása legalább olyan magas legyen, hogy a kéményfej fölé, függőleges tengellyel és a kitorkollásra illeszkedő lefelé mutató csúccsal szerkesztett 60° félnyílású kúpot az épület (vagy a szomszédos épület) semmilyen szélterelő felépítménye se közelítse meg 0,7 m-nél jobban (függőlegesen mért távolsága attól legalább 0,8 m legyen).” (14.15. ábra)

Az idézett előírás a kémény 15 m sugarú környezetére vonatkozik. A gyakorlati tapasztalatok szerint ugyanis különben olyan túlnyomásos zugok alakulhatnak ki – természetesen a szél erősségének függvényében – amelyek megakadályozzák az égéstermék biztonságos szabadba juttatását.



14.15. ábra. A kémény legkisebb magassága [8] alapján

### A kéménykürtő keresztmetszete

Előírás szerint a kéménykürtő lehetőleg kör vagy négyzet keresztmetszetű legyen. Téglalap alakú kürtőkeresztmetszet esetén a nagyobbik oldal mérete nem haladhatja meg a kisebbik oldal méretének másfélszeresét. Az előírás oka, hogy az ennél elnyújtottabb téglalap keresztmetszet sarkaiban olyan leválások alakulhatnak ki, amelyek nagymértékű ellenállás-növekedést okoznak. Szélsőséges esetben tartani kell attól, hogy a spirálisan felfelé áramló égéstermék mellett hideg levegő jut a kéménybe, és annyira lehűti az égéstermék, hogy a kémény működésképtelenné válik.

### A kémények tömörsége

A kémények tömörségi előírása alapján megkülönböztetünk gravitációs és túlnyomásos kéményeket. A DIN 18.160 sz. szabvány szerint a gravitációs elven működő egyedi kémények úgynevezett légáteresztését 40 Pa túlnyomás mellett kell mérni, a megengedett légvesztesség mértéke  $3 \text{ l/s, m}^2$ , ahol a vonatkoztatási alap a kémény belső felülete [ $\text{m}^2$ ].

Túlnyomásos berendezések égéstermék elvezető rendszerének tömörségét 1000 Pa mellett mérik és a megengedett légvesztesség nem haladhatja meg az  $50 \text{ l/h, m}^2$  értéket.

A jelenleg hatályos EN előírása szerint:

- gravitációs égéstermék-elvezetésnél a vizsgáló nyomás 40 Pa és a megengedett tömörségtelenség  $2 \text{ l/s, m}^2$  értékű;

- túlnyomásos égéstermék-elvezetésnél a vizsgáló nyomás 200 Pa, míg a maximális légvesztesség az épületen belüli szakaszon  $0,006 \text{ l/s, m}^2$ , az épületen kívüli szakaszon pedig  $0,120 \text{ l/s, m}^2$ ;
- a gázmotorok égéstermék elvezető rendszere 5000 Pa túlnyomással vizsgálandó, megengedett légvesztessége pedig megegyezik az előbbieken közölt feltételekkel, illetve a  $0,006$  és  $0,120 \text{ l/s, m}^2$  értékkel.

Kötetünk következő fejezetében találkozunk még a gáztüzelésű szerkezetekhez kapcsolódó néhány kéménykialakítási kérdéssel, de egyébként minden esetben a vonatkozó szabványok, előírások, az építész- és a statikus mérnökkel való konzultáció alapján kell döntenünk a kémény megvalósításának gyakorlati kérdéseiről.

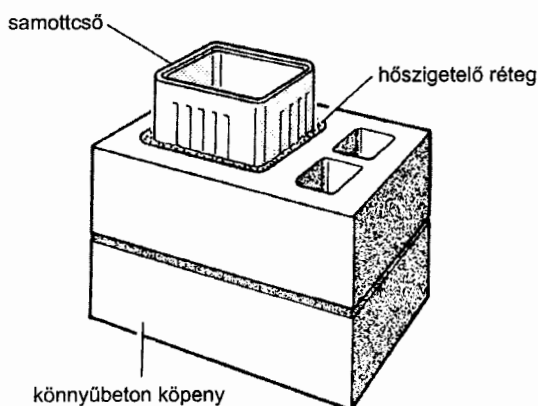
Ugyancsak a „Gázkészülékek égéstermékének elvezetése” c., következő fejezetben mutatjuk be a kéményrendszerek csoportosítását, miután ennek szoros kapcsolata van a korszerű készülékek megjelenésével.

#### 14.4.1. Kéményépítési módok

Építési módjuk szerint megkülönböztetünk:

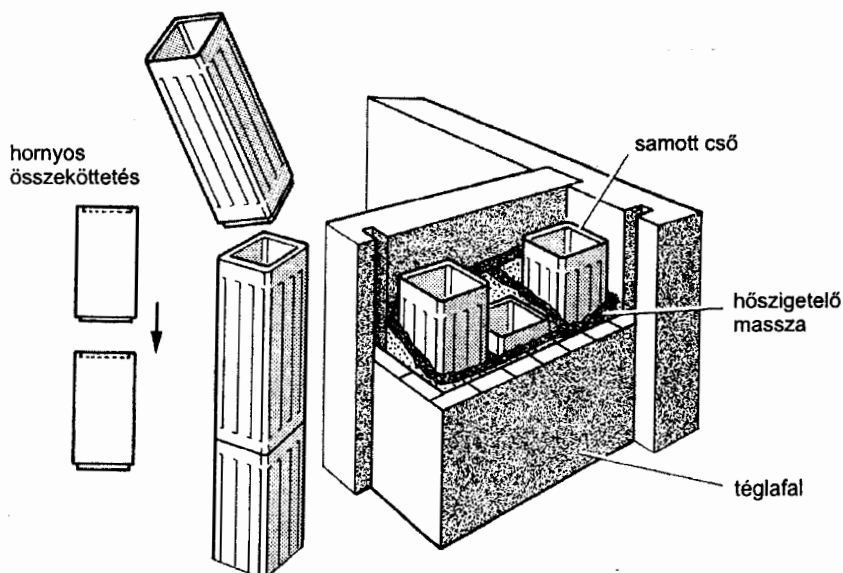
- helyszínen falazott,
- könnyűbeton formaelemekből készített,
- béléscsővel ellátott,
- különféle nedvesség- és saválló anyagból (pl. különleges üvegcső, rozsdamentes acélcső) készített kéményeket.

Ezekre láthatunk példát a 14.16 – 14.19. ábrákon [2]

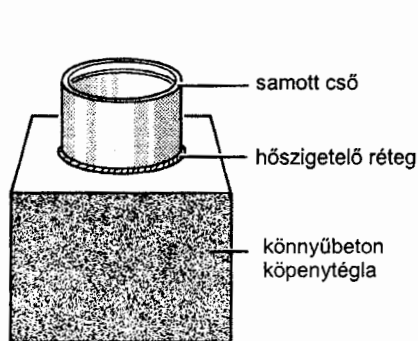


14.16. ábra. Háromrétegű egykürtös Plewa elemes kémény sav- és tűzálló samott csőből álló belső réteggel, a külső réteg könnyűbeton köpenytéglá [2]

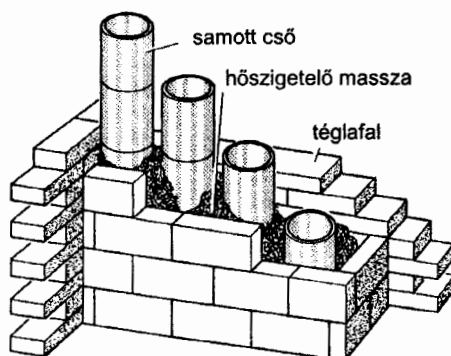




14.17. ábra. Háromrétegű, háromkürtös *Plewa* kémény tégla fal köpenyborítással [2]



14.18. ábra. Háromrétegű, egykürtös *Schiedel* elemes kémény sav- és tűzálló samottcső belső réteggel, a külső réteg könnyűbeton köpenytégla [2]

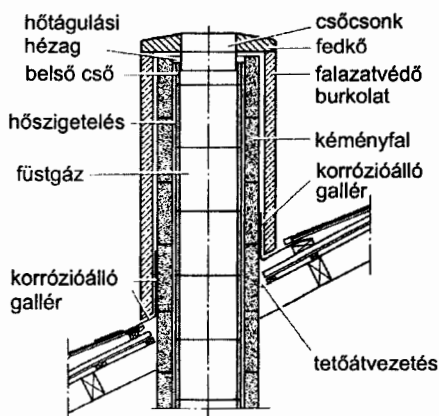


14.19. ábra. Háromrétegű, négykürtös *Schiedel* kémény téglaköpenyborítással [2]

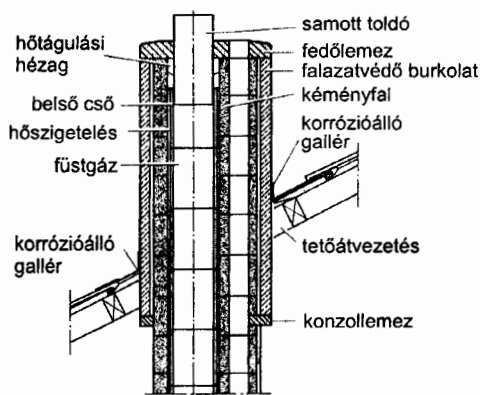
Szokás még a kémények osztályozása az alkalmazható égéstermék hőmérséklet, a nedvesgőztűrés és a tüzelés rendszerének szempontjából is.

### 14.4.2. A kémények kiegészítő elemei

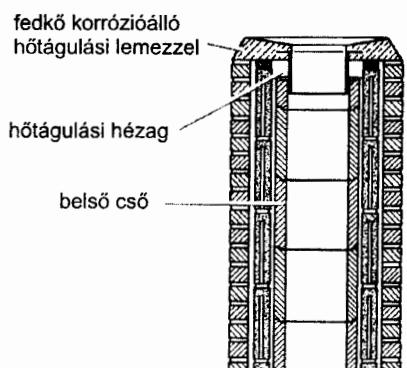
- Kéményfejek. A kéményekhez számos kiegészítő elem is tartozik. Ezek sorában a legfontosabb az úgynevezett kéményfej, mely az időjárás elemektől és a szennyeződéstől védi meg a kéményt. Különböző kéményfej változatokat mutatnak a 14.20 – 14.23. ábrák [2] alapján.



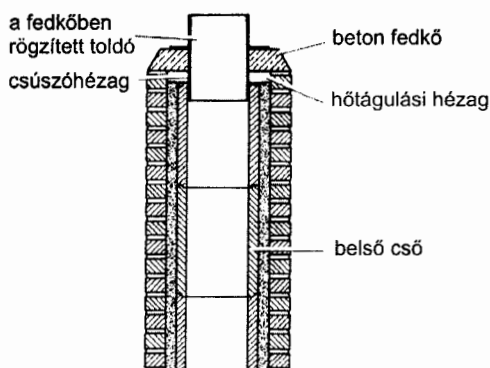
14.20. ábra. Kéményfej függesztett falazatvédő burkolással



14.21. ábra. Kéményfej alátámasztott falazatvédő burkolással



14.22. ábra. Falazatvédelem nélküli kéményfej. A fedőbe épített hőtagulási lemez benyúlik a kúrtőbe



14.23. ábra. Falazatvédelem nélküli kéményfej a fedőben rögzített toldócsővel

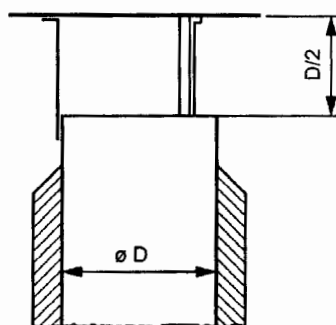
- Kitorcollás módosító szerkezetek.

A szél zavaró hatásának csökkentésére, illetőleg a csapadék kéménybe jutásának megakadályozására ajánlatos az úgynevezett kitorcollás módosító szerkezet használata. A legismertebb ilyen elem hazánkban a *Meidinger*-tárcsa, amely tulajdonképpen nem más, mint a kéménykitorcollástól például a kürtőátmérő felének megfelelő távolságban elhelyezett sík fémlap, amely csökkenti többek között a bukószél torlasztó hatását (14.24. ábra). Előnye a rendkívül egyszerű kialakítás, hátránya az irányváloztatás következtében jelentkező áramlástechnikai ellenállás.

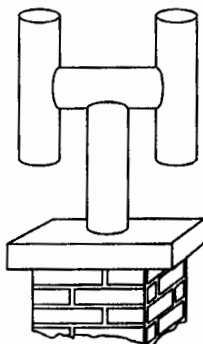
Főleg Lengyelországban használatos az úgynevezett H-toldó, amely a nevéből következően egy H betűt formáló csőtoldó. Előnye a biztonságos működés, azaz bármilyen irányú szél esetén megakadályozza az égéstermék torlódását és a csapadék bejutását, hátránya a nagyobb ellenállás (14.25. ábra).

Egyre gyakrabban alkalmazott megoldás az alul-felül nyitott, csonka kúp alakú sapka, amely nagyon kis ellenállású, egyszerű szerkezet. Az égéstermék felül, vagy – lefelé irányuló szél esetén – alul távozik, torlódás nélkül. Hátránya, hogy teljesen függőleges áramlás esetén a csapadék egy része bejuthat a kéménybe (14.26. ábra).

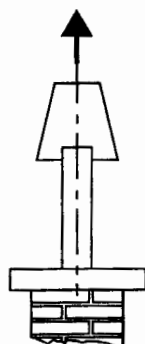
Érdekességgént előregyártott kéményfej-rátétet mutat a 14.27. ábra, a [2] irodalom alapján.



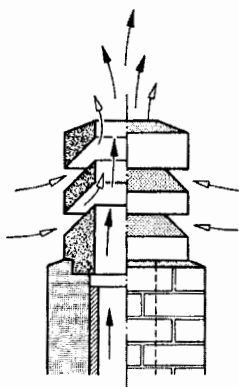
14.24. ábra. *Meidinger*-tárcsa



14.25. ábra. H-toldó axonometrikus rajza

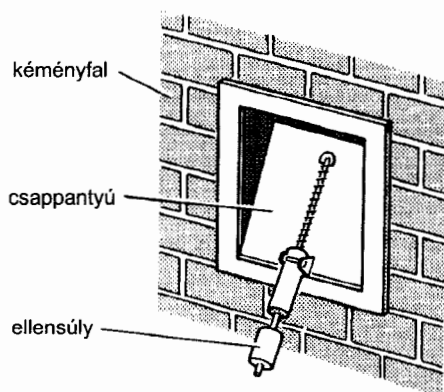


14.26. ábra. Csonkakúp kéménysapka



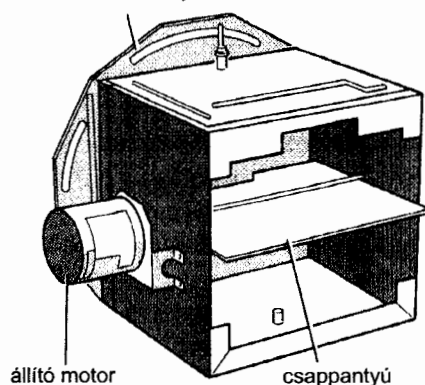
14.27. ábra. Előregyártott kéményfej-rátét. Az oldalról beáramló levegő (fehér nyíl) segíti az égéstermék (fekete nyíl) kiáramlását.

- Huzatszabályozásra, a hamis levegő térfogatáramának kézbentartására és a robbanásveszély elkerülésére szolgálnak a különféle csappantyúrendszerek. Ezeket a melléklevető berendezéseket a füstcső bekötés közelében kell elhelyezni (ld. a 14.13. ábrát). Ellen-súlyos, önműködő berendezést mutat a 14.28. ábra. A 14.29. ábrán látható motoros berendezés üzemszünet esetén nyit és a beáramló levegő szárítja a kéményt.
- Végül igen sok esetben alkalmazunk huzatfokozó megoldásokat, erre példát a 14.30. ábra mutat. További megoldást a következő, a gáznemű tüzelőanyagok égéstermék elvezetésével foglalkozó fejezetben láthatunk majd.

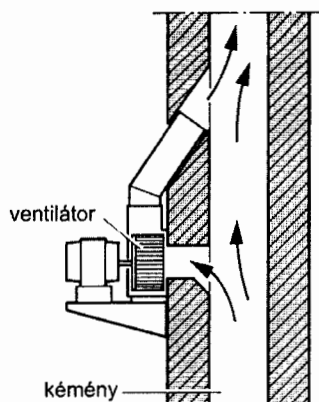


14.28. ábra. Másodlagos levegő szabályozására szolgáló megoldás, mely egyébként huzatszabályozásra és robbanási csappantyúként is alkalmas

csatlakozás a kéményhez



14.29. ábra. Motoros másodlevető betáplálás



14.30. Huzatfokozó füstgázventilátor a túl kicsi huzat javítására, mellékcatornás elrendezésben

**Irodalom**

- [1] ASHRAE – Technical Committees and Task Groups:  
*ASHRAE Handbook HVAC Systems and Equipment*  
ASHRAE Inc. Atlanta , USA, 1996.
- [2] BUDERUS  
*Handbuch für Heizungstechnik* (33. Auflage)  
Beuth Verlag GmbH, Berlin-Wien-Zürich, 1994.
- [3] Homonnay, Gyné – Molnár, Z.:  
*Fűtéstechnika*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.
- [4] Macskásy, Á. és szerzőtársai:  
*Központi fűtés I.*  
Tankönyvkiadó, Budapest, 1975.
- [5] Menyhárt, J. főszerk.:  
*Az épületgépészet kézikönyve*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1977.
- [6] Meszléry, C.:  
*Az európai kéményszabványok hazai bevezetése. 1–5. rész*  
Magyar Épületgépészet, L. évfolyam, 2001/2–6. szám
- [7] Vida, M. főszerk.:  
*Gáztechnikai kézikönyv*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1991.
- [8] *Lakó- és közösségi épületek kéményei*  
Fogalommeghatározások és általános előírások  
MSZ 04.82/1:1985
- [9] *Országos Településrendezési és Építési Követelmények (OTÉK)*  
253/1997 (XII. 20.) sz. Kormányrendelet

## 15. Gázkészülékek égéstermékének elvezetése

Az előző fejezetben láttuk, hogy az égéstermék elvezető rendszerek feladata az anyagokban kémiaiilag kötött energia szervezett körülmények között való felszabadítása során keletkező égéstermék elvezetése a tüztérből, illetve a tüzelőberendezésből, továbbá az égési levegőellátás biztosítása. Az alapvető cél szempontjából nem teszünk különbséget a szilárd, a folyékony vagy a gáznemű tüzelőanyagok égéstermékének elvezetése között, e fejezetből azonban kitűnik majd, hogy a gáz tüzelőanyagok égéstermékének elvezetése több sajátos megoldást és problémát vet fel. Ez indokolja, hogy az előző fejezet hagyományos elveket bemutató tárgyalása után a gáztüzelésű berendezések égéstermék-elvezetésének külön fejezetet szenteljünk. Tesszük ezt azért is, mert a gáztüzelés általánossá válásával e kérdés nagy érdeklődésre tarthat számot, továbbá veszélyességét tekintve is kiemelten kell ezzel a területtel foglalkozni, hiszen szemben a szilárd vagy az olajtüzelés „füstgázával”, a gáztüzelés gáznemű égéstermékai a legtöbb ember számára színtelenek és szagtalanok, tehát a veszély érzékelése csaknem lehetetlen.

Ez a tárgyalási mód persze nem jelenti azt, mintha nem lennének a másik két tüzelőanyagfajtánál is előforduló fogalmak és elvek, de e fejezetben a gáztüzelés égéstermékének elvezetése lesz a középpontban. A gyakran előforduló szóismétlések elkerülésére a „kémény” és az „égéstermék elvezető rendszer”, illetőleg a „berendezés”, „készülék” és „kazán”, valamint a „kürtő” és „akna” fogalmakat egymás szinonimájaként használjuk majd.

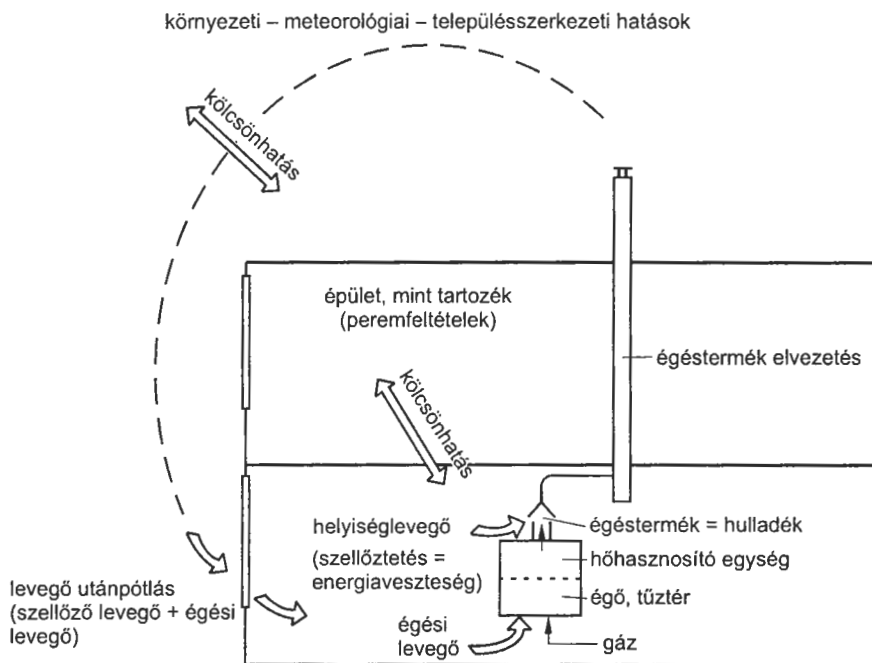
### 15.1. Gázüzemű tüzelőberendezések égéstermék elvezetésének követelményrendszere

Az égéstermék elvezető rendszerben végbemenő folyamat a tömeg, a belső energia és az impulzus együttes transzportja. A tüzelőberendezések működését vizsgálva megállapíthatjuk, hogy a gázkészülék hőhasznosító egysége (ami az esetek többségében egy dob vagy hőcselölő) után a légnemű égéstermék már hulladék, amelynek maradéktalan eltávolítása a biztonságos működtetés feltétele.

Az égéstermék elvezető rendszer csak komplexen, mint az égőből, a készülékből, a kéményből és egyéb elemekből álló egység tárgyalható, az egyes elemekben lejátszódó folya-

matok csak kölcsönös egymásra hatásukban vizsgálhatók. Így az égéstermék elvezető rendszer méretezésének szerves részét képezi a levegő utánpótlás tervezése is. Az épület ebben a vonatkozásban a rendszer működésének feltételeként vehető figyelembe. A rendszer-szemléleti értelmezés segítségével juthatunk el a „kéményáramkör” modellhez [10], és ennek alapján határozható meg a kémény működéséből eredő feladatköre (15.1. ábra).

A tüzelőberendezés, a füstcső (csatorna), illetve a kémény egymáshoz kapcsolódó rendszert alkotnak, és ez kiegészül a külső és belső légtérben részben a kéményfejhez, részben az ábrán a tüzelőberendezéshez (égő, égőtér, hőcserélő, áramlásbiztosító) kapcsolódó képzelte áramlási vonallal, ez utóbbi üzemben lévő tüzelőberendezés esetén ténylegesen kialakuló lég-áramot jelent a nyílal jelzett irányban.



15.1. ábra. Az égéstermék-elvezető rendszer felépítése és kapcsolódása a környezethez

## 15.2. Az égéstermék elvezető rendszerek csoportosítása

A gázüzemű berendezések égéstermék elvezetésének céljából és a vele szemben támasztott követelményekből kiindulva a megoldási módokat jelentősen befolyásolja a kiszolgáló hőtermelő rendszer mérete. Ennek megfelelően beszélhetünk komfort égéstermék elvezetésről (ez lesz tárgyalásunk súlypontja), valamint úgynevezett technológiai (kazántelep, erőmű, szemétiégető mű stb.) rendszerek égéstermék elvezetéséről (15.2. ábra).



15.2. ábra. Az égéstermék elvezető rendszerek csoportosítása

### 15.2.1. Komfort égéstermék-elvezetés

Gondolkodásmódunk alapján ebbe a csoportba tartoznak a különböző főző-, fűtő-, vízmelegítő berendezések, a fatüzelésű cserépkályhától az olajtüzelésű központi kazánig, de ide értjük a háztartási gáztűzhelyhez kapcsolódóan a konyha szellőztetését is.

A megoldás módja alapján gravitációs és mesterséges (gépi) elszívást különböztethetünk meg.

#### Gravitációs égéstermék elvezető rendszerek

A biztonságos égéstermék elvezetést a füstgáz és a külső levegő hőmérsékletkülönbségéből (és így sűrűségkülönbségéből) adódó természetes huzat biztosítja. Az égéstermék hőmérséklete a kéményben felfelé haladva a környezettel való hőcsere következtében csökken, az égéstermék hűl. A kialakuló határos nyomáskülönbség (huzat) annál nagyobb, minél nagyobb a különbség az égéstermék közepes hőmérséklete és a külső hőmérséklet között, illetőleg minél magasabb a kémény (ld. az előző fejezet (14.5.) összefüggését). Az égéstermék elvezetés biztonságát a gravitációs huzat mértékén kívül az befolyásolja, hogy ennek a kialakuló huzatnak milyen ellenállást kell legyőznie.

Szilárd és olajtüzelésű berendezések esetén nemcsak a rendszer saját ellenállásának legyőzése, hanem az égési levegőnek a készülékbe, sőt sokszor még a helyiségbe való bejuttatása is a huzat és ezen keresztül a kémények feladata.

A nyitott gázkészülékek nagy többségét úgy fejlesztették ki, hogy az égési levegő készülékbe juttatását megoldja a berendezésen belül kialakuló huzat és a kéménynek „csak” a gázkészülék huzatmegszakítójától kell az égésterméket a szabadba vezetnie. Az égési levegőnek a helyiségbe juttatására ez esetben is ügyelni kell [15].



2000 októbere óta érvényben van hazánkban az MSZ EN 483 sz. szabvány, amely a gáz-készülékek újfajta csoportosításáról intézkedik (részletesen ld. a „Gázellátás” c. fejezetet). A csoportosításnak megfelelő készülékparaméterek alapvetően befolyásolják az alkalmazható, kiválasztható kéményrendszerek körét, és ennek megfelelően a gravitációs égéstermék elvezető rendszereket két nagy csoportra bonthatjuk, ezek a nyitott- és a zárt rendszerek.

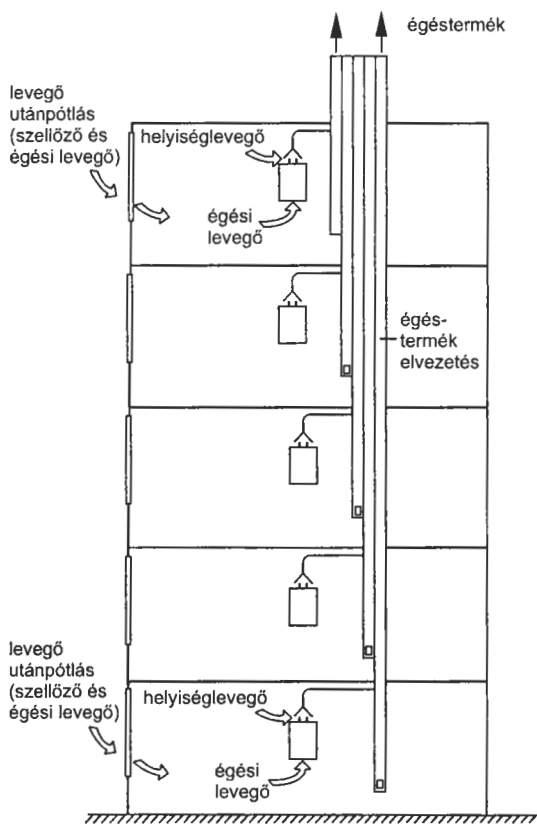
### Nyitott gravitációs égéstermék elvezető rendszerek

A nyitott égésterű tüzelőberendezések égéstermékének elvezetésére elsősorban a gravitációs üzemű, nyitott rendszerek szolgálnak. Ebbe a csoportba tartozik az egyszerű, széntüzelésű vaskályhától az áramlásbiztosítóval ellátott gázvízmelegítőig terjedően valamennyi atmoszférikus készülék égéstermékének elvezetése. Kivételük alapján megkülönböztetünk:

- egyedi és
- gyűjtő kéményeket.

A hazánkban jelenleg működő kémények túlnyomó többsége az „egyedi” kategóriába esik, sőt ezen belül is a legnépszerűbb a tömör, kisméretű, égetett téglából épített, úgynevezett orosz kémény (15.3. ábra), amelynek feladata egyetlen szintről legfeljebb 3 berendezés égéstermékének elvitele. Ezeknek a tüzelőberendezéseknek ugyanahhoz a lakáshoz vagy intézményhez kell tartozniuk, és a tüzelőberendezések helyiségeinek egymással belső összeköttetésben kell lenniük, tájolásuk azonos legyen [10], [16].

Az 1990-es évek óta hazánkban erőteljesen megnőtt az egyedi, szerelt, hőszigetelt fémkémények térhódítása, mivel a lakástulajdonosok a meglévő, szilárd tüzelőanyag elégetéséhez illesztett kéményt a gázra való átállás után is meg kívánták tartani, bélése nélkül és inkább vállalták az épületek mellett megjelenő, szerkezetidegen fémkémények építési költségeit. Az építési engedélyezési hatóságok késői



15.3. ábra. Az egyedi kémény elve

ébredése következtében egy-egy település arculatának meghatározó eleme lett az inkább ipari környezetbe illő, csillogó fémcső.

A gyűjtőkémény többszintes épületek egymás felett lévő helyiségeiben elhelyezett tüzelőberendezések égéstermékének elvezetésére hivatott. A nyitott rendszerű gyűjtőkémények két csoportba sorolhatók:

- egycsatornás gyűjtőkémények és
- mellécsatornás gyűjtőkémények.

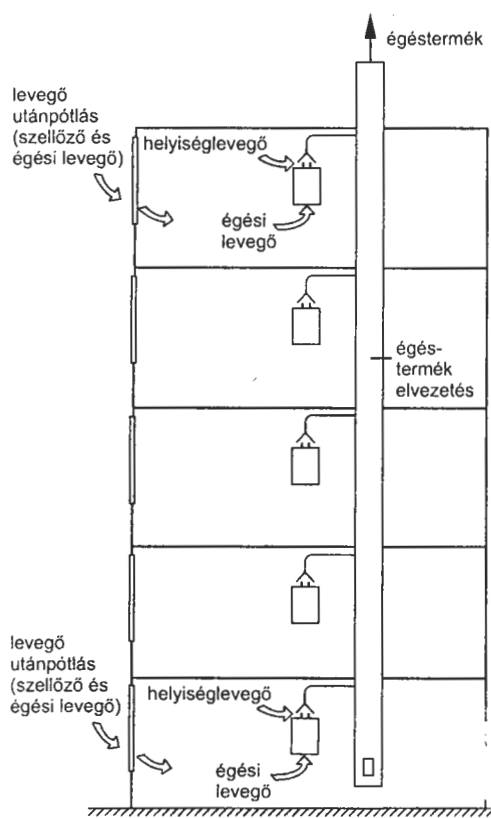
Az **egycsatornás gyűjtőkéménynél** a tüzelőberendezésből az égéstermék a rövid füstcsőszakaszon keresztül azonnal a főaknába kerül. Valamennyi szintről ez az egyetlen kürtő vezeti el az égéstermékot (15.4. ábra). A kürtő belső átmérője a kéményre kötött készülékek számának és hőteljesítményének függvényében – gyakorlati tapasztalatok alapján összeállított táblázat szerint – állandó volt, vagy felfelé bővült [10], [16].

A kéménytípus alapvető hibája, hogy a kémény anyagának következtében az égéstermék lehűlése jelentős, a keletkező huzat értéke kicsi, ezért meglehetősen érzékeny a működést befolyásoló külső, zavaró hatásokra. A kis közepes égéstermék hőmérséklet kialakulásához

az is hozzájárul, hogy a nem üzemelő berendezéseken keresztül beáramló helyiséglevegő tovább hűti az égéstermékot.

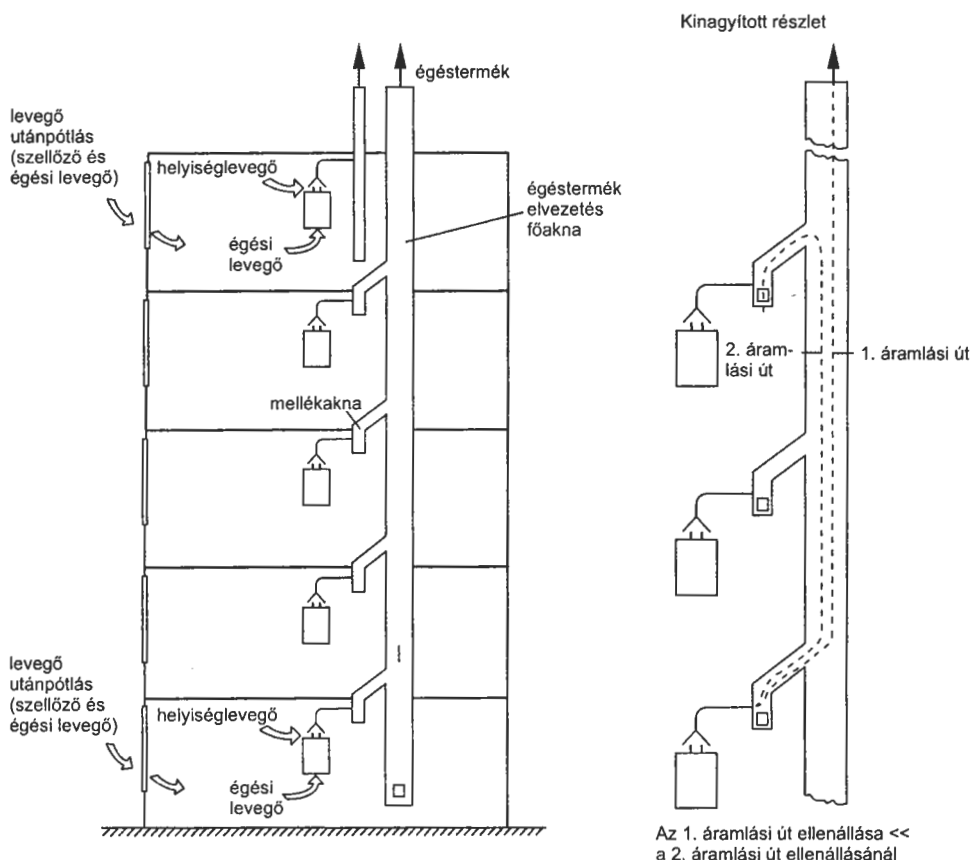
1988-ig kettősfalú és egyesített falú könnyűbeton elemekből építettek gyűjtőkéményt. A jellemzően 175, 200 és 225 mm belső átmérőjű és 38 x 38 cm külső méretű, 20 cm magas elemekből épített kémények ma még üzemben vannak, azonban újak már ezzel a technológiával nem építhetők, lévén, hogy működésük labilis, és emiatt közvetlenül vagy közvetve több balesetet okoztak. Ezzel a problémakörrel a 15.4. pontban részletesebben is foglalkozunk majd.

Az emeletmagas elemekből készült, úgynevezett **mellécsatornás gyűjtőkémények** lényegesen biztonságosabbak, mivel az égéstermék a készülékből először a kisebb keresztmetszetű mellécsatornába kerül, majd egy szinttel feljebb köt rá a



15.4. ábra. Egycsatornás gyűjtőkémény

főaknára (15.5. ábra). A megoldás igen nagy előnye, hogy a mellécsatorna ellenállása lényegesen nagyobb a főakna ellenállásánál, így nem kell számítani arra, hogy egy alsóbb szintű készülék égéstermége egy felsőbb szintű helyiségbe visszaáramoljék (ezt mutatja az ábra kinagyított részlete). Ennek ellenére ez a kialakítás nagyobb helyigénye, nehezebb ellenőrizhetősége és tisztíthatósága, valamint az elemek körülményesebb beépíthetősége és sérülékenysége következtében nem terjedt el hazánkban [10], [19].



15.5. ábra. Mellécsatornás gyűjtőkémény és működése

### Zárt gravitációs égéstermék elvezető rendszerek

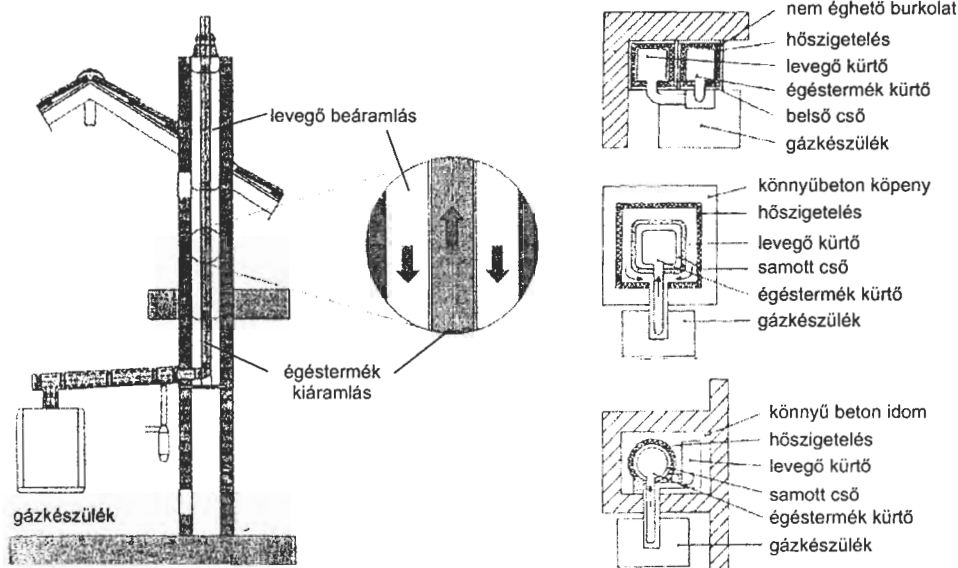
E rendszerek feladata a zárt égésterű (a már hivatkozott MSZ EN 483 szerinti C típusú) gáztüzelésű berendezések égési levegővel történő ellátása és a keletkezett égéstermék elvezetése. Nagy előnye ennek a megoldásnak, hogy sem készülék, sem égéstermék elvezetés olda-

lon nem kapcsolódik a helyiség légterével, attól hermetikusan elzárt. Ennek következtében a gázberendezés bármilyen kis légterű helyiségben elhelyezhető, illetve az építés során tömörzárású nyílászárók is felhasználhatóak, sőt depressziós szellőzés is megvalósítható, ami nyitott égésterű tüzelőberendezések nyitott kéményrendszerekbe kötése esetén tilos.

A gravitációs működésű zárt rendszerek is

- egyedi és
- gyűjtő rendszerűek lehetnek.

Az **egyedi zárt kémények** egyetlen tüzelőberendezést látnak el égési levegővel és csak e készülék égéstermékét vezetik a szabadba. Kivételük alapján a megoldás két koncentrikus cső, vagy egymástól független két cső, esetleg csatorna lehet (15.6. ábra).



15.6. ábra. Zárt égésterű gázkészülék egyedi égéstermék elvezetése

Ismert olyan elrendezés is, amikor a gázkészülék az oldalfalon elhelyezett levegő-bevezetőnyíláson keresztül kapja az égéshez szükséges levegőt, míg egy függőleges aknában átvezeti a tető fölé az égéstermékét. Ha a levegő bevezető és az égéstermék kibocsátó csatornavégződés azonos szélnyomású övezetben található, akkor a rendszer működése a szél hatásától függetlennek tekinthető, különben a méretezésnél a szél zavaró hatását figyelembe kell venni (lásd még: 14.2.2 pont).

Koncentrikus elhelyezés esetén a belső csövön vezetjük az égéstermékét, míg a környező keresztmetszeten áramlik az égési levegő. Így érhető el az, hogy az esetleg tömörtelen csövek esetén sem áramolhat égéstermék a helyiségekbe, hiszen az égéstermék elvezető csövet

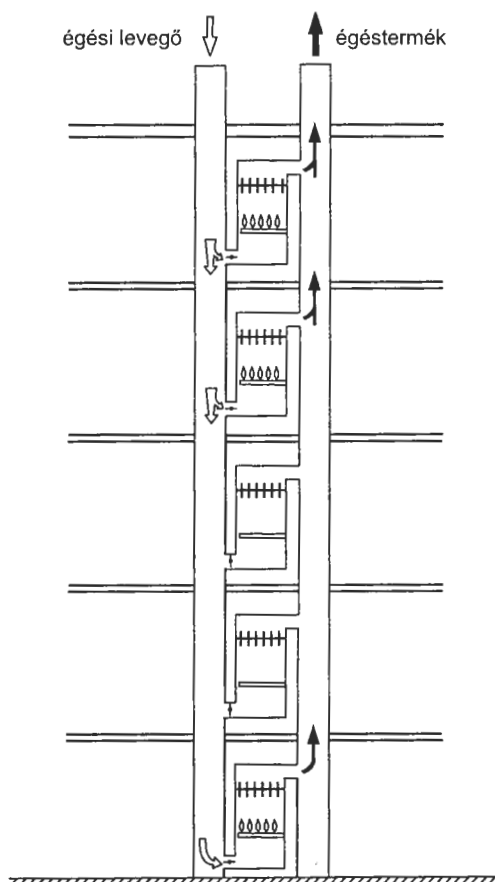
körülvevő légvezetékben a környezethez képest is depresszió uralkodik, tehát csak helyiség levegő juthatna a két cső közé [7], [19].

A gyűjtő rendszerű, gravitációs működésű zárt kémények három típusát különböztetjük meg:

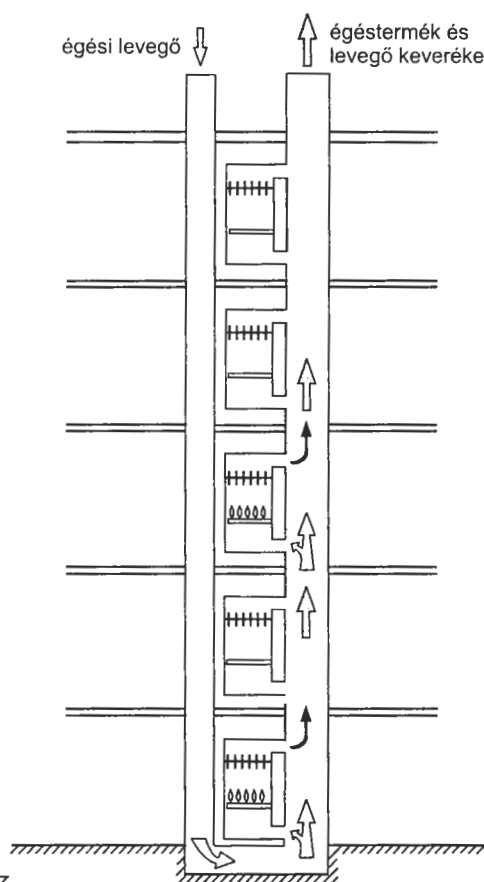
- kiegyenlített (LAS, LAF)
- „U” rendszerű (U duct)
- alsó szellőztetésű (Se duct) [7], [19].

Ez a felsorolás kialakulásuk időrendjét is mutatja azzal a kiegészítéssel, hogy a ma használatos zárt gyűjtőkémények az eredeti, kiegyenlített típusú rendszer alapelvét használják ugyan, de megújított kialakításban.

Az először alkalmazott **kiegyenlített zárt kéményeknél** a levegőakna és az égéstermékakna között helyezték el a készüléket (15.7. ábra). Az egymás felett elhelyezkedő berendezések ugyanabból a kürtöből veszik a levegőt, illetőleg ugyanabba az aknába bocsátják az



15.7. ábra. A kiegyenlített zárt kémény elve



15.8. ábra. „U” rendszerű zárt kémény

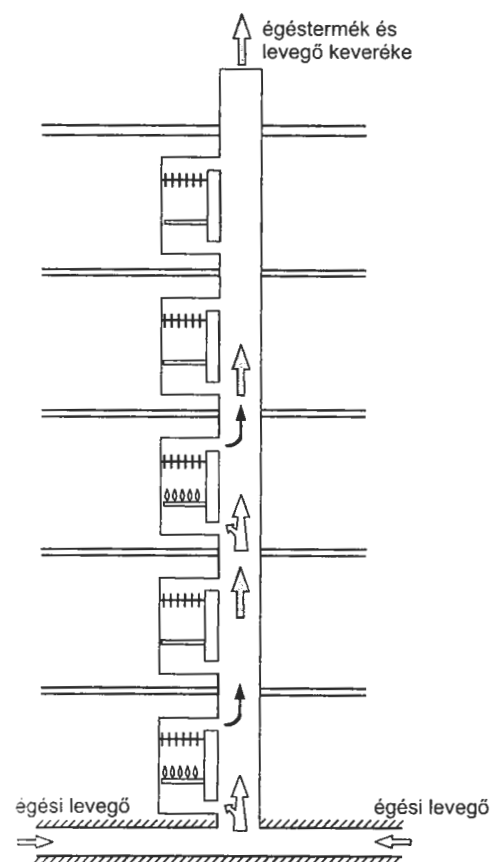
égéstermékét. Annak érdekében, hogy a különböző szinteken elhelyezkedő tüzelőberendezések azonos körülmények, illetve feltételek mellett dolgozzanak, a levegő-bevezető csomóponton olyan visszacsapószelepeket helyeztek el, amelyekkel a rendszer beszabályozható, azaz a különböző hosszúságú be- és elvezető csövek ellenállása, a csappantyú maximális nyitásiának, és így ellenállástényezőjének beállításával kiegyenlíthető.

A rendszer beszabályozhatóságának bonyolultsága vezetett az „U” rendszerű zárt kémény kifejlesztéséhez (15.8. ábra). Amint látható, a levegő bevezető aknára nem kötötték rá a berendezéseket, így a legalsó készülék kap egyedül tiszta, friss levegőt, a többibe levegő-égéstermék keverék kerül. A mérési vizsgálatok szerint (egyidejű működés esetén) az előmelegített égési levegő következtében javult a készülékek hatásfoka. A rendszer méretezésének alapkövetelménye, hogy a legfelső készülék előtt, az égéstermék-levegő keverék szén-dioxid tartalma kisebb legyen 2 tf%-nál, ami a szén-monoxid termelés elkerülésének feltétele (ld. a „Gázellátás” c. fejezet 11.41. ábráját!).

Mind a kiegyenlített, mind az „U” rendszerű zárt kémény levegő-bevezető- és égéstermék kibocsátó nyílása azonos szélnyomású övezetben található, így működésük a szél hatásától

függetlennek tekinthető. Gyakorlati tapasztalatok szerint 10 db készülékszámmig (akár 10 szintről) megbízhatóan üzemeltethetők.

Gazdaságossági megfontolások vezettek az alsószellőztetésű zárt kémény kifejlesztéséhez (15.9. ábra). A többszintes épületek hasznos alapterületének drágulása következtében megvizsgálták a függőleges levegő akna elhagyhatóságának feltételeit, és azt tapasztalták, hogy a szél hatásától való függés nem okozott – megfelelő méretezés esetén – nagy problémát. A levegő bevezetését ezután pl. a szerelő szinten elhelyezett vízszintes csatornával oldották meg, különben a rendszer kialakítása megegyezik az „U” rendszerű zárt kéményével. A méretezés kiindulási alapja ez esetben is a 2 tf%-nál kisebb szén-dioxid tartalom a legfelső készülék levegőbetáplálásánál [12].



15.9. ábra. Alsó szellőztetésű zárt kémény

A napjainkban legelterjedtebben használt zárt kéményrendszer az LAS (a német *Luft-Abgas-Schornstein* szavakból) levegő-égéstermék-kémény nevet viseli, amelyet az osztrák területen LAF-ként (az utolsó betű a *Fang* szó kezdeteként szintén kéményt jelent) ismernek. Lényege szerint a már

megismert, kiegyenlített, zárt kéményről van szó, azonban leggyakrabban ventilátoros készülékek légellátásához, illetve égéstermék elvezetésére használják. Részletesebben a következőkben mutatjuk be.

### **Mesterséges égéstermék elvezető rendszerek**

A kémény hossza mentén az égéstermék hővesztesége következtében a közeg hőmérséklete folyamatosan csökken. Gravitációs rendszerek esetén a szállító nyomást az égéstermék átlaghőmérséklete alapvetően befolyásolja (ld. 14.1. ábra és (14.3.) összefüggés). A fűtőberendezések hatásfokának növelésével egyenes arányban csökken a készülékből kilépő égéstermék hőmérséklete. Kondenzációs készülékeknél ez a hőmérséklet 40–50 °C körüli, az így adódó sűrűségkülönbség már nem biztosít elegendő huzatot az égéstermék veszélymentes eltávolításához. A biztonságos égéstermék elvezetés érdekében általában vagy égési levegő ventilátort, vagy égéstermék ventilátort építenek a készülékbe. A levegő oldalon elhelyezett ventilátor még nem jelent feltétlenül mesterséges égéstermék elvezetést, ugyanis amennyiben a készüléken belül elhasználjuk a ventilátor túlnyomását, akkor az égéstermék eltávolítása például egy hagyományos gravitációs kémény feladata lesz. Ha az égéstermék oldalon elhelyezett ventilátor által létesített túlnyomást a kémény kilépésig nem használjuk el, akkor túlnyomásos, mesterséges égéstermék elvezető rendszerről beszélhetünk. Természetesen léteznek vegyes rendszerek is, amikor a készülék kilépő csonkján még túlnyomás mérhető, azonban az égéstermék eltávolításában számítunk a gravitációs nyomáskülönbségre is. A kémények méretezésekor, illetve üzemeltetésekor ezekre a peremfeltételekre figyelemmel kell lenni.

### **Nyitott, mesterséges égéstermék elvezető rendszerek**

A nyitott, mesterséges égéstermék elvezető rendszerek között is egyedi és gyűjtő típusú megoldást különböztethetünk meg.

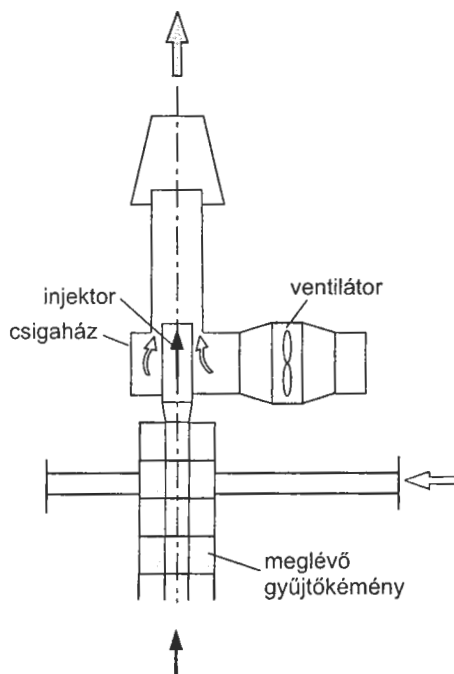
Az egyedi elvezetés esetén is kerülhet a ventilátor a levegő, illetőleg az égéstermék oldalra. A készülék működése szempontjából nem érzékeny a rendszer a különböző zavarásokra (pl. szélhatás), mivel a ventilátor által létesített nyomáskülönbség nagyobb értékű, azonban ekkor is gondolni kell a megfelelő légellátásra, az égési levegő helyiségbe juttatására. Amennyiben a berendezés égéstermékcsonkján túlnyomás mérhető, akkor csak az ennek elviselésére alkalmas, engedélyezett rendszerek alkalmazhatóak. A vizsgálat részleteivel már az előzőekben részletesen megismertkedtünk.

Ebbe a csoportba tartoznak azok a megoldások is, amikor a biztonságos égéstermék elvezetéshez szükséges ventilátor például a kéménykitorkollásnál helyezkedik el. Ekkor a rendszer teljes hosszában depresszió mérhető a külső légköri nyomáshoz képest. A megoldás szilárd tüzelőanyaggal működő berendezéshez is, sőt nyitott kandalló üzemeltetéséhez, vagy

a szellőzéssel kapcsolatosan is használható. A közeg szállításához szükséges nyomáskülönbség ventilátoron kívül külső- vagy belső sugaras injektorral is előállítható. A külső primersugaras injektor nagy előnye, hogy a kéményben egy esetleges áramszünet esetén sem jelent ellenállást, ellentétben a nem üzemelő ventilátorral [5], [9], [11].

A gyújtórendszerű, nyitott mesterséges égéstermék elvezetésnél is kerülhet a ventilátor az egyes berendezések levegő- vagy égéstermék oldalára, illetőleg a kéményből történő kilépéshez, vagy ez utóbbi esetben külső- vagy belső primersugaras injektor helyettesítheti a ventilátort (15.10. ábra). A biztonságos működés alapfeltétele ekkor is a szükséges égési levegő, esetenként a hígítólevegő helyiségbe juttatása. E gyújtórendszerű megoldás alkalmazásakor megfelelő zárású csappantyúkkal akadályozandó meg az egyes, éppen nem működő berendezéseken a visszaáramlás lehetősége.

A mesterséges, nyitott égéstermék-elvezető rendszerek alkalmazásakor az égéstermék visszaáramlás esélye nagyon kicsi, ezért az előírásoknak megfelelő tömörségű kémények esetén jó, biztonságos megoldást jelentenek.



15.10. ábra. Mesterséges égéstermék elvezető rendszerre alakítás injektorral

### Zárt, mesterséges égéstermék elvezető rendszerek

A gravitációs égéstermék-elvezető rendszerek tárgyalásakor már foglalkoztunk azokkal a törekvésekkel, amelyekkel a tüzelőberendezések hatásfoka jelentősen növelhető. Ezek a gyakorlatban egyre csökkenő kilépő égéstermék hőmérsékletet jelentenek a kéményes szakemberek számára. Tovább nehezíti a feltételeket a hőveszteség – ezen belül is az infiltrációs hőveszteség – drasztikus csökkentésének igénye, amely igényeket ma már előírásokban rögzítették. Ez a kettős hatás vezetett a zárt égésterű, mesterséges égéstermék-elvezető rendszerek kialakításához. Az e csoportba sorolt megoldások is egyedi, vagy gyújtó rendszerűek lehetnek. Fizikai kivitelük megegyezik a gravitációs működésű zárt rendszerekkel, a különbség csak annyi, hogy a ventilátorral segített berendezések kisebb keresztmetszetű légbevezetőt, illetve égéstermék elvezetőt igényelnek.



### 15.2.2. Technológiai égéstermék elvezetés

Hő- és áramlástechnikai szempontokból közelítve nincs különbség az ebbe a csoportba sorolt rendszerek, illetve az eddigiekben bemutatottak között, azonban mégis külön foglalkozunk velük, mert a kapcsolódási pontokon nagyobb odafigyelésre van szükség.

Ezt a nagyobb körülményekintést magyarázhatjuk a szállítandó közeg vegyi agresszivitásával, (például egy szeméttégetőmű égéstermék-elvezetése esetén), vagy az égéstermék rendkívüli vízgőztartalmával (például egy pékség esetén). Egy technológiai kazánteleg nagy tömegű égéstermékének nagyobb sebességgel történő elvezetése során jelentősen megnő a felvett ellenállás-tényezők szerepe, hiszen mint tudjuk a dinamikus nyomás a sebesség négyzetével arányosan nő.

Az esetenként szükségessé váló nagyobb keresztmetszetekben kialakuló hőmérséklet-eloszlás pontos követése jelentősen befolyásolhatja a kéményen belüli közepes hőmérsékletet és emiatt a gravitációs huzatot is. Itt kell azonban megjegyeznünk, hogy a technológiai égéstermék-elvezetés az esetek többségében már mesterséges égéstermék-eltávolítás, így a gravitációs huzat változása nem döntő a biztonság szempontjából. Természetesen egy jó hőszigetelésű kémény ellenállásának legyőzéséhez kisebb ventilátor szükséges. A nagyobb áramlási sebesség következtében ugyan megnő a belső hőátadási tényező, azonban a kisebb bent-tartózkodási idő miatt csökken a közeg lehűlése és így a gravitációs nyomáskülönbség nő.

E ponton említést kell tennünk a környezetvédelmi feladatokról is. Mint ismeretes, az üvegházhatást előidéző szén-dioxid kibocsátás szempontjából a fűtési és melegvíz előállítás tüzelés égésterméké a második helyen áll. Amennyiben tehát ezen a területen egy-egy tüzelőberendezés fejlesztésével kis eredmény elérhető lenne, az összegzetten jelentősen csökkenthetné az ózonlyuk növekedésének sebességét.

A technológiai kazántelegeken történő beavatkozás persze lényegesen egyszerűbb és fajlagosan kisebb költségvonzattal hoz nagyobb eredményt. Például egy szenes fűtőmű, vagy fűtőerőmű kéményére szerelt pernyeleválasztóval a környezet porterhelése egyszerűbben csökkenthető, mint az egyedi, szilárd tüzelésű háztartási készülékek lecserélése, illetve azok kibocsátásának korlátozása. A technológiai égéstermék elvezetés tervezése minden esetben gazdaságossági számítással kapcsolódik össze, amelyből eldönthető, hogy a környezetvédelmen túlmenően például egy utólagosan beépített kondenzációs hőhasznosító hőcserélő mennyi időn belül térül meg. Az azonban már a beruházás tervezésekor bizonyos, hogy egy ilyen hővisszanyerő jelentősen csökkenti a levegőbe kerülő szennyezőanyagok mennyiségét, arról nem is beszélve, hogy a kondenzátumból való kinyerésük után nem is kerülnek a környezetbe.

### 15.3. Gázüzemű tüzelőberendezések égéstermék elvezető rendszerének méretezése

Az égéstermék biztonságos eltávolíthatóságához szükség van arra, hogy a teljes rendszert számítással ellenőrizzük, amit egyébként a vonatkozó előírások (OTÉK) kötelezővé is tesznek. A számítások elvégzése előtt megfelelően elő kell készíteni a kémény működése szem-

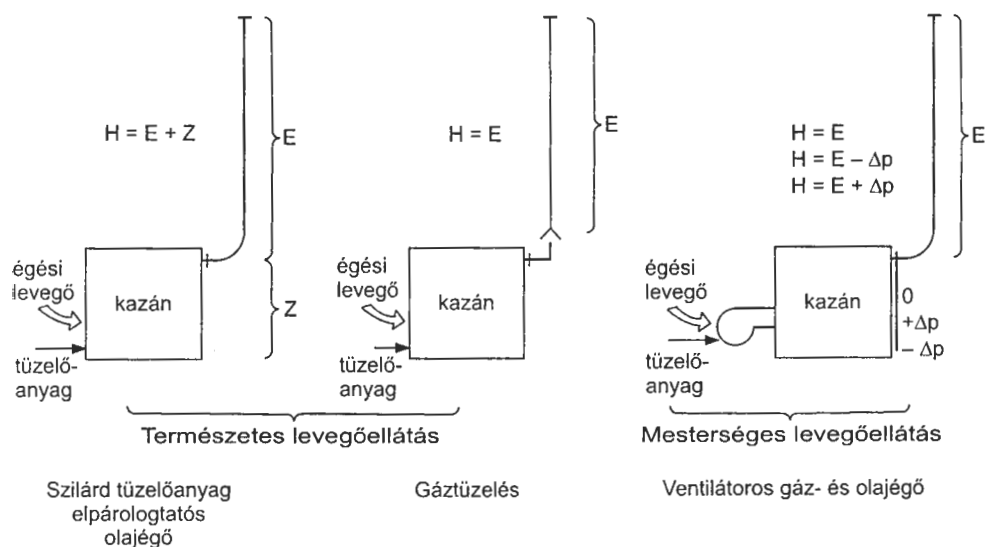
pontjából meghatározó paramétereket. Tudnunk kell azt is, hogy a különböző tüzelőanyaggal működő berendezések kéményeinek méretezése is eltérő, mint az előző, szilárd és folyékony tüzelőanyagokra vonatkozó fejezetben láthattuk. Ennek az eltérésnek az oka a tüzelőberendezések szerkesztési, fejlesztési különbözőségében keresendő.

A természetes levegőellátású, szilárd tüzelésű vagy olajégővel üzemelő kazánok kéményeinek méretezésével már az előző fejezetben már foglalkoztunk. Láttuk, hogy a kémény huzatának az égéstermék elvezető rendszer ellenállásán túlmenően a kazán saját ellenállását is fedeznie kell (14.7. jelű egyenlet).

A nyitott égésterű, gáztüzelő berendezés áramlásbiztosítóval kapcsolódik a kéményhez (leggyakrabban a készülék része az áramlásbiztosító). A készülékfejlesztők úgy szerkesztik meg e berendezéseket, hogy az úgynevezett saját ellenállásukat a készülékben keletkező huzat fedezze. Ebből következően az ilyen rendszerre vonatkozó alapegyenlet:

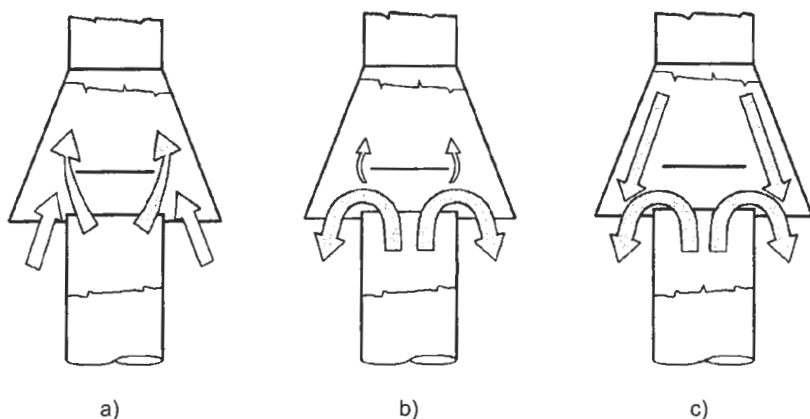
$$\Delta p_{gr} = H = E \quad (15.1.)$$

mivel a készülék belső ellenállását saját huzata fedezi (a különböző tüzelőszerkezet-típusokra vonatkozó alapegyenleteket a 15.11. ábrán foglaltuk össze).



15.11. ábra. Különböző tüzelőanyaggal működő berendezések kéményméretezési elve közötti eltérés

Az atmoszférikus gázkészülékek áramlásbiztosítójának (deflektorának, huzatmegszakító-jának) működési elve, illetve feladatai láthatók a **15.12. ábrán**.



**15.12. ábra.** Az áramlásbiztosító (huzatmegszakító, deflektor) feladata és működése

A bemutatott 3 áramlástechnikai feladatról részletesebben:

a) eset: a huzat megszakítása – pl. szél hatására keletkező túlzott szívás esetén a láng leszakadását akadályozza meg, többlet hígító levegő hozzávezetéssel;

b) eset: hideg kémény esetén a visszatörülő égéstermék a láng eloltása helyett a helyiségbe áramlik. Ez a rövid idejű visszaáramlás veszélytelen;

c) eset: különleges meteorológiai esetben, pl. bukószél esetén megakadályozza a láng elfojtását azzal, hogy az égéstermék és az adott mennyiségű levegő is a helyiségbe áramlik, ennek időtartama rendkívül rövid, ezért veszélytelen [10], [16].

Az áramlásbiztosító hőtechnikai szerepével, miszerint az égéstermék hígítva csökkenti annak harmatponti hőmérsékletét és ennek következtében a kondenzációs veszélyt, később még részletesebben foglalkozunk.

A mesterséges levegőellátású szilárd, olaj vagy gáztüzelésű kazánok égéstermék elvezető rendszerének méretezéséhez használható egyenlet annak függvénye, hogy a kazán füstcsonkján huzatigény, semleges pont vagy túlnyomás található (15.11. ábra). Amennyiben túlnyomás van a csonkon, akkor a kémény által biztosítandó huzat ennek mértékével csökkenthető:

$$H = E - \Delta p$$

ahol  $\Delta p$  = a füstcsonkon mérhető túlnyomás.

Megjegyezzük: ilyen esetben túlnyomásra engedélyezett égéstermék elvezető rendszer használható!

Ha az alkalmazott kazán és égő együttes esetén a rendszernek ún. huzatigénye van, akkor a kéménynek ennek mértékével nagyobb huzatot kell előállítania (méretezési állapotban), tehát

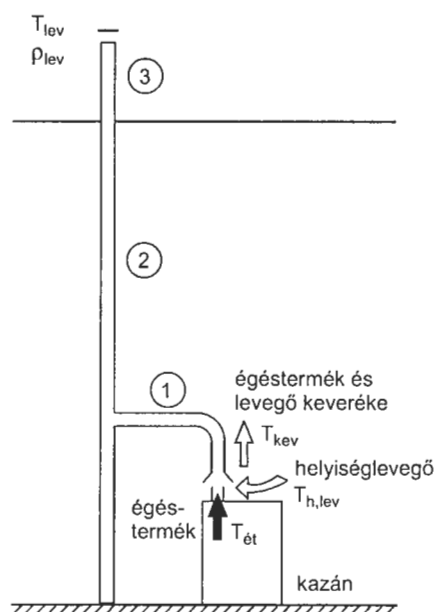
$$H = E + \Delta p_k$$

ahol  $\Delta p_k$  = a kazán huzatigénye [Pa].

Amennyiben a kazánból és égőből álló együttes beszabályozása után a füstcsomkon a semleges pont mérhető, akkor a kémény paraméterei a

$$H = E$$

összefüggés alapján határozhatók meg.



15.13. ábra. Kéményméretezés az égéstermék elvezető rendszer szakaszokra bontásával

Ebből a gondolatmenetből az is látható, hogy egy áramlásbiztosítóval rendelkező, természetes levegő ellátású gázkészülék esetén nem beszélhetünk huzatigényről, hiszen az áramlásbiztosítónál megszakad a huzat égőre gyakorolt hatása. Az áramlásbiztosító hidraulikai ellenállása ugyanis lényegesen kisebb az égő – tüztér – hőcserélő egység ellenállásánál, aminek következtében nagyobb huzat esetén több hígítólevegő áramlik az égéstermékhez és nem nő meg például a légellátási tényező vagy az égéstermék tömegárama [1], [10], [14].

Az előzőekben bemutatott alapegyenleteket a teljes égéstermék elvezető rendszerre kell felírni, ami azt jelenti, hogy a méretezendő rendszert először szakaszokra kell bontani. A szakaszokra bontás lényege szerint mindaddig nem beszélhetünk szakaszváltásról, amíg a keresztmetszet, a környezeti hőmérséklet vagy az égéstermék elvezető anyaga nem változik.

A 15.13. ábrán az 1. szakasz a szigetetlen füstcső, a 2. a kémény épületen belüli szakasza, míg a 3. az azonos kivitelű kémény szabadban lévő része.

Az előzőekben bemutatott alapösszefüggést természetesen az egyes szakaszok összegeként értelmezhető rendszerre kell felírni:

$$\Sigma H_i = \Sigma E_i \quad (15.2.)$$

ahol  $i$  a szakaszok száma.

Ez persze azt is jelenti, hogy a rendszer összes ellenállását a szakaszok súrlódási és ütközési ellenállásainak összegzésével kapjuk, az előző fejezetben felírt (14.16.) összefüggés felhasználásával.

Az áramlásbiztosítóval rendelkező gázkészülékek jellegzetessége, hogy a hígított égéstermék (keverék) tömegárama az égéstermék és a hígítólevegő (helyiséglevegő) tömegáramának összegeként határozható meg:

$$\dot{m}_{kev} = \dot{m}_{h,lev} + \dot{m}_{ét} \quad (15.3.)$$

Az áramlásbiztosítóra felírhatjuk a keveredési egyenletet:

$$\dot{m}_{kev} \cdot T_{kev} \cdot c_{p,kev} = \dot{m}_{h,lev} \cdot T_{h,lev} \cdot c_{p,lev} + \dot{m}_{ét} \cdot T_{ét} \cdot c_{p,ét} \quad (15.4.)$$

ahol az állandó nyomáson vett fajhők értékei, a 0–200 °C tartományban nem térnek el jelentősen egymástól,  $c_{p,köz} = 1,012$  kJ/kgK értékkel helyettesíthetők, illetve egyszerűsíthetünk vele. A keveredési egyenletben:

$T_{kev}$  az égéstermék és levegő keverék abszolút hőmérséklete [K],

$T_{h,lev}$  az áramlásbiztosítóba belépő helyiség levegő abszolút hőmérséklete [K],

$T_{ét}$  a hígítatlan égéstermék abszolút hőmérséklete (az áramlásbiztosító előtt) [K].

A keverék közepes sűrűségét a normálállapotra vonatkozó értékből a keverék közepes hőmérsékletének ismeretében számíthatjuk:

$$\rho_{kev,köz} = \rho_{kev,0} \cdot \frac{273,15}{T_{kev,köz}} \quad (15.5.)$$

ahol a keverék fizikai normál állapothoz tartozó sűrűsége:

$$\rho_{kev,0} = \frac{\rho_{ét,0} \cdot \rho_{lev,0} \cdot \dot{m}_{kev}}{\rho_{ét,0} \cdot \dot{m}_{hlev} + \rho_{lev,0} \cdot \dot{m}_{ét}} \quad (15.6.)$$

Itt a 0 index minden esetben a fizikai normálállapotra utal (0° C és 101325 Pa).

A levegő sűrűsége fizikai normál állapotban:  $\rho_{lev,0} = 1,293$  kg/m<sup>3</sup>, míg  $\rho_{ét,0}$  az égéstermék normálállapotú sűrűsége, ami a gázösszetétel és a légellátási tényező függvénye.

A keverék közepes hőmérsékletének meghatározásához ismerni kell az adott szakasz elején ( $T_{kev,e}$ ) és a szakasz végén ( $T_{kev,v}$ ) uralkodó hőmérsékletet. Előbbi az első szakasznál megegyezik a kazánból kilépő, hígított égéstermék hőmérsékletével, a további szakaszok esetén pedig azonos a megelőző szakasz kilépő hőmérsékletével. Ezzel a keverék vég-hőmérséklete:

$$T_{kev,v} = T_{körny} + (T_{kev,e} - T_{körny}) e^{-x} \quad (15.7.)$$

ahol

$T_{körny}$  a szakaszt körülvevő környezet hőmérséklete [K],  
 $x$  kéményszám.

$$x = \frac{k \cdot K \cdot \ell}{\dot{m}_{kev} \cdot c_{p,kev}} \quad (15.8.)$$

Itt pedig az előző jelöléseken túl:

$k$  a kéményszalag hőátbocsátási tényezője [ $\text{W/m}^2 \text{K}$ ],

$K$  a szakasz belső kerülete (nedvesített terület) [m],

$\ell$  a szakasz hossza [m].

A keverék közepes hőmérsékletére több összefüggés található a szakirodalomban. A leggyakrabban alkalmazott összefüggés *Moffat* és *Colborne* szerint:

$$T_{kev,köz} = T_{kev,e} - 0,65 \cdot (T_{kev,e} - T_{körny}) \quad (15.9)$$

A bemutatott összefüggések felhasználásával az adott rendszer ellenállása már meghatározható, a keletkező huzat pedig a 14. fejezet 2.1. pontjában felírt módon számítható:

$$H = (\rho_{lev} - \rho_{kev,köz}) \cdot g \cdot h \quad (15.10.)$$

ahol

$\rho_{lev}$  a méretezési külső hőmérsékletéhez tartozó levegő sűrűsége [ $\text{kg/m}^3$ ],

$g$  a nehézségi gyorsulás,  $9,81 \text{ m/s}^2$ ,

$h$  az adott szakasz függőleges magassága [m].

Az áramlásbiztosítóval ellátott, atmoszférikus égőjű gázkészülék kéményméretezésének feladata annak az úgynevezett munkapontnak a meghatározása, illetőleg helyének megtalálása, amely a teljes rendszer működésére jellemző. A **15.14. ábrán** lévő diagram függőleges tengelyén a keletkező összes huzat és az összegzett ellenállás olvasható le, míg a vízszintes tengelyen az áramlásbiztosítón keresztül beáramló hígító levegő tömegárama található.

Ellenőrzésként gondoljuk csak meg, hogy minél több hígító levegő keveredik az égéstermékhez, annál jobban csökken a keverék közepes hőmérséklete és ezzel a keletkező huzat.

Az ellenállás oldaláról közelítve pedig, minél nagyobb tömegáramú közeget kell elvezetnünk azonos keresztmetszeten, annál nagyobb lesz a közeg sebessége (egyéb jellemzők változatlansága esetén) és a sebesség növekedésének négyzetével nő az ellenállás.

A kialakuló munkapontban kerül egyensúlyba a két ellentétes hatás, azaz mindaddig nő a beszívott levegő tömegárama, amíg a huzat meghaladja az ellenállás értékét.

Jól látható, hogy a munkapont csak iterációs számítással határozható meg. A méretezés lényege szerint a méretezési állapotban kialakuló munkapontnak az első ténnyegyedbe kell esnie, hiszen a második ténnyegyedbe kerülő munkapont már égéstermék visszaáramlást jelent.

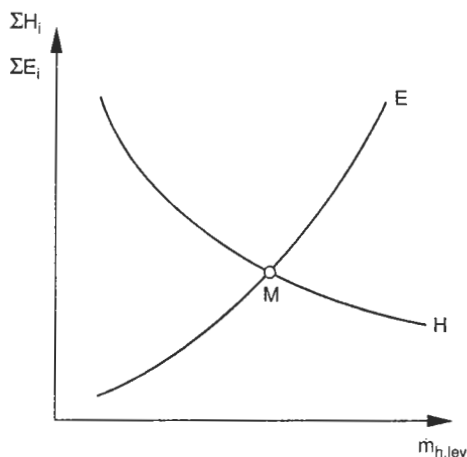
A gyakorlati tapasztalatok alapján akkor mondhatjuk egy kéményről, hogy biztonságosan működik, ha a munkaponthoz tartozó hígítólevegő tömegárama meghaladja a hígítatlan égéstermék tömegáramának 30%-át. Méretezési állapotban mindig a legveszélyesebb körülményeket kell érteni, azaz például egy használati melegvizet előállító, gázüzemű készüléknek  $+32\text{ °C}$  külső léghőmérséklet mellett is biztonsággal kell üzemelnie, tehát az égéstermék maradvékalanul el kell távolítania.

Az OTÉK [18] előírásai szerint minden kémény hő- és áramlástechnikai méretezését, ellenőrzését el kell végezni. Az eddig bemutatott számításokkal *áramlástechnikai szempontok* alapján vizsgáltuk az égéstermék elvezető rendszert.

A *hőtechnikai ellenőrzés* azt jelenti, hogy méretezési állapotban (ebből a szempontból a téli állapot a veszélyesebb) nem fordul elő kondenzáció a kémény belsejében – kivéve a szándékosan kondenzációsra tervezett rendszereket.

30 évvel ezelőtt a hőtechnikai méretezés kritériumaként a kéményszám (ld. a 15.8. számú összefüggést) szolgált. Úgy találták, hogy amennyiben a kéményszám kisebb 0,5-nél, akkor a kéményben nem kell kondenzációra számítani, míg  $0,5 < x < 1$  között várható, és  $x \geq 1$  esetén biztosan lesz kondenzáció.

Ma, a számítógéppel segített kéményméretezések esetében egyszerűen és gyorsan, nem utolsósorban pedig nagyobb biztonsággal határozható meg a kondenzáció valószínűsége.



15.14. ábra. Az égéstermék elvezető rendszer munkapontjának kialakulása

Az alapkritérium szerint akkor kezdődik meg az égéstermék vízgőztartalmának a kicsapódása, ha a kémény belső felületének hőmérséklete ( $t_{f,b}$ ) kisebb a keverék harmatponti hőmérsékleténél ( $t_{kev,h}$ ), azaz

$$t_{f,b} < t_{kev,h} \quad (15.11.)$$

Ahol a kémény belső felületének hőmérséklete a következő összefüggésből határozható meg:

$$t_{f,b} = t_{kev,ki} - \frac{k(t_{kev,ki} - t_{lev})}{\alpha_b} \quad (15.12.)$$

Itt

$t_{kev,ki}$  a kéményből kilépő keverék hőmérséklete [ $^{\circ}\text{C}$ ],

$k$  a kéményfal hőátbocsátási tényezője [ $\text{W/m}^2 \text{ K}$ ],

$t_{lev}$  a külső levegő hőmérséklete [ $^{\circ}\text{C}$ ],

$\alpha_b$  belső hőátadási tényező [ $\text{W/m}^2 \text{ K}$ ].

Ezt a vizsgálatot célszerűen a kémény kilépő síkjában, mint a legveszélyeztetettebb zónában végezzük el.

A bemutatott összefüggésekkel megbízhatóan modellezhető a gáztüzelésű készülékek égéstermék elvezető rendszerének működése stacioner állapotban, de a felfűtési, azaz az instacioner időszakra nem ad információt.

Az alkalmazott

$$\dot{m}_{h,lev} \geq 0,3 \cdot \dot{m}_{ét} \quad (15.13.)$$

előírás felfogható biztonsági tényezőnek is, amelynek értékét a gyakorlat szolgáltatta, ahol:

$\dot{m}_{h,lev}$  az áramlásbiztosítóba lépő levegő tömegáram,

$\dot{m}_{ét}$  az égéstermék tömegárama.

A kéményméretezés elvégzéséhez ezek után már csak a kiinduló adatokra van szükségünk, amelyeket a sztöchiometriai (tüzeléstechnikai) számításokból nyerünk. E számítások blokkdiagramját a **15.15. ábra** mutatja. A gázösszetétel és a légellátási tényező ismeretében meghatározható az égéstermék összetétele, normál állapotú sűrűsége és harmatponti hőmérséklete. A vizsgált gázkészülék névleges hőteljesítménye és hatásfoka a gyártmányismertetőben megadott érték, amelyekkel már a keletkező hígítatlan égéstermék tömegárama számítható [10], [16].



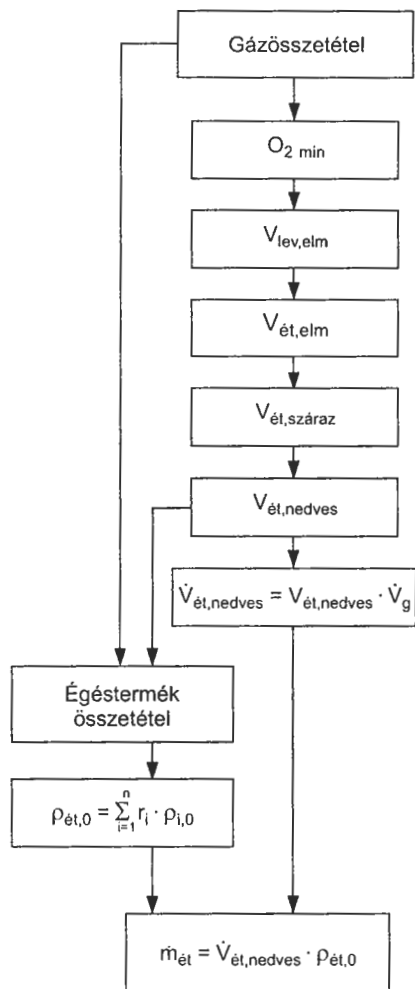
$O_{2,min}$ ,  $V_{lev,elm}$  és  $V_{ét,elm}$  magyarázatáért lapozzunk az „Alapismeretek” kötet „Tüzeléstechnika” c. fejezetében a (10.5.), (10.6.), (10.7.) és (10.8.) számú összefüggésekhez.

Az egységnyi térfogatú tüzelőanyagból keletkező égéstermékot meg kell szoroznunk a  $\dot{V}_g$  gáztérfogatárammal – hasonlóan a (14.12.) összefüggésben bemutatott eljáráshoz –, majd a térfogatáramot a sűrűséggel szorozva kapjuk a tömegáramot. Az égéstermék sűrűségét az egyes összetevők ( $r_i$ ) sűrűségével súlyozott érték adja (lásd még: „Alapismeretek” kötet, „Tüzeléstechnika” c. fejezet (10.10.) összefüggés).

Bizonyos esetekben nehézségbe ütközhet például a hígítatlan égéstermék hőmérsékletének megállapítása, azonban az előzőekben felírt keveredési egyenlet nemcsak hőmérsékletre, hanem széndioxid koncentrációra is felírható:

$$\frac{\dot{m}_{kev} \cdot CO_{2kev}}{\rho_{kev,0}} = \frac{\dot{m}_{ét} \cdot CO_{2ét}}{\rho_{ét,0}} + \frac{\dot{m}_{h,lev} \cdot CO_{2h,lev}}{\rho_{h,lev,0}} \quad (15.14.)$$

ahol az eddigiekben még nem szereplő paraméter a szén-dioxid koncentráció, mégpedig rendre a keveréké, a hígítatlan égésterméké, illetve a hígító levegőé.



15.15. ábra. A sztöchiometriai számítások blokkdiagramja

További ellenőrzési lehetőséget biztosít a füstcsőben vagy a kéményben uralkodó dinamikus nyomás értékének meghatározása. A statikus- és az össznyomás ugyanis mérhető:

$$P_{din} = P_{\ddot{o}} - P_{st} \quad (15.15.)$$

a dinamikus nyomásból pedig számítható a közeg sebessége:

$$w_{kev,köz} = \sqrt{\frac{2 \cdot P_{din}}{\rho_{kev,köz}}} \quad (15.16.)$$

amelyből a térfogatáram, illetve a tömegáram meghatározható:

$$\dot{V}_{kev} = w_{kev,köz} \cdot A \quad (15.17.)$$

illetve

$$\dot{m}_{kev} = \dot{V}_{kev} \cdot \rho_{kev,köz} \quad (15.18.)$$

#### 15.4. Kéménykorrózió és a megoldási lehetőségek

Az égéstermék elvezető rendszerek üzemeltetésével kapcsolatos problémák a szénhidrogén-tüzelés széleskörű elterjedésével egyenes arányban növekedtek. Ennek oka kettős. Először is a szilárd tüzelésről a szénhidrogén tüzelésre való átálláskor általában csak a hőteljesítmény állandóságára figyeltek és nem gondoltak arra, hogy a jól szabályozható és nagyobb fűtőértékű gáztüzelés készülékeihez kisebb keresztmetszetű kémény is elegendő, tehát az eredeti kémény túlméretezett lesz. Másodsor pedig tudvalévően a szénhidrogének hidrogéntartalma vízgőzzé ég el, ezért az égéstermék harmatpontja lényegesen magasabb a szilárd tüzelés csaknem száraznak tekinthető égéstermékének harmatponti hőmérsékleténél.

A két tüzelési mód összehasonlítását táblázatos formában (15.1. táblázat) mutatjuk be. A légellátási tényező, az égéstermék tömegárama, és az adott keresztmetszetű kéményben kialakuló sebesség mértéke természetesen összefügg. A szénhidrogének és ezen belül is az éghető gázok előkészítése során az égési levegővel való keveredés könnyen és kis légfelesleggel biztosítható. Ezzel elérhető, hogy az elméletileg szükséges levegőmennyiségnél csak 20–40%-kal többet kell a tüztérbe juttatnunk, azaz a légellátási tényező egy atmoszférikus égőjű gázkészüléknél  $\lambda = 1,2\text{--}1,4$  között alakul. A szilárd tüzelésnél nem ritka a  $\lambda = 5\text{--}6$  közötti érték sem.

A szilárd és a szénhidrogén-tüzelés jellemzőinek összehasonlítása

15.1. táblázat

	Szilárd tüzelőanyag	Szénhidrogén tüzelőanyag
Légellátási tényező	$\lambda_{szi} > \lambda_{szénh.}$	
Fűtőérték	$H_{a,szi} < H_{a,szénh.}$	
Égéstermék tömegáram	$\dot{m}_{ét,szi} > \dot{m}_{ét,szénh.}$	
Égéstermék sebesség azonos keresztmetszetű kéményben	$w_{szi} > w_{szénh.}$	
A kazánból kilépő égéstermék hőmérséklete	időben változó	időben változó
A kéményméretezés alapösszefüggése	$H = E + Z$	$H = E$
Harmatponti hőmérséklet	$t_{h,szi} < t_{h,szénh.}$	

A légellátási tényező alacsonyabb értéke már önmagában is kisebb égéstermék tömegáramot jelent, azonban egy adott hőterhelésű berendezés esetén ezt még tovább csökkenti a fűtőértékek és a tüzeléstechnikai hatásfokok közötti különbség.

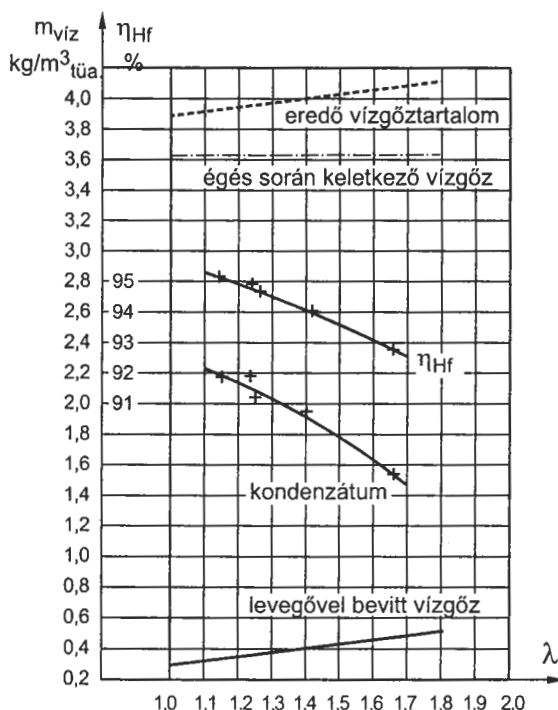
A vizsgált kazánból kilépő égéstermék hőmérséklete szénhidrogén tüzelésnél időben állandó, míg szilárd tüzelőanyag esetén időben változó, amit a kémény méretezésénél szintén figyelembe kell venni.

Jelenős különbség adódik még a huzat felhasználhatóságának kérdésében is, mivel a szilárd tüzelőanyaggal működő berendezéseknél az égési levegő tüztérbe juttatására, azaz a készülék-ellenállás legyőzésére is a kémény által biztosított huzat szolgál, míg az atmoszférikus gázkészülékek működtetésekor a huzatnak csak az égéstermék elvezető rendszer ellenállását kell fedeznie.

A hagyományos téglakémények biztonságos működésének esélyei a kazánok hatásfokának javulásával tovább romlottak. A gondot alapvetően az okozza, hogy a szénhidrogén tüzelőanyagok hidrogéntartalma vízgőzzé ég el, aminek következtében nő az égéstermék harmatponti hőmérséklete. Ha figyelembe vesszük a kilépő égésterméknek a hatásfokjavulás következtében jelentkező hőmérsékletcsökkenését, akkor látható a kéményen belüli kondenzáció veszélyének növekedése [3], [4], [8].

Tudnunk kell, hogy a kazánból kilépő, 40–45 °C hőmérsékletű égéstermék vízgőzzel telített állapotú, ezért a kéményben a lehűlés következtében további kondenzációra kell számítani.

A 15.16. ábrán a BME I. Épületgépészeti Tanszékén egy C12 típusú, (propán-bután gázzal üzemeltetett) falikazán kondenzációs hőcserélővel kiegészített változatával végzett kísérlet során összegyűjtött kondenzátum mennyiségét és a berendezés égéshőre vonatkoztatott hatásfokát láthatjuk a légellátási tényező függvényében. A diagramból az is kiderül, hogy mindeközben az égéstermékben lévő vízmennyiségnek csak kb. a fele kondenzálódott.

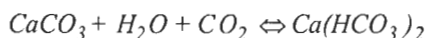


15.16. ábra. Az égéstermék vízgőztartalma, a kondenzátum tömege és a berendezés hatásfoka a légellátási tényező függvényében

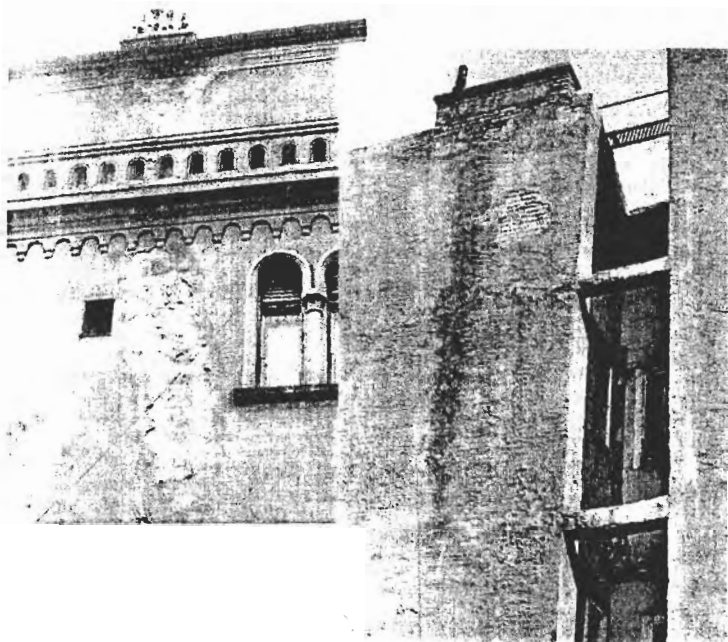
Milyen esetben okozhat problémát a kéményben a kondenzáció?

A kondenzáció akkor kezdődik, ha a kémény belsőfali hőmérséklete kisebb, mint az égéstermék harmatponti hőmérséklete. Amennyiben a kémény belső felülete nedvességre érzéketlen, akkor „csak” a kondenzátum összegyűjtéséről, esetleges semlegesítéséről, majd elvezetéséről kell gondoskodnunk. Ilyen esetben a kondenzáció semmilyen problémát nem jelent.

Hagyományos, falazott kéményeknél azonban mind a vakolat, mind a falazat erősen nedvesszívó (higroszkópos). A falazatba szívódott savas kondenzátum reakcióba lép a vakolat mésztartalmával, leköti azt (vízben oldható kalcium hidrokarbonát formájában kioldja) az alábbi reakcióegyenlet szerint:



és a kötőanyag nélkül maradt téglakémény beomlik. A kondenzáció megjelenését az épületen szemléletesen mutatja a 15.17. ábra.



15.17. ábra. Állagromlott homlokzati és tűzfali kémény

#### 15.4.1. A kéménykorrózió folyamata

A kondenzáció a harmatponti hőmérséklet alatti felületeken kezdődik meg. A kicsapódott vízgőz megnöveli a kémény belső felületén a hőátadási tényezőt, valamint a falazatba szívódott folyadék következtében nő a hővezetési tényező is. A kémény külső felületét körülvevő tér közelítőleg korlátlanul képes felvenni a falazaton átdiffundálódott vízmennyiséget, ez a fizikai hatás szinte szívja a falazatba a kondenzátumot, és emiatt az úgynevezett kondenzációs zóna (ahol a kicsapódás folyamatos) egyre alacsonyabbra vándorolna. Ezzel ellentétes hatású a folyamatos tüzelés, valamint a falazat fokozatos melegedése, aminek következtében a telítetlen állapotú égéstermékbe visszapárollog a felületen lévő kondenzátum. Az így fokozatosan telítődő égéstermékéből a felfelé áramlás közben újra megkezdődhet a kondenzáció – így a kondenzációs zóna felfelé vándorolna. A zóna tényleges mozgását a már említett két jelenség egymásra hatása befolyásolja. Amennyiben a rövid időtartamú felfűtés után a zóna kilép a kéményből, azaz a stacioner állapotban nem kell számítanunk lecsapódásra, akkor a kémény kiszárad és az igénybevétele jószerével csak fizikai (nedvesedés-száradás) jellegű, míg ellenkező esetben a már említett vegyi folyamatokra és ezek romboló hatására is készülni kell. Arra a kérdésre, hogy egy adott szituációban mi történik, a választ a kéményméretezés adhatja meg [3], [6].

### 15.4.2. A kémény-állagromlás elkerülése

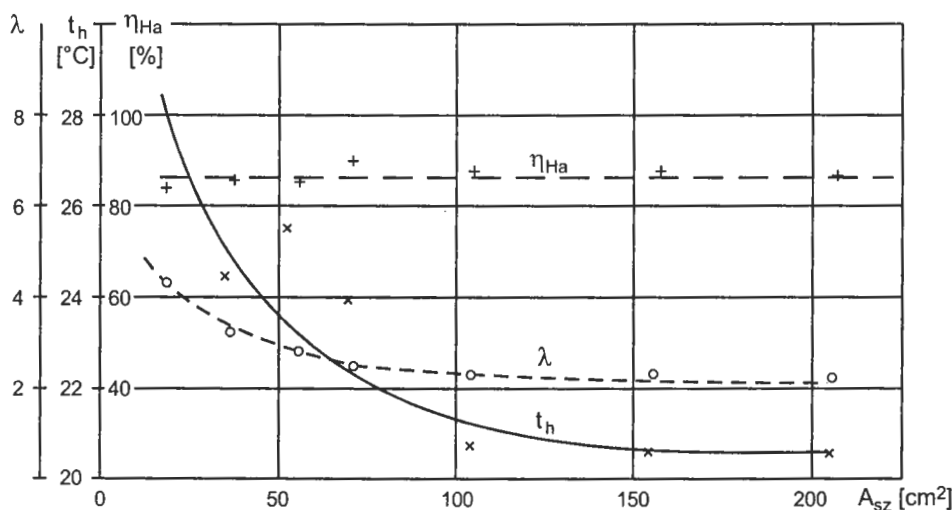
A kéménykorrózió elméletéből kiindulva a lehetséges megoldásokat két csoportra oszthatjuk:

- vagy a kondenzáció bekövetkezését kell megakadályozni,
- vagy azt elfogadva a kémény belső felületét kell nedvességzáróvá, korrózióval szemben érzéketlenné tenni.

### A kondenzáció megakadályozása

A kondenzáció bekövetkezésének valószínűsége a kéményen belüli felületi hőmérséklet és a harmatponti hőmérséklet ismeretében egyértelműen meghatározható. Kézenfekvő tehát a megakadályozás módszere is, azaz el kell kerülni az égéstermék olyan mértékű lehűlését, hogy ez elérje, illetve átlépje a harmatponti hőmérsékletet.

A harmatponti hőmérséklet egy adott tüzelőanyag esetén annak hidrogéntartalmától, az égési levegő relatív nedvességtartalmától, a légellátási tényezőtől és az égéstermék levegővel történő hígításától, illetőleg ennek mértékétől függ. A harmatponti hőmérséklet az első két értékkel egyenesen arányos, míg a másik két tényezővel fordított arányban változik. Szemléltetésül a **15.18. ábrán** a harmatponti hőmérséklet, a légellátási tényező és a hatásfok alakulása látható, az áramlásbiztosító szabad keresztmetszetének a függvényében [12], [19].



15.18. ábra. A harmatponti hőmérséklet ( $t_h$ ), a légellátási tényező ( $\lambda$ ) és a hatásfok ( $\eta_{Ha}$ ) alakulása az áramlásbiztosító szabad keresztmetszetének a függvényében

A kondenzáció tehát elkerülhető:

- az égéstermék kéménybe belépő hőmérsékletének növelésével,
- az égéstermék elvezető rendszer hőszigetelésével,
- a kémény fűtésével,
- az égéstermék sebességének növelésével és
- az égéstermék hígításával.

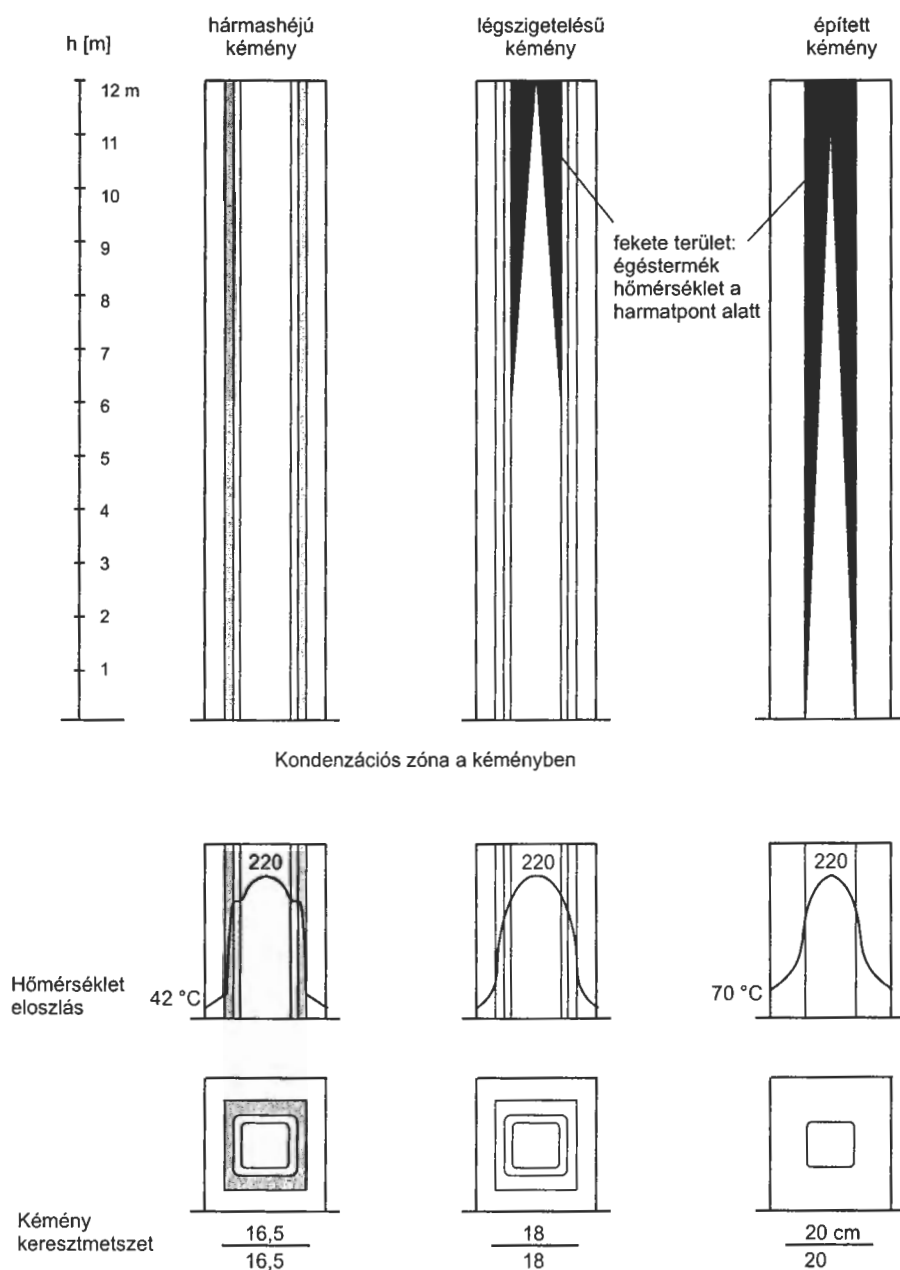
Az égéstermék hőmérsékletének növelése általában azért nem kívánatos, mert az égéstermékkel távozó hőmennyiség veszteség, tehát romlik a rendszer hatásfoka. A módszer esetleges alkalmazásáról például gazdaságossági számítás alapján dönthetünk, ugyanis előfordulhat, hogy egy időben behatárolt periódusú, rosszabb hatásfokú üzemeltetés olcsóbb, mint egy azonnali leállás a béléls idejére.

A hagyományos téglakéményekben az égéstermék hővesztesége az adott kéménykürtő mellett elhelyezkedő, esetleg üzemszüneti periódusban lévő, vagy tartalék kémény felé jelentős lehet, mivel a kürtők közötti válaszfal csak 12 cm vastag. Jó megoldást jelenthet a korábbi szilárd tüzelésről szénhidrogén tüzelésre való áttéréskor, ha az amúgy is túlméretezett kéménykürtő átmérőjét hőszigetelő anyaggal csökkentik. Ezzel a módszerrel ugyanis a közeg áramlási sebessége is megnő, miközben a jobban hőszigetelt kéményben kisebb lesz a hővesztesége, azaz a hőmérséklet csökkenése (15.19. ábra).

A kémény fűtésével is csökkenthető az égéstermék lehűlése, illetve üzemszüneti időben kiszáradhat az a falazat, amely a felfűtési szakaszban jelentkező kondenzátumtól vált nedvessé. Esetleges alkalmazásáról szintén gazdaságossági számítások alapján célszerű dönteni, hiszen a kémény fűtésére használt energia veszteség, aminek vállalása csak egy nagyobb kár elkerülése esetén indokolt.

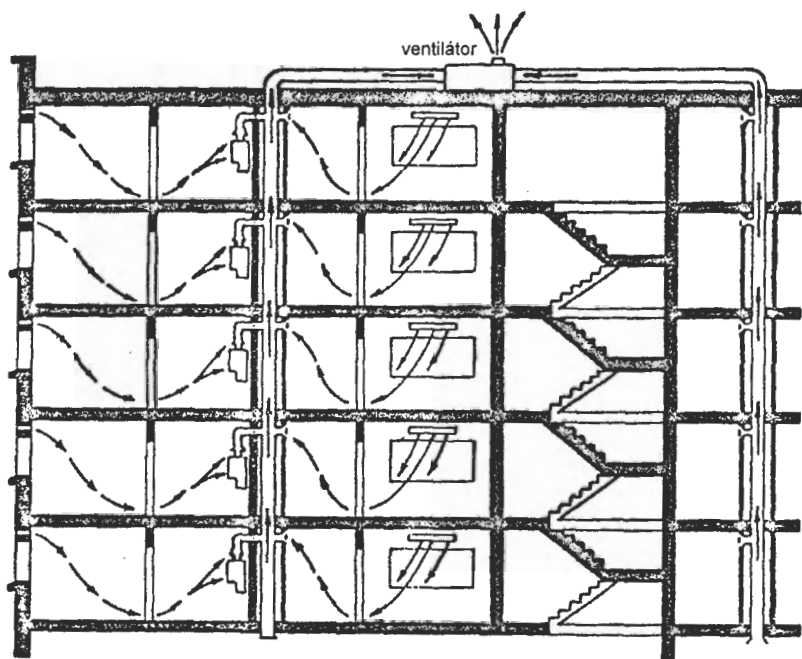
Az égéstermék sebességének növelése a keresztmetszet csökkentésével érhető el (amiről már szóltunk), azonban gravitációs égéstermék elvezetés esetén ennek az átmérő csökkentésnek határt szab a rendelkezésre álló huzat mértéke. Mesterséges égéstermék elvezetés esetén ilyen határ nincs, azonban a túl nagy áramlási sebességhez már olyan zaj értékek tartoznak, amelyek egy lakóépületben elfogadhatatlanok. Nincs is szükség ilyen keresztmetszet csökkentésre abban az esetben, ha a ventilátoros égéstermék elvezetést kombináljuk az épület szellőztetésével, hiszen így nő a szállított tömegáram és ezért a sebesség, valamint a szellőző levegő bekeveredése következtében csökken a közeg harmatponti hőmérséklete is. (15.20. ábra).

Gravitációs égéstermék elvezetésnél a hígítást a kéménybe kötött atmoszférikus gázkészülékek kötelező tartozéka, a huzatmegszakító biztosítja.



15.19. ábra. A kondenzációs zóna helye és a hőmérséklet-eloszlás különböző típusú kémények esetén





15.20. ábra. Szellőztetéssel kapcsolott égéstermék-elvezetés

### Korrózióálló belső felület

A jó hatásfokú, modern tüzelőberendezések megfelelő üzemeltetéséhez hozzátartozik, hogy a kémény kielégítse a vele szemben támasztott követelményeket, azaz biztonsággal kell elvezetni a kishőmérsékletű, esetleg vízgőzzel telített állapotú égéstermékét. Ez a biztonság nemcsak azt jelenti, hogy nem kell számítanunk visszaáramlásra, de a kémény állagát sem veszélyeztetheti az agresszív kondenzátum.

A fejlesztések során a nehézséget elsősorban az okozta, hogy pl. egy kondenzációs üzemű kazán égéstermék elvezető rendszerében ugyan nem kell számítanunk 100 °C feletti hőmérsékletre, azonban előfordulhatnak olyan üzemeltetési időszakok, amikor nincs kondenzáció, és a hőmérséklet elérheti a 150–200 °C-t is. Tehát a kémény belső felületének egyidőben kell hőállónak, nedvességre érzéketlennek, valamint sav- és lúgállóknak lennie. Amennyiben a tüzelőberendezés égéstermék kibocsátó csomópontján túlnyomás mérhető, akkor az eddigieken túl még a légtömör kivitelről is gondoskodni kell.

Az elmúlt évtizedekben nagyon sokféle megoldással kísérleteztek a különböző bélés-estektől és csövektől a vízzáró habarcsok, vakolatokon keresztül a műanyagok felhasználásáig. A legtöbb javaslatot azért nem kísérte siker, mert a megfogalmazott elvárásoknak hosszú

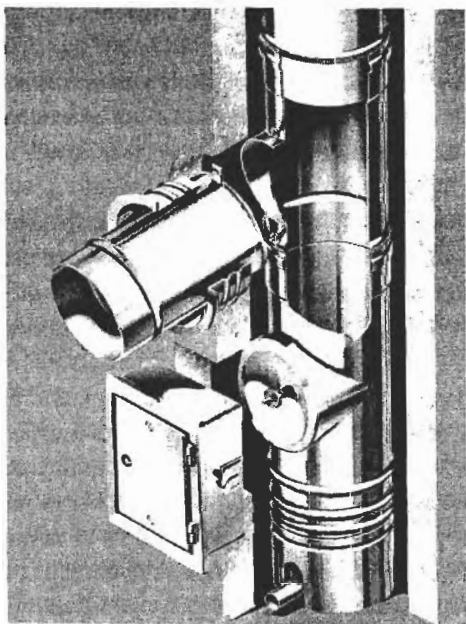
időn át kell megfelelni, mégpedig garantált módon. Új rendszer kialakításakor ez a megfelelés egyszerűbb, mivel kevesebb a korlátozó feltétel, mint meglévő épületek, meglévő kémények esetén.

A korrózióálló habarcsok és vakolatok azért nem hoztak sikert, mert a felhordás bizonytalanságán túl nem tudták biztosítani a már használt kémény belső felületéhez való tartós tapadást. Ennek okai elsősorban a vakolatba, illetve a falazatba szívódott korom és kátrányszármazékok voltak, amelyeket még vegyszeres kezeléssel sem sikerült elegendő mértékben eltávolítani. Más esetben az eredeti vakolat és a falazat közötti tapadás gyengesége és a korrózióálló bevonat eltérő hőtágulási tulajdonsága következtében nagy darabokban váltak le a felületről.

Összefoglalva megállapítható, hogy csak azok a megoldások jöhetnek szóba, melyek önhordó bélést hoznak létre a kéményen belül, azaz az eredeti kéménytől úgymond „függetlenül” védik meg a szerkezetet, ezek

- a béléstestek és
- a béléscsövek.

A **béléstestek** anyaga üveg, kerámia vagy samott, esetleg belső védőmázzal ellátott beton egyaránt lehet. Meglévő kémények esetén csak akkor alkalmazhatók, ha a kémény elhúzásmentes és belső keresztmetszete elegendően nagy a béléstestek elhelyezhetőségéhez, beépíthetőségéhez. Elterjedésüket a már említett nehézségek és a megoldás bizonytalansága akadályozzák.



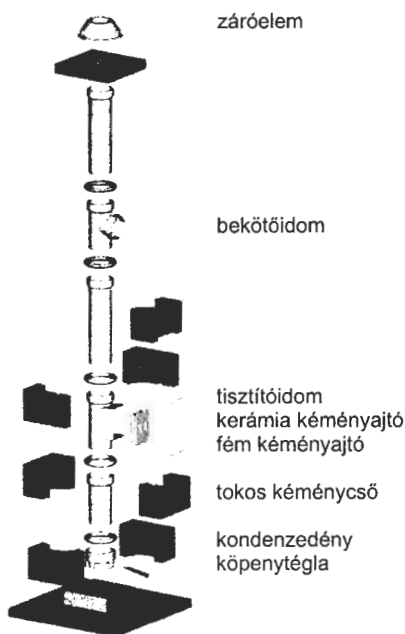
15.21. ábra. Koracél égéstermék elvezető rendszer (Vogel és Noot)

A **béléscsövek** anyaga saválló acél, üveg, kerámia, beton, samott vagy műanyag, egyes esetekben alumínium lehet.

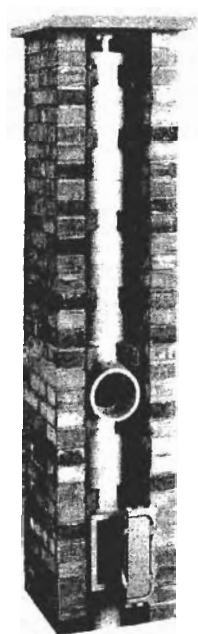
A saválló acél korábban flexibilis változatban is használatos volt, azonban a gyakorlati tapasztalatok figyelembe vételével (gyakori volt a korróziós illetve a mechanikai sérülés) jelenleg a 0,6...1,0 mm vastag lemezből készült merev csövet használják a leggyakrabban. (15.21. ábra). Bármely tüzelőanyaghoz megfelel, hosszú távon biztonságos megoldást jelent. Hátránya, hogy utólag, bontás nélkül csak egyenes kéménybe építhető.

Az üveg béléscsövek elsősorban sérülékenységük miatt nem terjedtek el.

A kerámia béléscsövek hosszútávra garantált megoldást jelentenek bármely tüzelőanyag esetén. Jó hőszigetelő tulajdonságuk, valamint a belső védőmáz biztosítja a



15.22. ábra. Kerámia bélésűcsöves kémény (PKK)



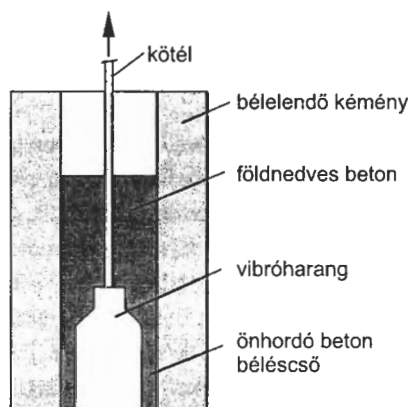
15.23. ábra. Samott bélésűcsővel épített kémény (Schiedel)

korrozíómentes üzemeltetést. Hátrányuk az, hogy sérülékenyek, illetve, hogy utólag csak elhúzásmentes kéménybe építhetők (15.22. ábra).

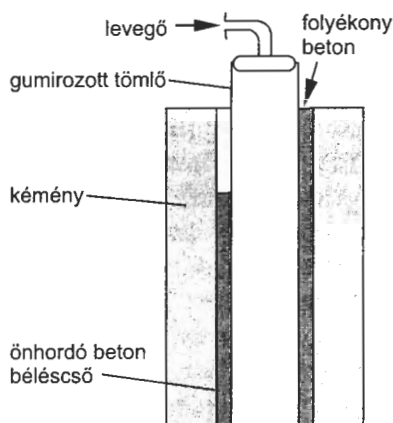
A samottból készült bélésűcsövek (15.23. ábra) viselkedése megközelíti a kerámia csövekét, bár nem alkalmaznak belső védőmaáz, a csövek gyártástechnológiája következtében olyan tömörséget érnek el, hogy folyadék felvételük minimális. Alkalmazási területük és hátrányuk is azonos a kerámia bélésűcsövekével.

A beton bélésűcsöveknél külön kell szólnunk a kerámia, illetve samott csövekhez hasonló tokos szerelésű, előregyártott csövekről és a monolit, önhordó betonbélélésekről. Az előregyártott beton bélésűcsövek mind hőszigetelési tulajdonságaikban, mind nedvesség érzéketlenségükben elmaradnak a kerámia és samott csövektől, a beépítési nehézségek azonban meg-egyeznek [6].

A meglévő kémények javításánál használt monolit eljárásokról részletesebben kell szólnunk. Az AHRENS és az ASAN eljárás is önhordó beton bélésűcsövet hoz létre a meglévő kéményen belül úgy, hogy a meglévő kéményt tulajdonképpen a betonozás egyik zsalujának tekinti, így nincs jelentősége az alkalmazott hőszigetelő-beton és a meglévő kéményfal közötti tapadásnak, mivel az önhordó tulajdonságot a kialakuló, megközelítően 10 mm-es falvastagság biztosítja. A két eljárás közötti különbség a zsaluzat másik felénél található, ugyanis az AHRENS technológiánál a bélélendő kémény alján, a tisztító ajtón keresztül helyezik be azt a vibrátoros, kalibrált fémharangot, amelyre felülről adagolják a földnedves hőszigetelő betont, miközben a harangot felfelé húzzák (15.24. ábra). Az így kialakított



15.24. ábra. Az AHRENS eljárás lényege



15.25. ábra. ASAN eljárás

béléscső minden tüzelőanyaghoz használható, azonban gáztüzelés esetén ajánlatos a belső felület védelméről egy hő- és saválló, üvegszerű mázzal gondoskodni.

Az ASAN technológiával készülő béléscső elkészítéséhez egy kalibrált, gumirozott textil-tömlőt használnak, amelyet a behúzást követően kb. 2 bar nyomással felfújnak, majd a tömlő és az eredeti kémény közötti teret kompresszor segítségével folyékony állapotú hőszigetelő betonnal töltik ki (15.25. ábra). A beton megkötése után ugyanúgy, mint az előző megoldásnál, ajánlatos védőmázzal gondoskodni a beton béléscső védelméről. Az AHRENS béléshez képest, ennek a megoldásnak további előnye, hogy a folyékony beton a kémény repedéseibe is bejut, és ezért növeli a kéménypillér állékonyságát.

Természetesen mindkét módszernél csak a korróziós állagromlást szenvedett kéményfej, illetve a tetőn kívüli vagy padlástéri kémény szakasz átépítése után kezdődhet meg a kémények bélelése. Mindkét módszer alkalmazása során figyelni kell arra is, hogy az azonos kéménypillérben lévő (esetlegesen átszakadt) kürtők bélelését egyidőben el kell végezni, különben az átszakadáson keresztül a másik kürtőt is feltöltenénk. Az elhúzásos kéményszakaszoknál ügyelni kell a minimális falvastagság kialakítására, ellenkező esetben ugyanis az elhúzásban lévő kisebb falvastagságú béléscső „önhordása” veszélybe kerülhet, a béléscső a kémény tisztításakor megsérülhet.

Az eddigiekben bemutatott bélelési eljárásokhoz képest a továbbiak csak korlátozottan használhatóak. A műanyagból készülő béléscsőket elsősorban gáztüzeléshez, egy részüket ezen belül is főleg kondenzációs, vagy más néven égéshőkazánokhoz fejlesztették ki. Ma már majdnem minden kazángyártó kínál olyan égéstermék elvezető csövet, amely a berendezéséhez illeszkedően, esetenként csak 80–120 °C-ig hőálló, viszont a készülékben lévő biztonsági hőmérsékletkorlátozó – veszély esetén – már ezt megelőzően letiltja a gázégőt. A gyártók által javasolt béléscsővek általában könnyen behúzhatók a meglévő kéménybe, amelyben biztosítják az égéstermék – légtömör csövön keresztüli – szabadba vezetését, miközben a béléscső

és a kémény közötti keresztmetszeten át juthat a készülékbe az égési levegő. Így alakítható át a meglévő – esetleg tömörtelen – gravitációs kémény a jelenleg legkorszerűbb, zárt égéstermék elvezető rendszerre.

Az üvegszál erősítésű műgyanta kémény bélésű szilárd és flexibilis változatban készül. A FURÁNFIX típus beépítési technológiája megegyezik a többi, tokos rendszerű (fém, kerámia stb.) megoldásával, azonban ez a cső csak olyan gáztüzeléshez használható, ahol az égéstermék elvezető rendszerben nincs túlnyomás. A cső anyaga rossz hővezető, így a 2-3 mm-es falvastagság gyors felfűthetőséget tesz lehetővé. Meglévő, elhúzásos kéménybe a flexibilis változat beépítése javasolható, mely esetben a bélésű cső a tisztítóajtótól a kémény kitorkollásig egy darabból áll, puha (térhálósodás előtti) állapotban húzzák be a kéménybe, ahol a felfűtés után hőkezelik. Így igény szerint akár négyzet alakú bélésű cső is készülhet (15.26. ábra) a kéményen belül, és a bélésű cső a műanyagokra jellemző módon maximális sav- és lúgálló tulajdonságú, az adalékanyagok következtében pedig 350 °C-ig hőálló is. Hátránya, hogy csak gáztüzeléshez használható.



15.26. ábra Üvegszálerősítésű műgyanta bélésű cső alkalmazása

Régebben alumínium anyagú bélésű csöveket is használtak gázkémények javításához, azonban kiderült, hogy az általában alkalmazott összetételű alumínium sem a kondenzátum savas kémhatásának, sem a nedves vakolat lúgos kémhatásának sem képes hosszú távon ellenállni. Az utólagos kéménybéléshez használt vékony falú gégecső korcolása pedig a behúzással jár, esetenként nagyobb mechanikai igénybevétel hatására gyakran megnyílt, így tömörségét és nedvességzáró tulajdonságát is elveszítve alkalmatlanná vált a kémény védelmére. A hátrányos tulajdonságok következtében ma már ritkábban használják kémény bélésére. A vastagfalú változat kéményjavításra és szerelt kémények belső csöveként is használható, atmoszférikus gáztüzelésű berendezésekhez. Beépítésükre a tokos rendszereknél megismert technológia vonatkozik.

Ez utóbbi csoportba tartozó valamennyi megoldás alkalmazására igaz, hogy a keletkezett – és a kémény alján összegyűjtött – kondenzátum szervezett elvezetéséről, eltávolításáról gondoskodni kell. Holland vizsgálati eredmények szerint a háztartási szennyvízhez kevert kondenzátum nappal egyáltalán nem változtatta meg a szennyvíz pH értékét. Éjszaka ugyan csökkent a pH, de ilyenkor is lúgos maradt. Ugyanekkor megvizsgálták az esővíz összetételét is, ami nagyfokú hasonlóságot mutatott a kondenzációs kazánokból származó kondenzátum összetételével. A közcsatornába vezetett szennyvizek tulajdonságaival szemben támasztott követelmények szerint az erősen savas vagy lúgos szennyvizeket semlegesíteni kell, ennek megfelelően nagyobb mennyiségű kondenzátum keletkezése esetén gondoskodni kell a kondenzátum kezeléséről, semlegesítéséről (általában több száz kW-os kazánoknál a semlegesítő berendezés már gyári tartozék) [8].

## 15.5. Az égéstermék elvezető rendszer minősítése, kéménydiagnosztika

### 15.5.1. A kéményvizsgálatok célja és módszere

A kötelező kéményseprő-ipari közszolgáltatásról szóló 27/1996. (X. 30.) BM rendelet és az ezt módosító 51/1999. (XII. 25.) BM rendelet együttesen intézkedik a közszolgáltatásról és annak kötelező igénybevételeéről.

A kéménynek a tüzelőberendezéssel, sőt a légellátással is – mint ahogy már erről részletesen szoltunk – összehangolt rendszert kell képeznie, különben a tüzelőberendezés nem üzemeltethető megfelelően. A nem megfelelő összhang problémákhoz, meghibásodásokhoz, sőt gyakran balesetekhez vezet.

A kéményseprők legfontosabb tevékenységei:

- Tanácsadás a tüzelőanyag és a fűtési rendszer megválasztásánál.
- Szakvéleményezés a kémények felújítása, korszerűsítése vagy átépítése esetén – a korszerű, gazdaságos és környezetkímélő megoldás megvalósíthatóságához.
- Új kémények létesítésénél az építkezés előtt a benyújtott tervdokumentáció felülvizsgálatával segítik az előírások betartását és a biztonságos üzemeltethetőséget. Az építkezés közbeni ellenőrzéssel még „eltakarás előtt” felfedhetők a kivitelezési hiányosságok. Az építkezés utánra már csak a biztonságos működés ellenőrzése, ill. a használatba vételi engedélyezési eljáráshoz szükséges kéményseprő szakvélemény kiállítása maradt.
- A meglévő kémények rendszeres tisztítása biztosítja az átjárhatóságot és a megbízható működést.
- Az üzemeltetés biztonságához szükséges a kémények időszakos ellenőrzése, amikor a kéményseprő szemrevételezéssel és műszeres vizsgálattal győződik meg a megfelelő üzemeltethetőségről.

Négyévenként az épületek teljes kéményállományát műszaki felülvizsgálatnak vetik alá annak érdekében, hogy az építésrendészeti, illetőleg a megelőző tűzvédelmi beavatkozások az állag figyelembevételével előre tervezhetők legyenek [2].

A nem kötelező munkák körében, az utóbbi időkben (külön megrendelésre) elvégzik a tüzelőberendezések méréses ellenőrzését, sőt tüzeléstechnikai beszabályozását is, elősegítve ezzel a gazdaságos működtethetőséget. Fontos tudni, hogy jogszabályváltozás következtében a készülékek megfelelő, biztonságos állapotban tartásáról az üzemeltetőnek kell gondoskodnia, tehát ez az ő felelőssége.

### **15.5.2. A kéményvizsgálat technológiája**

A kéményvizsgálatok módszerei, technológiája és eszközei elsősorban az adott vizsgálat céljától, másodsorban a megrendelő igényétől függenek. Megállapítható azonban, hogy a korábbi időkben általánosan alkalmazott szemrevételezéstől egyre inkább az objektívebb műszeres ellenőrzés irányába tolódnak el.

#### **A kémények átjárhatóságának vizsgálata**

A kémények és füstcsatornák belső keresztmetszetének folyamatos méretazonossága elsősorban áramlástechnikai követelmény. Az előírások a folytonos méretváltozást (kúpos kialakítás) sem engedélyezik. A kémény átjárhatósága a körkörös golyóskészülékkel, a kettős rugós-apparátussal vagy próbaidommal ellenőrizhető. Az esetleges dugulás pontos helyének meghatározását könnyíti meg az adóvevő felhasználásával létrehozott ún. dugulásjelző készülék.

A kéménykeresztmetszet méretét ez idáig csak a koromzsák ajtónál, a bekötésnél és a kéményfejnél lehetett megállapítani. Jelenleg azonban már létezik olyan berendezés, amely négy alkotó mentén a teljes kürtőhosszban adja meg a belső keresztmetszet alakulását. Ez a berendezés jelentősen megkönnyíti például a kéményt bélelők munkáját is.

#### **A kémények tömörségének vizsgálata**

A kémények tömörségén a kéményfalazat légzárókéességét értjük az égéstermék elvezetésekor fellépő legnagyobb nyomáskülönbség esetén. A szabványban rögzített paramétereket könyvünk 14. fejezetében ismertettük.

Ezek az értékek a meglévő és a jelenleg épített kéményekre is betarthatók. Egyértelmű, hogy falazott háztartási kémény tömörsége ennél nagyobb nyomáskülönbség felett nem lehet követelmény, ugyanis a kéményfal szerkezete és a falazás technológiája ezt nem teszi lehetővé.

A kémények tömörségének vizsgálatára kétféle módszer ismeretes:

- az ún. füstpatronos vizsgálat és
- a ventilátoros berendezéssel végzett nyomáspróba.

A füstpatronos vizsgálatnál a jelzőfüstöt régebben porlasztós készülékkel, napjainkban füstpatronnal állítják elő. A kézi, légsűrítő, petróleum vagy gázolaj üzemű készülék egyszerű, megbízható, azonban hőhatása jelentős.

A füstpatron a gyufa lángjára begyullad és sűrű füstöt ad. Előnye a könnyű használhatóság és a kisebb hőtartalom, így bélelt kéményeknél is alkalmazható.

A ventilátoros berendezéssel végzett nyomáspróba megvalósításához a vizsgált kéményszakaszt hermetikusan le kell zárni, például az erre célra kifejlesztett felfújható labdacokkal. Ezután a szabványban rögzített vizsgáló nyomáskülönbség megtartása közben kell mérni (pl. mérőperemmel) azt a levegőmennyiséget, mely a meglévő tömörtelenségeken, esetleges lyukakon keresztül történő távozása miatt a berendezéssel pótlendő. A kapott eredményt a tömörtelenség megengedett értékével összehasonlítva minősíthető a vizsgált kémény, illetve kéményszakasz tömörsége. A leírásból is látható, hogy ez utóbbi eljárás lényegesen egzaktabb, hiszen nemcsak az „abszolút” tömörség állapítható meg vele, hanem például gyújtókémény esetén még a megengedhetetlen tömörtelenség helye is kiszakaszolható.

### **A kémény nyomvonalának vizsgálata**

A dugulásjelző készülék alkalmas a kémény és a füstcsatorna nyomvonalának meghatározására is. Elsősorban belső átalakítási munkálatoknál, lakótéri légszennyezési panaszoknál, belső szerelési munkálatoknál fontos a nyomvonal pontos meghatározása. Az eljárás lényege, hogy a lassan leengedett adókészüléket a helyiségekben a vevőkészülékkel nyomon követhetjük így a nyomvonal bejelöléséhez szükséges méretek felvehetők; a kéménykürtők nyomvonalrajza elkészíthető. A nyomvonalrajz és ennek adatbázis a tervezés és a kivitelezés során nélkülözhetetlen segítség.

### **A kémény teljesítőképességének vizsgálata**

A kémény teljesítőképességén azt a műszaki paraméterekkel behatárolható teljesítményt értjük, amely az időegység alatt elszállított égéstermék mennyiségben fejezhető ki. Ezt a mennyiséget a kémény geometriai méretei, ellenállásviszonyai (alaki és súrlódási), hőszigeteltsége, a kéményt körülvevő környezet (topográfiai viszonyok), valamint a meteorológiai tényezők együttes hatása alapján kialakult összetevők együttesen határozzák meg. A teljesítőképesség ismeretében születethet döntés a kéménybe köthető tüzelőberendezések számáról (illetve teljesítményéről és darabszámáról).



A korszerű vizsgálatok elvégezhetők:

- méretezés útján: a kéményméretezés alapösszefüggésébe a meglévő kémény adatait helyettesítve ellenőrizhető az adott kémény teljesítőképessége, vagy
- mérés útján: a meglévő kémény szállítóképességét lehet mérni és ez alapján ellenőrizhető a kémény teljesítőképessége.

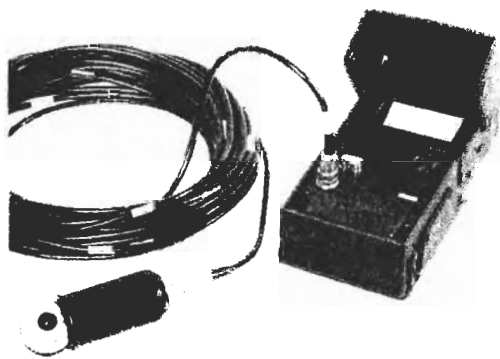
### Kéményvizsgálat ipari televízióval és üvegszáloptikával

Az eddig ismertetett kéményvizsgálati módszerek a kéményjárat, vagy a füstcsatorna belső keresztmetszetét képszerűen nem tudják bemutatni, így a szűkület vagy a dugulás jellege csak bontás után állapítható meg [2].

A belső felület kialakítása, érdessége, a bekötőnyílások kiképzése szintén nem látható a falazat megbontása nélkül. Az átfogó kéménydiagnosztika megvalósításának feltétele, hogy olyan berendezéssel rendelkezünk, amely a kéményjárat egész hosszában megvalósítja a belső felület láthatóságát. A hazai gyakorlatban az ipari televíziós és az endoszkópos (üvegszáloptika) módszereket alkalmazzák.

Az endoszkópos berendezés az üvegszál hosszának függvényében, de legfeljebb 3,0 m hosszú szakaszokból összeálló képet képes adni, az ipari televízió több tízméteres kábele nagyobb lehetőséget ad. Általában képmagnó kazettán is megőrzi a felvételt. A vizsgálat szakember és felszereltségi igénye magas követelményeket támaszt.

A műszaki színvonal fejlődésével egyre bonyolultabb műveletek is végrehajthatók, pl. forgatható fejű kamerával (15. 27. ábra) az átszakadás pontos helyén kívül a túl mérete is becsülhető, illetve a szükséges beavatkozás jobban tervezhető. Nagy előny még, hogy a fejlődés következtében a vizsgálat költsége egyre csökken, így egyre gyakrabban is alkalmazzák.



15.27. ábra. Forgatható fejű kéményvizsgáló kamera

### 15.5.3. Az égéstermék-elvezető rendszer minősítése

Az égéstermék-elvezető rendszer vizsgálata és minősítése *három*, egymáshoz kapcsolódó munkafázisra bontható.

**Előkészítés:** az előzmények feltárása, ami kiterjed az azonosításra, a korábbi szakvélemények, adatok tanulmányozására, a kémény és a gázfogyasztó készülék jellemzőinek meg-

ismerésére. Az adatok birtokában dönthető el a vizsgálat módja, eszközei, személyi és technológiai feltételei.

**Műszeres helyszíni vizsgálat:** a mérés előkészítése (a műszerek helyszínre szállítása, üzembe helyezése, munkavédelmi feltételek megteremtése, személyek kiválasztása, kioktatása), a mérés lefolytatása, az adatok rögzítése. A mérés reprodukálhatóságát a körülmények pontos rögzítésével teremtik meg. A mérések száma az átlagos állapot behatárolását (elérését) tegye lehetővé.

**A mért adatok értékelése, elemzése:** a legfontosabb és szakmailag a legkvalifikáltabb munka. Az adatok halmaza és a tárgyismeret együttesen teremtik meg a minősítés lehetőségét. Az elemző munka célja, hogy a mérési hibákat kiszűrje, az ok-okozati kapcsolatokat feltárja. A tapasztalatokat szakvéleményben rögzítik, amely a kémény típusát, méreteit, anyagát, helyzetét, tömörségét, átjárhatóságát, összes tartozékának állapotát, teljesítményét tartalmazza; szükség szerint felsorolja a hiányosságokat, és ha kell, a javításra, alkalmassá tételre ajánlást tartalmaz. Végző következtetésként jönnek, javíthatónak vagy alkalmatlannak minősíti az adott égéstermék-elvezető rendszert.

## Irodalom

- [1] Baumann, M.:  
*Atmoszférikus égőjű kazánoknál elérhető üzemeltetési költségmegtakarítás a kéménykeresztmetszet helyes megválasztásával*  
Magyar Épületgépészet, L. évf. (2001) 2. szám
- [2] Bányai, Cs.:  
*Korszerű kéményvizsgálati eljárások a kéményseprőiparban*  
Építési Piac, XXIX. évf. 1995/4. szám
- [3] Chappon, M.:  
*Égéshő hasznosító berendezések hatása a kapcsolódó szerkezetekre és a környezetre.*  
Kézirat. Műszaki doktori értekezés, Budapesti Műszaki Egyetem I. Épületgépészeti Tanszék, 1985.
- [4] Chappon, M. – Szentkereszty, G.:  
*Az égéshő kondenzációs hasznosításának gondjai*  
Épületgépészet, XXXIV. évf. (1985) 3. szám, p. 101–106.
- [5] Chappon, M. – Keszthelyi I.:  
*Egycsatornás gyűjtőkémények alkalmazhatósága cirkó illetve kombi gázkészülékek égéstermék elvezetésére*  
Nemzetközi Gázkonferencia, Győr, 1997.
- [6] Chappon, M.:  
*A kéménykorrózió és megoldási lehetőségei*  
Építési Piac, XXXIV. évf. 2000/12. szám

- [7] Haszmann, I.:  
*A korszerű égéstermék elvezető rendszerekkel szembeni követelmények*  
Építési Piac, XXIX. évf. 1995/4. szám
- [8] Jannemann, T. B.:  
*A gázkondenzációs technika kézikönyve*  
Dialóg Campus Kiadó, 1998.
- [9] Menyhárt, J. – Meszléry, C. – Chappon, M.:  
*Gyűjtőkémények üzemi jellemzőinek meghatározására épített kísérleti mérőállás*  
Az Országos Gázkonferencia, Balatonfüred, 1985 kiadványa, ETE–ÉTE, p. 327–339.
- [10] Meszléry, C.:  
*Gáztechnikai példatár*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978.
- [11] Meszléry, C. – Chappon, M.:  
*Untersuchung von Sammelrohrsteinen in rekonstruierten Gebäuden*  
V. Kolloquium Technische Gebäudeausrüstung, TU Dresden und Bauakademie der DDR, Dresden, 1984.
- [12] Meszléry, C.:  
*Lakóépületekben üzemelő gázfogyasztó készülékek égéstermék elvezetése. Kézirat*  
Kandidátusi disszertáció, Budapest, 1985.
- [13] Meszléry, C.:  
*Az európai kéményszabványok hazai bevezetése. 1–5. rész*  
Magyar Épületgépészet, L. évfolyam, 2001/2–6. szám
- [14] Szlivka, F. – Chappon, M. – Keszthelyi, I.:  
*Lakások levegőforgalmának vizsgálata, különös tekintettel a nyílt égésterű tüzelőberendezések légutánpótlására*  
Nemzetközi Gázkonferencia, Győr, 1997.
- [15] Szlivka, F. – Chappon, M. – Keszthelyi, I.:  
*Nyílt rendszerű égéstermék elvezető rendszer és mesterséges szellőztetés együttes üzemének kísérleti és elméleti vizsgálata*  
VIII. Magyar Mechanikai Konferencia, Miskolc, 1999.
- [16] Vida, M. főszerk.:  
*Gáztechnikai kézikönyv*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1991.
- [17] *Lakó- és közösségi épületek kéményei*  
Fogalommeghatározások és általános előírások, MSZ 04.82/1:1985.
- [18] *Országos Településrendezési és Építési Követelmények (OTÉK)*  
253/1997 (XII. 20.) sz. Kormányrendelet
- [19] *ÉTE Döntéshozókészítő tanulmány*  
A szakmai munkabizottság vezetője Meszléry, C.:  
Budapest, 1987.

## 16. Kazánházak, kazántelegek

Az egyes kazánok, vagy nagyobb teljesítmények esetében a kazánházak, kazántelegek elhelyezése, elrendezése, geometriai méreteinek meghatározása, a környezethez, az építményhez, az úthálózatához való csatlakoztatása, a környezetvédelmi követelményeknek való megfeleltetése igen nagy körültekintést igénylő feladat. E feladat megoldása során a hőterelő egység alábbi jellegzetességeit kell figyelembe venni:

- a kazánház teljesítménye,
- az alkalmazott tüzelőanyag,
- az előállított hőhordozó közeg,
- a vertikális elhelyezés,
- a horizontális elhelyezés.

### 16.1. A kazánház teljesítménye

Kazánházak létesítése során a fűtéstechikai és a fűtéstechikához csatlakozó hőellátási feladatokat megoldó épületgépész mérnök igen széles teljesítmény tartománnyal találkozik. Amíg az alsó teljesítmény határt az egy-egy lakás központi fűtését ellátó, falra szerelhető, mintegy 10 kW teljesítményű, gáztüzelésű kazán jelenti, addig a felső határt nem lehet ilyen élesen meghatározni. Fejezetünk általános meghatározásai és ajánlásai a kb. 1,0–5,0 MW teljesítmény-tartományig érvényesek, ez a teljesítmény fedezi egy-egy nagyobb épülettömb, épületcsoport, kisebb telep hőigényét. A kazánház összes teljesítménye összetevődik:

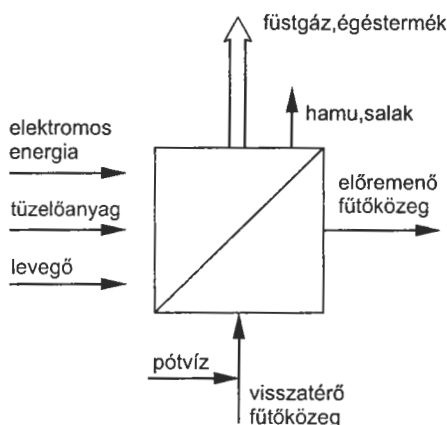
- a fűtés,
- a használati melegvíz ellátás,
- a szellőztetés-klimatizálás,
- az esetleges technológiai igények (főzés, fertőtlenítés, szárítás, stb.),
- az önfogyasztás és
- a veszteségek hőigényéből.

Természetesen megfelelő egyidejűséggel kell számolnunk, mert mindezen igények maximális csúcserőértékei nem lépnek fel egymással azonos időben. A teljesítmények számítását kötötünk „Tüzelőanyag fogyasztás” és „A fűtési rendszerek gazdaságossága” c. fejezetében mutatjuk be.

## 16.2. Az alkalmazott tüzelőanyag és az előállított hőhordozó közeg okozta sajátosságok

A 16.1. ábrán vázlatot láthatunk, amelyen a kazánt hőcserélőnek tekintve a fűtő és a fűtött oldal valamennyi elemét összefoglaltuk. A következő, 16.2. ábrán azt mutatjuk be, hogy a különféle tüzelőanyagok, illetve hőtermelők alkalmazása milyen rendkívüli különbséget jelent a teljes telep kialakítása során. Itt jegyezzük meg, hogy az olajellátás kérdéseit kötötünk „Folyékony tüzelőberendezések”, a gázellátás kérdéseit pedig a „Gázellátás” c. fejezetében tárgyaltuk.

Hasonlóan az, hogy vizet, vagy gőzt állítunk-e elő hőhordozóként, erősen befolyásolja a telep kialakítását és méreteit. Ezzel a kérdéssel kötötünk melegvíz-, illetve gőzfűtésekkel foglalkozó fejezeteiben, a különféle kapcsolási rajzok bemutatása során foglalkozunk.

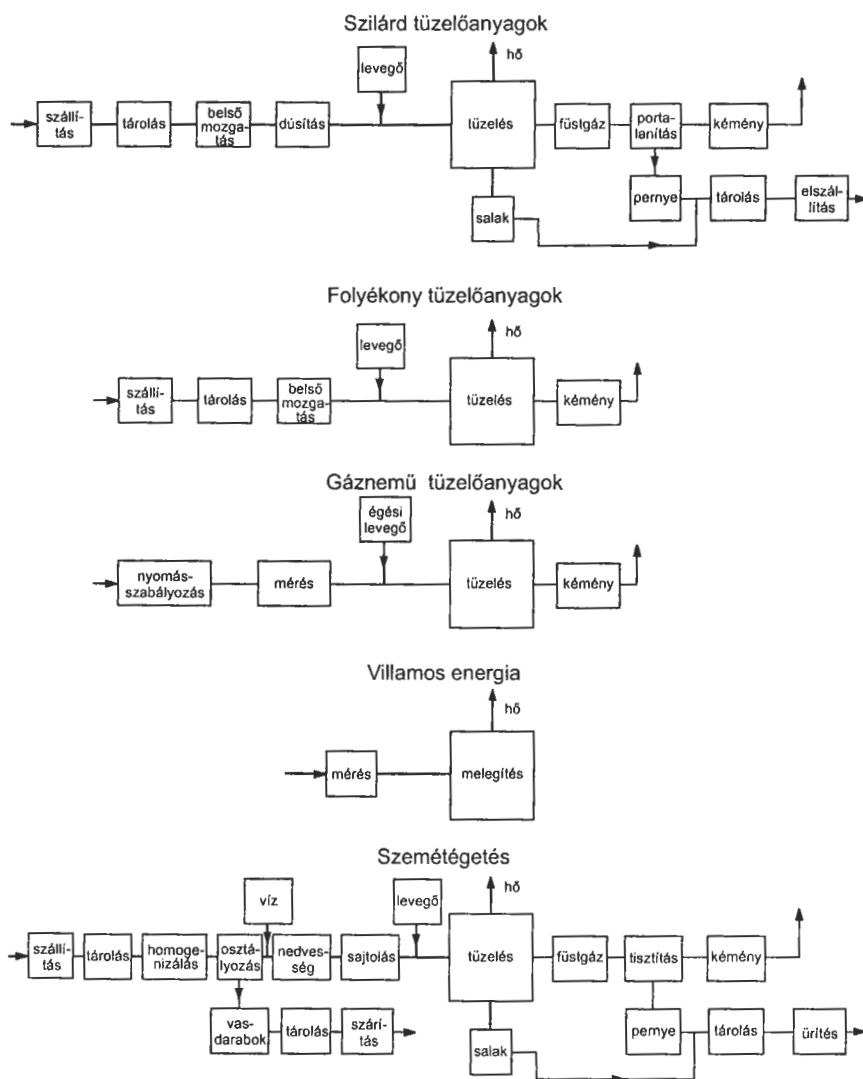


16.1. ábra. Hőcsere folyamata a kazánban

## 16.3. A kazánház vertikális elhelyezésének lehetőségei

A kazánház elhelyezhető:

- épület pincéjében, alagsorában;
- az épületen kívül, a földszinttel kb. azonos szinten;
- a fűtött épület (vagy kis teljesítmények esetében a lakás) belsejében, földszinten, vagy valamelyik közbenső emeleten (gondoljuk itt a lépcső- és torony épületekre, a parkolóházakra stb.);
- a tetőtérben.



16.2. ábra. A tüzelőanyag útja és ennek hatása

Mivel a tetőtéri kazánház a központi fűtési technika viszonylag új, mindösszesen mintegy 25 esztendeje elterjedően lévő megoldása és eleme, előnyeit és hátrányait külön is összefoglaljuk.

A tetőtéri kazánházak előnyei:

- a kémény alapozásának, építésének elmaradása, figyelemmel a kéményépítés valamennyi további hátrányára (mint pl. helyigény, hőveszteség, a környező helyiségek felmelegítése, elpiszkolódási veszély, huzatelégtelenség, karbantartási költség);
- a kazánok égési levegő ellátása gyakran egyszerűbben megoldható a tetőtérben;
- a pincei és alagsori helyiségek egyéb célra kihasználhatókká válnak;

- a pincei és alagsori helyiségek nem melegszenek fel feleslegesen;
- a kazánbiztosítás igen könnyen és egyszerűen megoldható;
- gázkazánházak esetében a hasadó-nyíló felületek könnyen biztosíthatók (Ezt a kérdés-csoportot a „Gázellátás” c. fejezetben tárgyaljuk);
- a kazánokat nem helyezzük feleslegesen nagy nyomás alá;
- általában kisebb a csőhálózat költsége;
- a különféle régi épületek rekonstrukciója, akár városrészek revitalizációja válik így lehetővé.

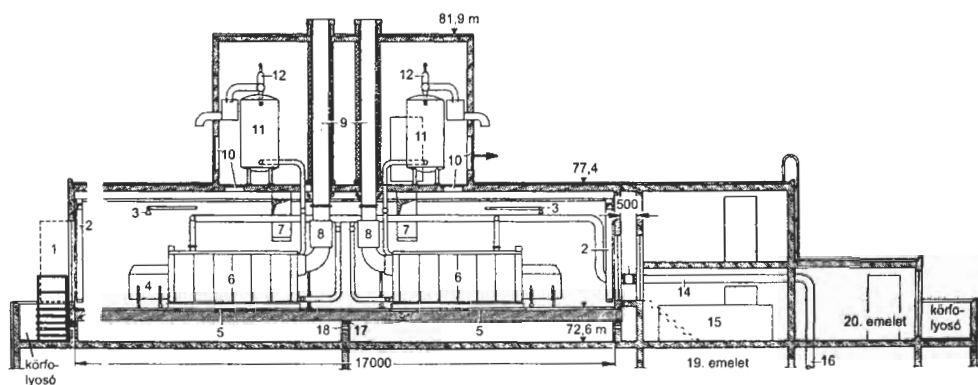
A tetőtéri kazánházak hátrányai:

- megnövekszik a tető statikai terhelése;
- védekezés szükségessége a víz és olajkiáramlás terjedése ellen, fokozott biztonsági előírások;
- a tetőtéri szint közelében fokozott zajhatás jelentkezik (az égők, szivattyúk és egyéb kazánházi segédberendezések miatt);
- kazánszerelési és javítási nehézségek;
- olajtűzelés esetében a tüzelőanyag tárolás és szállítás megoldása.

Olajtűzelésű tetőtéri kazánházra mutat példát a **16.3. ábra**, ahol egy 12 MW beépített kazántelesítményű, max. 100 °C előremenő hőmérsékletű hőhordozó előállítására alkalmas berendezés kialakítása látható a [3] jelű irodalom alapján. A kazánház padlóját az épület tetején úgy alakították ki, hogy szigetelt teknőként az esetleg kifolyó olajat és vizet fel tudja fogni. Az ábrán jól láthatók a keletkező zaj csillapításával kapcsolatos építészeti és gépészeti intézkedések: a zajcsillapító kivitelű kazánalap, a kazánház padlójának zajcsillapító alátámasztásai, a kazánház alatt és mellett kialakított zajcsillapító tér, illetve a füstgáz elvezetésben elhelyezett zajcsillapító betét.

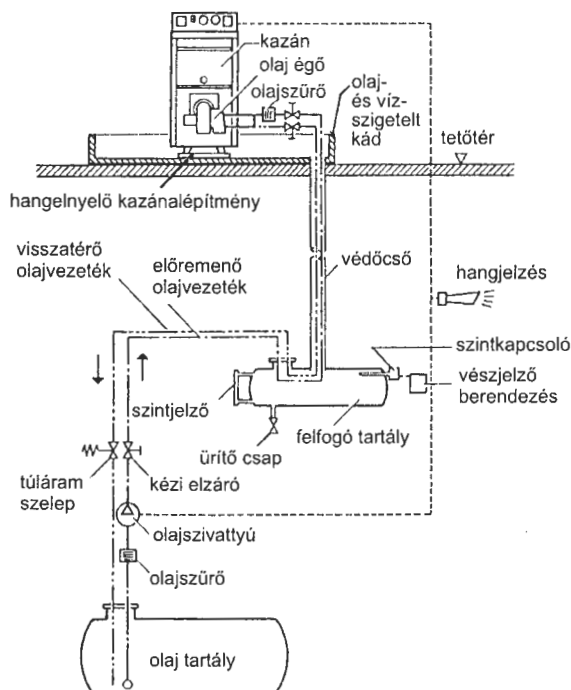
A **16.4. ábrán** azokat a biztonsági berendezéseket szemléltetjük, amelyek a tetőtéri kazánház esetében az esetleg kiömlő olaj felfogására és eltávolítására szolgálnak. A kazán környezetében kifolyó olaj és víz az ott kialakított teknőbe kerül, onnan pedig a lejjebb elhelyezett tartályba jut. A tartályra szintérvédelő és -kapcsoló berendezést, valamint vészjelző berendezést kell felszerelni. Utóbbi látható és hallható jelzést ad. A szintkapcsoló az olajszivattyút és az olajégőt állítja le.

Gáztűzelésű tetőtéri kazánházak esetén a gázmérő elhelyezésére a földszinten vagy a pincében helyiséget kell biztosítani, ha pedig erre nincs mód, akkor a tetőtéri kazánház mellett külön mérőhelyiséget kell kialakítani [4]. Az esetleg kiömlő víz miatt a kazánházat teknőszigeteléssel kell ellátni. A kazánházban keletkező zajok terjedésének megakadályozása érdekében a kazánházat lépcsőház vagy konyha fölé célszerű telepíteni, illetve a korábbiakban már említett zajcsillapító elemeket kell alkalmazni. A **16.5. ábra** a hazánkban elterjedten alkalmazott FÉG-VESTALE típusú gázkazánokkal kialakított tetőtéri kazánház sematikus elrendezését szemlélteti. További elrendezési vázlatok a „Szivattyús melegvízfűtések” c. fejezetben találhatók.



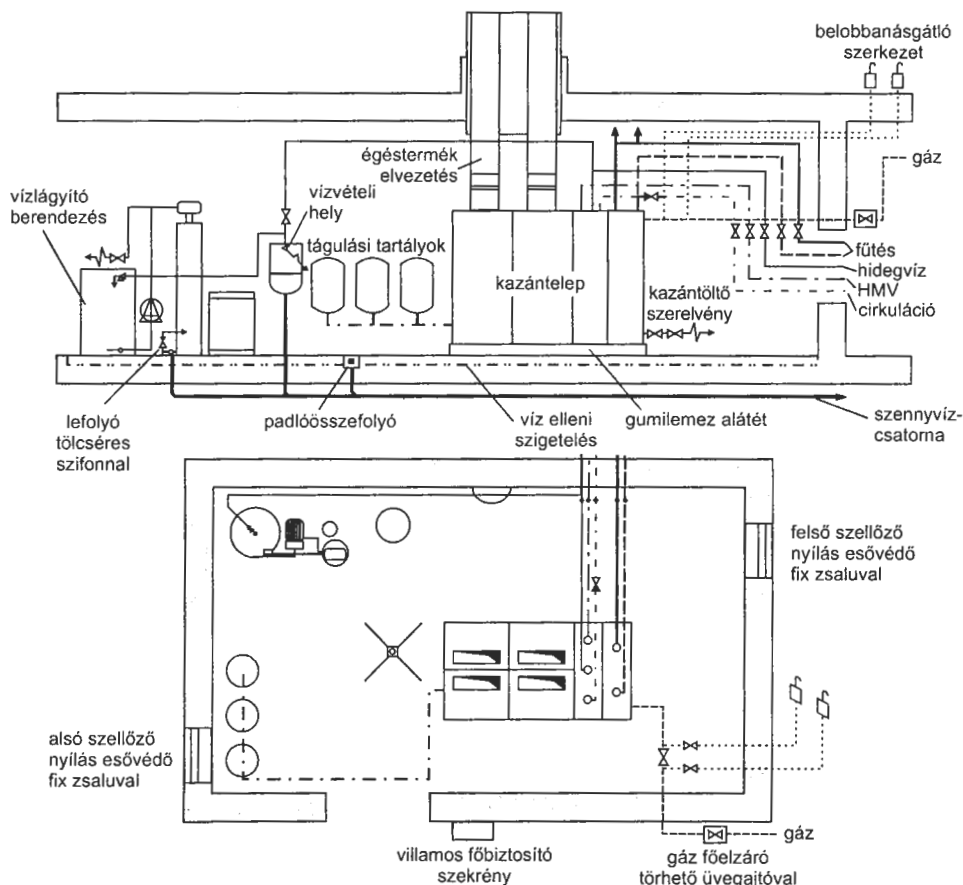
16.3. ábra. Olajtüzelésű tetőtéri kazántelep [3]

1 – vészkijárat; 2 – szellőző levegő belépés; 3 – CO<sub>2</sub> tűzoltó berendezés; 4 – kétfokozatú olajégők zajcsillapító burkolattal és a kifolyó olaj felfogására alkalmas teknővel; 5 – zajcsillapító kivitelű kazáncsatorna; 6 – kazánok; 7 – távozó levegő légszűrő zajcsillapító betéttel; 8 – zajcsillapító betét a füstgáz elvezetésben; 9 – kémények; 10 – levegő kilépés; 11 – tárolási tartályok; 12 – biztonsági szelepek; 13 – zajcsillapító betét a fűtési előremenő táguláskiegyenlítő szakasza, 14 – napi olajtartály, alatta a padló olajfelfogó teknőként kialakítva; 15 – fűtési előremenő; 16 – a kazánház padlója alatt lévő zajcsillapító betét; 17 – nyomáskiegyenlítő furatok a kazánház alatt lévő hangcsillapító tér falában



16.4. ábra. Olajszivárgás elleni védelem sematikus ábrázolása tetőtérben elhelyezett olajtüzelésű kazánház esetén [3]





16.5. ábra. Gáztüzelésű tetőtéri kazánház elvi vázlata [5]

## 16.4. A kazánházak horizontális elrendezésének szempontjai

E szempontok az alábbiak:

- törekedni kell arra, hogy a szükséges hőáramot a leggazdaságosabb csőhálózattal tudjuk elosztani, a kazánok a fűtött létesítmény kalorikus súlypontjában legyenek;
- ügyelni kell továbbá arra is, hogy a kémény és a kazánok minél közelebb legyenek egymáshoz és az égéstermék lehetőleg irányváltoztatás nélkül jusson a kéménybe (részletesebben lásd kötetünk 14. és 15. sz., az égéstermék elvezetéssel foglalkozó fejezeteit);
- az égéshez szükséges friss levegő lehető rövid úton jusson a kazánházba, az esetleges ellenhuzatot, melyet például a lépcsőház okozhat, el kell kerülni.

## 16.5. A kazánház-létesítés szokásai, szabályai és előírásai

A kazánházak tervezésekor a fenti általános szempontokon túlmenően figyelembe kell venni valamennyi érvényes szabványt, előírást, szabályzatot. Manapság, amikor az európai csatlakozásra készülünk, figyelni kell ugyanakkor a szabványok érvényességét, az EN és ISO szabványokkal való harmonizáció kérdéseit is.

### 16.5.1 A kazánházak alapterülete és belmagassága

A kazánházak alapterületét a **16.1. táblázat** alapján határozhatjuk meg. Részletes eligazítást nyújt az elrendezés és az alapterület összefüggésének jellemzésére a **16.6. ábra**.

Kazánházak, tüzelőanyagtárolók és kiszolgáló helyiségek legkisebb ajánlott méretei

16.1. táblázat

Helyiség típusa	A helyiség alapterülete m <sup>2</sup> -ben, ha a kazánberendezés összes hőteljesítménye [kW]				
	≤50	≤100	≤500	≤1000	≤1500
Kazánházak	6	10	25	38	50
Kazánházak és tárolók	8	14	33	48	65
Szilárd tüzelőanyag tárolás*	8	15	75	140	200
Gépészeti berendezések	–	–	15	30	45

\* A megadott érték folyamatos üzemelés 2 hónapos időtartamára érvényes koksztüzelés és 1,5 m-es tárolási magasság esetén

A következőkben felsoroljuk azokat a fontos tervezési-elrendezési szempontokat, melyek eligazítást adnak a helyigény meghatározásához.

- A kazánház bármely területén, ahol a kezelőszemélyzet közlekedhet, a közlekedő személyzet számára minimum 2,0 m tiszta belmagasságot kell biztosítani. (Ez tehát a gerendák belógása és a csővezetékek alatt értendő!) Nagyobb teljesítmények esetén, valamint, ha a kazánokat felülről is kezelnünk, tisztítanunk kell, akkor a kazán felett is gondolkodnunk kell a kezelők mozgására. A kazánház belmagasságáról és alapterületéről nyújt tájékoztatást a **16.7. ábra**.
- Korábban, amikor még a kisnyomású gőzkazánok szerelése, beépítése gyakori megoldásként szerepelt, gondolkodnunk kellett a biztonsági állványcső elhelyezhetőségére, és a vezetékek lejtéséből adódó belmagasság szükségletre is. Ez ma már csak a meglévő rendszerek esetében lehet érdekes a fűtéstechikusok számára (ld. kötetünk „Kisnyomású gőzfűtések” c. fejezete).



Az összefüggésben  $L_{kazán}$  a kazán hossza és  $L_e$  azt biztosítja, hogy a kazánból az izzó szén vagy a salak kihúzható legyen. Szilárd tüzelés esetében a kazánház magasságát a tüzelőanyag betöltésének módja szabja meg, de a kazán felett legalább 1,8 m szabad belmagasság legyen.

- Az olajtüzelésű kazánok elhelyezésére is az előzőekben leírtak irányadók, a kazánok előtt azonban az égő kihúzása céljából legalább 2,0 m helyet kell hagyni, ami az égő hosszának függvényében nő.
- A gázkazánok elhelyezésére vonatkozó általános műszaki-biztonsági követelmények között a GOMBSZ [13] előírja, hogy minden gázfogyasztó készülék előtt a kezelési irányból legalább 0,8 m szabad közlekedési, mozgási távolságot kell biztosítani. Az 58 kW egységteljesítménynél nagyobb gázfogyasztó berendezéseknél, ahol a kezelés és a szerelési munkák megkövetelik, ezt a távolságot három oldalról (indokolt esetben minden oldalról) biztosítani kell.  
(Kazánok közé épített szerelvények esetén ennél nagyobb távolságra van szükség, úgy, hogy a közlekedésre legalább 0,8 m álljon rendelkezésre.)
- A szélső kazánok oldalfalai és a kazánház fala között a közlekedésre inkább 0,8–1,0 m széles hely álljon rendelkezésre.
- Több kazán esetén a kazánokat lehetőleg egy sorban, egymás mellett kell elhelyezni, úgy, hogy a füstcsatornát illetve füstcsövet áramlástanilag helyesen alakíthassuk ki, valamint, hogy az osztó és a gyűjtő könnyen hozzáférhető, a kazánok elzárószerelvényei könnyen kezelhetők legyenek. A kazán típusától függően ezért a homloktagok, vagy a hátsó tagok egy síkba essenek.

Fentiek alapján a kazánház mérete a tüzelőberendezések ismeretében meghatározható.

### 16.5.2. Néhány fontos építészeti szempont

Az 1998-ban érvénybe lépett, majd módosított Országos Településrendezési és Építési Követelmények [14] a kazánhelyiségekkel kapcsolatban két kialakítási szempontot rögzít. Eszerint:

- több önálló rendeltetési egység közös hőellátására szolgáló kazánhelyiség más rendeltetésű helyiség fölé csak akkor telepíthető, ha a kazánhelyiség üzemi víz ellen szigetelt és az esetleg kiömlő víz, illetőleg fűtőolaj teljes mennyiségének felfogására képes (ld. a tetőtéri kazánházak létesítésével kapcsolatban leírtakat);
- a kazánhelyiség elhelyezését, kialakítását, megközelítését, szellőzését az üzemeltetés céljának, a tűz- és környezetvédelmi, valamint a vonatkozó biztonsági előírásoknak megfelelően kell megvalósítani.

Utóbbi szemponthoz csatlakoznak a Gáz- és Olajipari Műszaki Biztonsági Szabályzat [13] előírásai:

- az 58 kW egység- és 116 kW összteljesítmény feletti hőtermelő gázfogyasztó berendezések elhelyezésére szolgáló helyiséget általában talajszint felett kell kialakítani. Talajszint alatt a 0,9-nél kisebb relatív sűrűségű gázzal működő (ld. az Alapismeretek kötet „Tűzvédelestechnika” c. fejezetét), 100 °C-nál kisebb hőmérsékletű fűtőközeget előállító és legfeljebb 7 m magas biztonsági állványcsővel ellátott gőztermelő berendezés helyisége alakítható ki;
- a gázfogyasztó berendezés helyiségét magában foglaló épületet az „A” és „B” tűzveszélyességi osztályba sorolt létesítménytől az Országos Tűzvédelmi Szabályzat szerinti távolságra kell telepíteni. A gázfogyasztó berendezés a „C”–„D”–„E” tűzveszélyességi osztályba tartozó létesítményben, illetve közvetlenül a létesítmény mellett, az előírt védőtávolságra helyezhető el;
- a 140 kW egység-, vagy 1400 kW összteljesítményű gázfogyasztó berendezés helyiségének határolószerkezetén bizonyos esetekben, a keletkező esetleges robbanás okozta túlnyomás levezetése érdekében hasadó-nyíló felületet kell kialakítani. Erről részletesebben a „Gázellátás” c. fejezetben olvashatunk.

A további építészeti szempontok a következők:

- A kazánok részére a terhelésnek megfelelő alapozást kell készíteni, melynek szintje legalább 5 cm-re emelkedjék ki a padlószintből és 3–5 cm kiterjedést kell a kazánfalon túlmenően biztosítani.
- A falak, a mennyezet és a padló éghetetlen anyagból és burkolattal készüljön.
- Ügyelni kell arra, hogy a kazánból elvezetett füstgázok ne károsítsák a kazánház alapozásának vízszigetelését. A hő hatására ugyanis a védő bitumenréteg kiolvadhat. Ezért a talajvíztől veszélyeztetett és szigeteléssel ellátott kazánházakban a vízszintes füstcsatorna és a falazat, valamint a padló között 5–8 cm légrést kell kialakítani.

Megjegyezzük még, hogy a gázüzemű berendezésekkel kialakított kazánház általában „D” tűzveszélyességi osztályba sorolható.

### 16.5.3. Megvilágítás és villamos energia ellátás

A kazánház lehetőleg közvetlen megvilágítást kapjon, egyébként gondoskodni kell a megfelelő mesterséges világításról. Főként a kazánok homlokfelületét kell jól láthatóvá tenni. Ugyanakkor a villamos meghajtású gépek energiaellátását, valamint a tűzvédelmi jelzőrendszert is meg kell oldani. Nagyobb teljesítmények esetén 24 Volt feszültségű vészvilágításról, illetve csatlakozási lehetőségről is gondoskodni kell.

A berendezés leválasztó főkapcsolóját a kazánházon kívül kell elhelyezni.

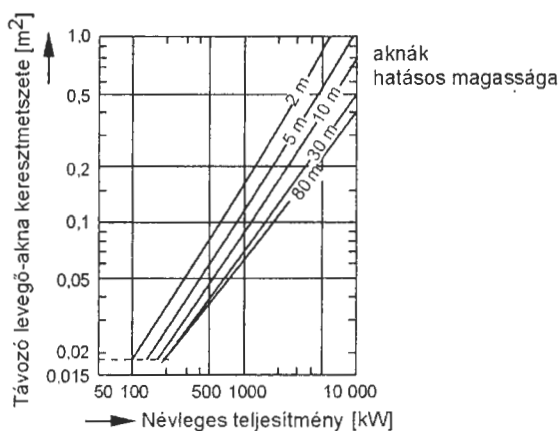
Amennyiben gáztüzelő berendezéshez gázérzékelős biztonsági berendezést és vészszellőzést alakítanak ki, ezek kapcsolóját is a tüzelőberendezés helyiségén kívül kell felszerelni (ld. a „Gázellátás” c. fejezetet). A gázérzékelős biztonsági berendezés automatikája az összes villamos berendezést leválasztja, kivéve a szellőző- és vészszellőző berendezést és a vészvilágítást. Minden olyan villamos berendezésnek, amelyet a biztonsági berendezés nem kapcsol le, robbanásbiztos kivitelűnek kell lennie.

#### 16.5.4. A kazánház szellőzése és levegő ellátása

Általános irányelv, hogy gondoskodni kell a kazánház jó szellőzéséről és ezzel a szükséges égési levegő bejutásáról. A bevezetett friss levegő mentes legyen minden szennyezéstől. Amennyiben lehetséges, a kazánházat nyitható ablakokkal vagy gravitációs szellőzőnyílásokkal kell ellátni. Ökösabálynak fogadható, hogy a szellőzőnyílások szabad keresztmetszete a kéménykeresztmetszet kétszerese legyen. A gravitációs szellőző akna tervezéséhez nyújt jó tájékoztatást a **16.8. ábra**.

Gázfogyasztó berendezések kifogástalan üzemének biztosítása érdekében a GOMBSZ [13] úgy fogalmaz, hogy kéménybe kötött gázfogyasztó berendezések esetén gondoskodni kell a tökéletes égéshez szükséges, valamint a szellőzőkön (áramlásbiztosítón) keresztül a helyiségből kiáramló levegőmennyiség pótlásáról (égési levegő + szellőző levegő). (Ezt mutatja szemléletesen a „Gázkészülékek égéstermékének elvezetése” c. fejezetben látható 15.1. ábra.)

Gázfogyasztó berendezések helyiségének szellőzését a „Gázellátás” fejezetben bemutatott elveken és módszerekkel alakíthatjuk ki.



16.8. ábra. Távozó levegőcsatorna keresztmetszete természetes felhajtóerő esetén a névleges hőteljesítmény és az aknamagasság függvényében [10]

#### 16.5.5. Vízellátás-csatornázás

- A fűtési rendszer feltöltésére vízvételi helyet kell biztosítani. Természetesen a fűtési rendszert és a vízvételi helyet csak oldható, rugalmas kötéssel szabad csatlakoztatni, megfelelő légbeszívással és visszacsapó szeleppel.

- Korszerű kazánházakban minden esetben vízkezelést kell alkalmazni. A víz előkészítési eljárásokkal, a kazánok korrózióvédelmével az „Alapismeretek” kötet „Korrózióvédelem” c. fejezete foglalkozik.
- Az összegyűlt víz tárolására a kazánház padlójába süllyesztett 0,4–1,0 m<sup>3</sup> méretű vízgyűjtő aknát kell kialakítani. Ebből a vizet kézi- vagy elektromos szivattyúval lehet a közcsatornába átemelni. Magas talajvízszint esetén az akna vízszigetelésére különös gondot kell fordítani.
- A csatornarendszerbe olaj nem kerülhet. Ez biztosítható a megfelelő padlószint kiképzéssel, valamint azzal, hogy olajtűzelésű kazánházban a csatornahálózatba bekötött padlóösszefolyó vagy vízgyűjtő akna nem létesíthető. Itt olajokat át nem eresztő zsompot kell alkalmazni.

### 16.5.6. A zajvédelem

A kazánház környezetét a keletkező zajoktól óvni kell. Erre a kérdésre célszerű ügyelnünk akkor, amikor az elhelyezésről a döntés megszületik.

### 16.5.7. A kiszolgáló helyiségek

Értelemszerűen a kiszolgáló helyiségek alapterület és belmagasság igénye, elhelyezése, térkapcsolata döntően függ az alkalmazott tüzelőanyagtól.

A ma már igen ritkán alkalmazott szilárd tüzelőanyag esetében a kazánházak kiszolgáló helyiségeire a következő szempontok érvényesek:

- a tüzelőanyag-raktár közvetlenül a kazánház mellett legyen;
- hasonlóan közvetlenül a kazánház mellett biztosítsunk helyet a salaktároló számára. Kisebberendezések esetében a salak a kazánban is tárolható. A salak eltávolítását salakfelvonóval lehet megkönnyíteni;
- mivel a széntűzelésű kazánok több típusába a szén felülről tölthető be, a kazánok fölött acéllemez kezelőhidat képeznek ki, ez essék a tüzelőanyag-raktár padlószintjével azonos szintre;
- a vízszintes füstcsatorna végén kettős tisztító ajtót kell alkalmazni, felső felületén kettős tisztító fedeleket. Ha ennek műszaki akadálya nincs, a kémények lábánál is tisztító ajtót kell elhelyezni;
- a szén- és salaktároló alapterületének meghatározása kötetünk „Tüzelőanyag fogyasztás” és „A fűtési rendszerek gazdaságossága” c. fejezetben közöltek alapján történhet.

Az olajtűzelésű kazánházak kiszolgáló helyiségeire a következő szempontok érvényesek:

- az olajtároló ajtaja nem nyílhat közvetlenül a kazánházból. Ha az olajtároló megközelítése csak a kazánházon keresztül lehetséges, előteret kell kiképezni. Az előter szintje a kazánházénál magasabb legyen;

- a kazánházban elhelyezett napi tartálynak a tüzelőberendezéstől vízszintesen mért távolsága legalább 2 m legyen. A napi tartály alá szivattyúkat és motorokat nem szabad telepíteni;
- szilárd tüzelésű kazánok az olajtüzelésű kazánokkal együtt nem helyezhetők el.

A gáztüzelésű kazánházakkal kapcsolatban figyelmet érdemel a gázmérő elhelyezése. A vonatkozó előírás szerint [13] a 140 kW-nál nagyobb összteljesítményű gázfogyasztó berendezések helyiségében gázmérő nem helyezhető el. A 100 m<sup>3</sup>/h összes névleges terhelésnél nagyobb gázmérők számára külön gázmérő helyiséget kell létesíteni. E terheléshatár alatt a gázmérőt tartalmazó helyiség „D” tűzveszélyességi osztályba („Mérsékelt tűzveszélyes”) sorolható, 100 m<sup>3</sup>/h felett a helyiség „A” tűzveszélyességi osztályba („Fokozottan tűz- és robbanásveszélyes”) sorolt.

A külön gázmérő helyiséget külső fal mentén, jól megközelíthető helyen, lehetőleg a földszinten kell kialakítani, a szabadból, vagy az épület közös, jól szellőzött teréből nyíló bejáratral. Szellőzéséről alsó-felső szellőző létesítésével kell gondoskodni, amelyek együttes szabad keresztmetszete legalább a mérőhelyiség alapterületének 1%-a. A külön gázmérő helyiség falai legalább 1,5 óra, födémszerkezete pedig legalább 1 óra tűzállósági határértékűek, a nyílászárók nem éghető anyagúak.

Mintegy 600 kW teljesítménynél nagyobb értékek esetén a kazánház mellett külön gépház, vagy szivattyúház is van. Itt helyezkednek el a hőcserélők, az osztók, gyűjtők, a kapcsoló-és szabályozó berendezések, a vízkezelő rendszerek, stb.

Ahogy már említettük, kis teljesítményű kazánok esetében a kazánok elhelyezhetők emberi tartózkodásra szánt helyiségekben, (konyha, fürdőszoba), hobbiszobákban, vagy háztartási célú tárolókban is. Természetesen itt is fel kell hívnunk a figyelmet a vonatkozó előírások igen pontos és szakszerű betartására.

### 16.5.8. A hőkapcsolások

A kazánházak kapcsolási rajzait, az ajánlott megoldásokat, ezek elemzését kötetünk melegvíz- és gőzfűtésekről szóló fejezeteiben találjuk. Itt jelentkezik ismét az a kérdés, hogy a kazánház kizárólag fűtési energiát szolgáltat-e, vagy alkalmas használati meleg víz és egyéb fogyasztók ellátására is.



## Irodalom

- [1] ASHRAE – Technical Committees and Task Groups:  
*Ashrae Handbook HVAC Systems and Equipment*  
ASHRAE Inc. Atlanta, USA 1996.
- [2] Barótfi, I. (szerk.):  
*Energiafelhasználói kézikönyv*  
Környezettechnika Szolgáltató Kft, Budapest, 1993.
- [3] BUDERUS  
*Handbuch für Heizungstechnik* (33. Auflage)  
Beuth Verlag GmbH, Berlin-Wien-Zürich, 1994.
- [4] Flück, R.:  
*Tetőtéri gázkazánházak és alkalmazási lehetőségeik*  
Magyar Épületgépészet, XLV. évf. (1996) 12. szám, p. 21–22
- [5] Flück, R.:  
*FÉG-VESTALE rendszerű modul tetőtéri kazánok*  
Magyar Épületgépészet, XLVI. évf. (1997) 1. szám, p. 19–21
- [6] Fox, U.:  
*Alapvető épületgépészeti számítások*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985.
- [7] Homonnay, Gyné:  
*Fűtéstechika. Egyetemi jegyzet*  
Tankönyvkiadó, Budapest, 1976.
- [8] Homonnay, Gyné:  
*Távhőellátás I–II. Főiskolai jegyzet*  
Pollack Mihály Műszaki Főiskola, Pécs, 1988.
- [9] Homonnay, Gyné – Molnár, Z.:  
*Fűtéstechika*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.
- [10] Macskásy, Á. és szerzőtársai:  
*Központi fűtés I. és II.*  
Tankönyvkiadó, Budapest, 1975.
- [11] Recknagel, H. – Sprenger, E. – Schramek, E. R.:  
*Fűtés- és Klimatechnika 2000*  
Dialóg Campus Kiadó, Budapest-Pécs, 2000.
- [12] Schramek, E. R. (Recknagel-Sprenger):  
*Taschenbuch für Heizung+Klimatechnik 2000* (69. Auflage)  
R. Oldenbourg Verlag, München-Wien, 1999.
- [13] *Gáz- és Olajipari Műszaki Biztonsági Szabályzat*  
az 1/1977 (IV. 6.) NIM rendelet 2. melléklete  
A Szénhidrogének termelésének, szállításának, szolgáltatásának és eltüzelésének  
legfontosabb jogszabályai, MSZH Szabványkiadó, Budapest, 1993.
- [14] *Országos Településrendezési és Építési Követelmények (OTÉK)*  
253/1997 (XII. 20.) sz. Kormányrendelet

## 17. Hőcserélők

Az áramló közegek közötti hőcsere jelenségének valamennyi, a fűtéstechnikai rendszerekben végbemenő folyamat során döntő szerepe és jelentősége van. Az épületgépészet és ezen belül a fűtéstechnikai ipar is számtalan helyen és megoldásban alkalmaz hőcserélőket. Ahogy ezt már említettük, lényegében a szó hőtani értelmében az eddig tárgyalt kazánok, sőt a kémények is hőcserélők. Ugyancsak hőcserélőnek minősül ebből a szempontból valamennyi hőleadó szerkezet is, de könnyen belátható, hogy bizonyos értelemben hőcserélő a hőszállító csővezetéki rendszer is, melyben a hőszállító közeg természetszerűen lehűl, ameddig elérkezik a termelés helyétől a felhasználás helyéig.

Ha kissé mélyebben elgondolkodunk, akkor az a kísértés is kerülget bennünket, hogy a fűtéstechnika szinte valamennyi elemét: a kazánokat, elosztó rendszereket, különféle edényeket és főként a hőleadókat is hőcserélőként tárgyaljuk. A gyakorlat persze, igen logikusan ellenáll az ilyen, akadémikus jellegű osztályozási kísérleteknek, de a tudományos igényesség mégis azt kívánja, hogy ezt a lehetőséget megemlítsük.

A mindennapi gépészmérnöki szóhasználatban azonban hőcserélőnek csak azokat a készülékeket nevezzük, amelyek nem az égésen alapszanak, és nem közvetlenül a helyiségek fűtését szolgálják, hanem nagyobb nyomású és hőmérsékletű áramló közeg adja át hőjét kisebb nyomású és hőmérsékletű áramló közegnek.

Mivel a központi fűtések nagy hányada nem kazánoktól és kazántelegekről, hanem távhőszolgáltató rendszerekről kapja a hőellátást, a távhálózat és a házi rendszer közötti paraméterek átalakítását éppen a fent meghatározott értelemben hőcserélő szerkezeteknek nevezett készülékekkel oldjuk meg. Így a fűtéstechnikai rendszerek hőtermelőinek sorában a kazánokkal azonos fontosságú a hőcserélő készülékek ismertetése, a kazánházakhoz és kazántelegekhez hasonlóan pedig tárgyalandó a hőközpontok, hőátalakító állomások fejezete is.

A hőcserélők problémaköre és irodalma igen gazdag, könyvünk terjedelme pedig mind a tartalmi kötöttség, mind pedig a fizikai keret szempontjából szűkre szabott, így azt a megoldást választottuk, hogy bővebb irodalomjegyzéket bocsátunk a könyvet forgató szakemberek, olvasók és az érdeklődő egyetemi-főiskolai hallgatóság rendelkezésére. Tesszük ezt azért, hogy a folyamatosan fejlődő és nagyon széles témakörben búvárkodási lehetőséget nyújtsunk az érdeklődők számára (ld. [22]...[46] sz. irodalmi források).

A hőcserélők igen széles – a technikai élet szinte valamennyi színterén alkalmazott köréből – a fűtéstechnikai szakterület a központi fűtések hőtermelésének megoldása során

- a víz-víz és
- a gőz-víz hőcserélőket használja a központi fűtések és a távhőszolgáltatás nyomás- és hőmérséklet tartományában.

## 17.1. A hőcserélők felosztása

A hőcserélő szerkezetek általános felosztását és áttekintését a **17.1. ábra** tartalmazza. A fűtési rendszerek hőcserélői az összefoglaló ábrán bemutatott szóhasználat értelmében folytonos működésűek, bennük a két közeg hidraulikailag szétválasztva áramlik, és mindkét közeg kényszeráramlású.

Szabadáramú hőcseréről akkor beszélünk, ha az egyik közeg tároló-tartályban van és azt csőkígyóban keringő közeggel fűtjük. Ekkor ugyanis a tartályban tárolt víz csak a hőmérséklet-különbség hatására előálló sűrűségkülönbség hatására áramlik. Ez a mi gyakorlatunkban az az eset, amikor a központi fűtés, vagy távhőszolgáltatás hőszállító közegével használati melegvizet tárolóban melegítünk fel.

Az ábrán bemutatott eseteket áttekintve, a hőcserélő berendezés lehet:

- *kétáramú*, amikor is a fűtőfelület mentén mindkét hőmérséklet változik (pl. 2 folyadék, 2 gáznemű közeg, vagy folyadék és gáznemű közeg közötti hőcsere);
- *egyáramú*, amikor is egyik közeg hőmérséklete állandó (pl. telített gőzzel vizet melegítünk).

A 17.1 ábrán feltüntettük még a hőcserélőben kialakuló áramlási kép vázlatát, valamint a hőmérséklet-eloszlást a fűtőfelület mentén. A hőmérséklet-eloszlás alapján határozható meg az egyes elrendezések esetén a közepes hőmérséklet-különbség, amely a hőcserélők méretezésének egyik kiinduló alapja [1], [4], [9], [11].

Az ábra végül a *Bošnjaković*-féle diagramsort mutatja, amelynek segítségével a kialakuló véghőmérsékletek határozhatók meg.

## 17.2. A hőcserélők méretezése

A hőcserélők méretezése kétféle feladat formájában fordul elő és ez egyidejűleg kétféle kérdés felvetést is jelent:

- mekkora hőcserélő-felület szükséges adott teljesítmény biztosításához, ill. adott közeg-hőmérséklet eléréséhez,
- adott, meglevő hőcserélő-berendezés milyen teljesítmény, ill. milyen közegehőmérséklet biztosítására képes.

Itt jegyezzük meg, hogy a hőcserélők kiválasztása és méretezése az egyik legszebb, leginkább összetett és sok kreativitásra alkalmas feladat. A keresztmetszetek csökkenésével ugyanis nő az áramlási sebesség és ezzel együtt a hőátadási tényező, tehát csökkenthető a felület, de ugyanakkor nő az áramlási ellenállás és így a szivattyúzási munka is. Ugyanakkor az elemek soros és párhuzamos kapcsolása igen változatos tervezési megoldásokat biztosít. Ma már azonban a gyártó cégek olyan részletes számítógépes programokat bocsátanak a tervezők rendelkezésére, hogy elegendő, ha a méretezés elveit megismerjük.

A feladatok megoldásához alapvetően a teljesítmény meghatározására szolgáló

$$\dot{Q} = A k \Delta t_k \quad (17.1.)$$

összefüggést alkalmazzuk, ahol:

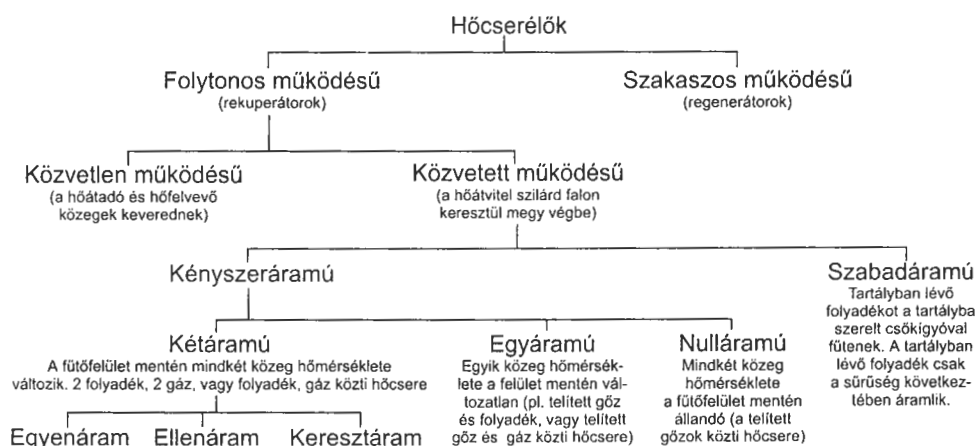
$A$  a hőcserélő felülete,

$k$  a hőátbocsátási tényező és

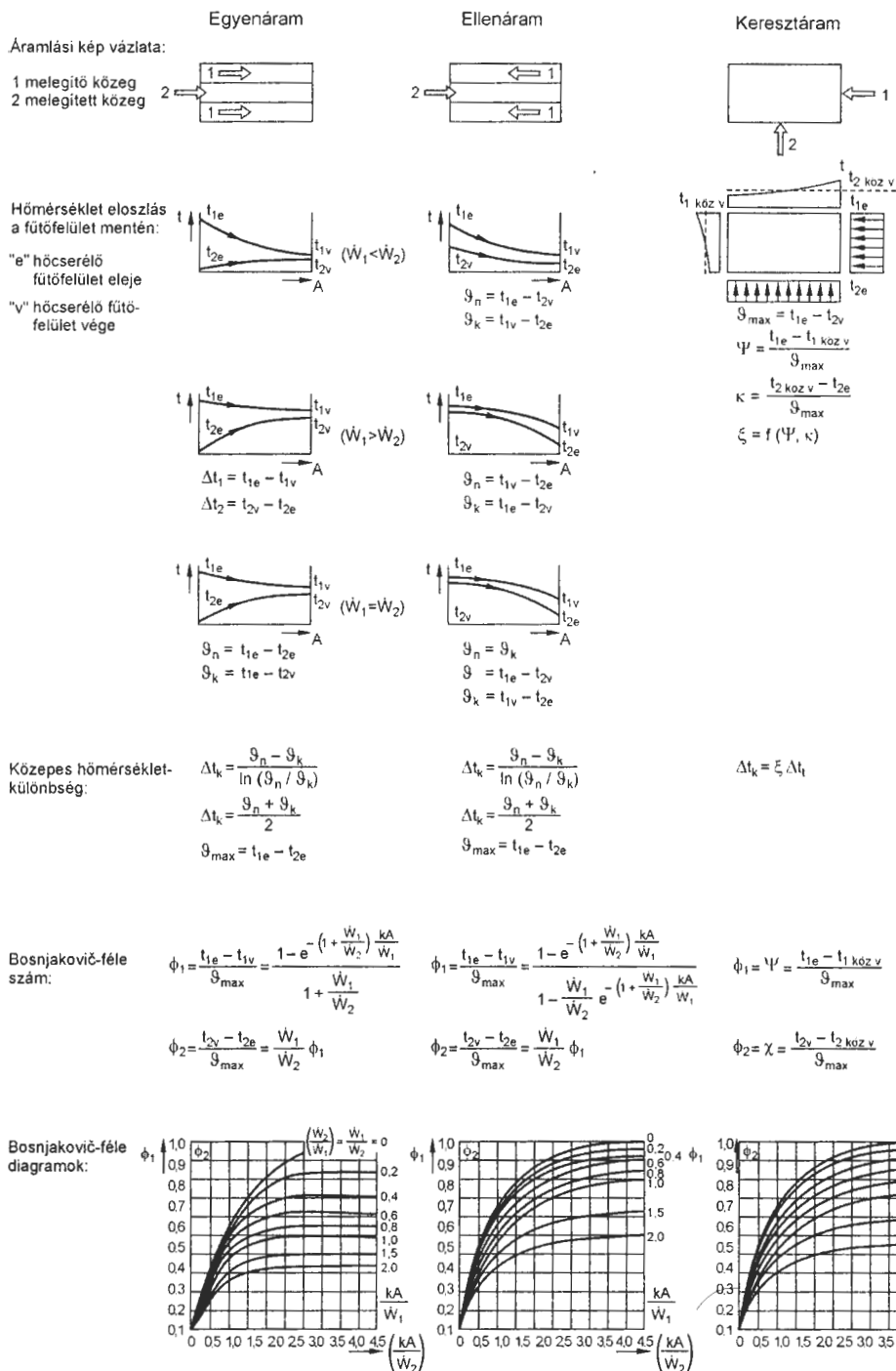
$\Delta t_k$  a közepes hőmérséklet különbség.

### 17.2.1. A felület

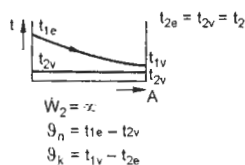
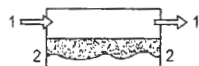
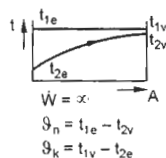
A hőcserélő felületét a geometriai jellemzők sora határozza meg. Hangsúlyozzuk azonban, hogy a mai, korszerű, felületnövellt hőcserélők esetében gyakran a geometriai meghatározás sem könnyű kérdés.



17.1. ábra. A hőcserélők általános felosztása (részletezését lásd a következő oldalakon)



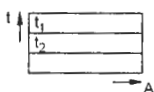
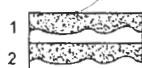
Egyáramú



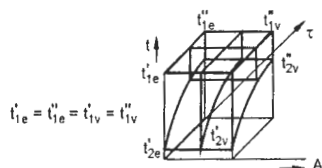
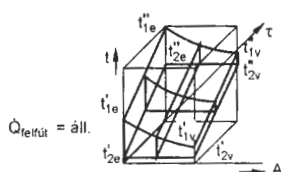
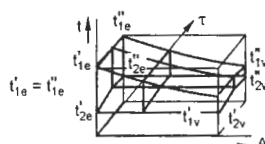
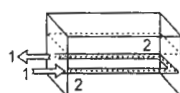
$$\Delta t_k = \frac{\vartheta_n - \vartheta_k}{\ln(\vartheta_n / \vartheta_k)}$$

$$\Delta t_k = \frac{\vartheta_n - \vartheta_k}{2}$$

Nulláramú



Szabadáramú



$$\Delta t_k = \Delta t_1 - \Delta t_2$$

Bosnjakovič-féle méretezést  
lásd értelemszerűen a

$$\frac{\dot{W}_1}{\dot{W}_2} = 0, \text{ ill. } \frac{\dot{W}_2}{\dot{W}_1} = 0 \text{ eseteknél!}$$

A Bosnjakovič-féle diagramok  
az egyes síkokban leolvasható  
hőmérséklet-eloszlások alapján  
számíthatók.

$$\Delta t_k \left\{ \begin{array}{l} \text{Ha} \\ t_{1e} = t_{1v}^{\prime\prime}: \text{ azaz a felfűtés állandó előremenő} \\ \text{vízhőmérséklettel történik:} \\ \Delta t_k = \frac{1}{\vartheta_e} \frac{\vartheta_e' - \vartheta_v}{\ln \frac{\vartheta_e'}{\vartheta_v}} \frac{\vartheta_e - \vartheta_v}{\ln \frac{\vartheta_e}{\vartheta_v}} \\ \dot{Q}_{\text{felfűt}} = \text{áll. azaz a felfűtés állandó} \\ \text{hőmennyiséggel történik:} \\ \Delta t_k = \frac{\vartheta_e - \vartheta_v}{\ln \frac{\vartheta_e}{\vartheta_v}} \\ t_{1e} = t_{1v}^{\prime\prime} = t_{1v}^{\prime} = t_{1v}^{\prime\prime}: \text{ azaz a felfűtés} \\ \text{telített gőzzel történik:} \\ \Delta t_k = \frac{\vartheta_e' - \vartheta_e}{\ln \frac{\vartheta_e'}{\vartheta_e}} \end{array} \right.$$

### 17.2.2. A hőátbocsátási tényező

A hőátbocsátási tényező meghatározásához ismernünk kell a hővezetés törvényszerűségeit és a hőmérséklet-eloszlást sík falban, hengeres falban (esetleg gömbfalban), valamint a különféle közegek és felületek közötti hőátadási tényezőket („Alapismeretek” kötet „Hőközlés” c. fejezete).

Hangsúlyozzuk azonban, hogy a hőcserélő-méretezés csak addig viszonylag egyszerűen megoldható feladat, amíg a „ $k$ ” hőátbocsátási tényező a hőcserélő felülete mentén állandó. A gyakorlat legtöbb esetében ez így, vagy közel így is alakul, nem szabad megfedkezünk azonban arról az esetről sem, amikor a hőátbocsátási tényező a közepes hőmérséklet különbség függvénye:

$$k = f(\Delta t_k) \quad (17.2.)$$

Fejezzük ki integrál alakban a felületet, azaz vegyük figyelembe, hogy a hőátbocsátási tényező a felület mentén változik:

$$A = \int_{A_e}^{A_v} \frac{d\dot{Q}}{k(t_1 - t_2)} = \int_{A_e}^{A_v} \frac{d\dot{Q}}{k\vartheta} \quad (17.3.)$$

és helyettesítsük például a

$$d\dot{Q} = \dot{m}_I c_I \Delta t_I \text{ értéket} \quad (17.4.)$$

(jelentését lásd: 17.1. ábra) a (17.3.) összefüggésbe. Így kapjuk, hogy:

$$A = \int_{A_e}^{A_v} \frac{\dot{m}_I c_I dt_I}{k(t_1 - t_2)} = \int_{A_e}^{A_v} \frac{\dot{m}_I c_I dt_I}{k\vartheta} \quad (17.3/a)$$

Az integrálást tehát a  $k(t_1 - t_2)$  közepes értékére kell elvégeznünk.

### 17.2.3. A közepes hőmérséklet-különbség általános összefüggése

A közepes hőmérséklet-különbség összefüggéseit a 17.1. ábrán összefoglaltuk és itt látjuk, hogy a közepes hőmérséklet-különbség a felület menti hőmérsékletelosztás, valamint a fűtőfelület egyes metszeteihez tartozó hőmérséklet-különbség ismeretében meghatározható.

A keresett hőmérséklet-különbség:

$$\Delta t_k = \frac{1}{A} \int_{A_e}^{A_v} \vartheta dA = \frac{1}{A} \int_{A_e}^{A_v} (t_1 - t_2) dA \quad (17.5)$$

A közepes hőmérséklet különbség integrálás után az ábra jelöléseivel:

$$\Delta t_k = \frac{\vartheta_n - \vartheta_k}{\ln \frac{\vartheta_n}{\vartheta_k}} \quad (17.6)$$

A 17.1. ábrán lényegében ezen összefüggés kifejtését közöltük a különféle lehetséges esetekre.

#### 17.2.4. A közepes hőmérsékletkülönbség gyakorlatban alkalmazott összefüggései

##### Kényszeráramlású hőcserélők

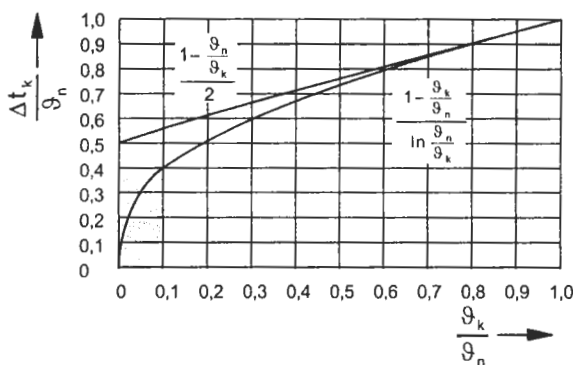
Az épületgépészeti gyakorlatban az ellen- és egyenáramú, valamint az egyáramú hőcserélők esetében igen gyakran vesszük figyelembe a számtani középhőmérsékletet a (17.6.) összefüggésben bemutatott logaritmikus középhőmérséklet helyett. Vizsgáljuk meg, mikor áll fenn a közelítés alkalmazásának létjogosultsága. Osszuk el az egyenlet mindkét oldalát  $\vartheta_n$  értékével és kapjuk:

$$\frac{\Delta t_k}{\vartheta_n} = \frac{1 - \frac{\vartheta_k}{\vartheta_n}}{\ln \frac{\vartheta_k}{\vartheta_n}} \quad (17.6/a)$$

Ábrázoljuk e törtet a  $\frac{\vartheta_k}{\vartheta_n}$  hányados függvényében, és a **17.2. ábrát** kapjuk, ahonnan láthatjuk, hogy az egyszerű számtani közepek útján számított  $\Delta t_k$  közepes hőmérséklet-különbség a pontosan számított értéktől csak lényegtelen eltérést mutat az esetben, ha

$$\frac{\vartheta_k}{\vartheta_n} > 0,5 \quad (17.6/b)$$





17.2. ábra. A logaritmusos középhőmérséklet eltérése a számtani középtől

A  $\frac{\vartheta_k}{\vartheta_n} = 0,2 \sim 0,1$  tartományban viszont jól alkalmazható a

$$\Delta t_k = 0,6 \vartheta_k + 0,4 \vartheta_n \quad (17.6/c)$$

összefüggés.

A **keresztáramlású hőcserélők** esete az eddigiektől eltérő. Ennek elemzésére azért van szükség, mert ameddig a víz-víz, illetve gőz-víz közegpárral működő, a fűtéstechnikában alkalmazott ellen- és egyenáramú hőcserélők általában vonalas (lineáris) jellegűek és csak a közegek be- és kilépésénél jelentkezik egy csekély keresztáramlás, addig a légfűtő- szellőztető- klimatizáló rendszerek légfűtőtesteiben (kaloriferekben) a hőátadó közeg a készülék csöveiben függőlegesen, míg a melegítendő levegő erre merőlegesen áramlik.

Kis hőmérséklet-különbségeknél jó közelítéssel, az egyenáramú készülékekre megadott összefüggésekkel, pontosabban pedig a *Nusselt*-féle eljárással [7] számíthatjuk  $\Delta t_k$  értékét, amelynek számítási eljárását a 17.1. ábrán is összefoglaltuk. Az ott szereplő

$$\xi = f(\psi, \kappa) \quad (17.6/d)$$

összefüggést a 17.1. táblázatban is bemutatjuk.

Fontos megjegyeznünk azonban, hogy ma már a gyártó cégek igen pontos és könnyedén követhető számítógépes eljárásokat, segédleteket bocsátanak rendelkezésre a méretezéshez. Ezeket az eljárások laboratóriumi kísérletek sokaságával igazolják. A könyvünkben közölt számítási eljárások ezért ma már csupán a fizikai jelenségek megértését és követését szolgálják.

$\xi = f(\Psi, \kappa)$  tényező értékeinek kiszámítása keresztáram esetén [7]

17.1. táblázat

		$\kappa$										
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$\Psi$	0	1,000	0,947	0,893	0,836	0,781	0,721	0,657	0,586	0,502	0,388	0
	0,1	0,947	0,893	0,840	0,786	0,728	0,670	0,605	0,533	0,448	0,338	0
	0,2	0,893	0,840	0,785	0,734	0,677	0,617	0,552	0,480	0,398	0,292	0
	0,3	0,838	0,786	0,743	0,682	0,625	0,565	0,502	0,430	0,348	0,247	0
	0,4	0,781	0,729	0,677	0,625	0,569	0,513	0,449	0,378	0,300	0,206	0
	0,5	0,721	0,670	0,617	0,565	0,513	0,456	0,394	0,326	0,251	0,167	0
	0,6	0,567	0,605	0,552	0,502	0,349	0,394	0,334	0,271	0,201	0,128	0
	0,7	0,586	0,533	0,480	0,430	0,378	0,236	0,271	0,213	0,151	0,098	0
	0,8	0,502	0,448	0,398	0,348	0,300	0,251	0,201	0,151	0,100	0,052	0
	0,9	0,388	0,338	0,292	0,247	0,206	0,167	0,128	0,089	0,052	0,022	0
	1,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

### Szabadáramú hőcserélők

A fűtőtestek, valamint a technológiai célú, vagy használati melegvíz termelésre szolgáló berendezések nagy csoportja elméletileg a szabadáramú hőcserélők családjába tartozik. Ezért – bár a gyakorlati felhasználás szempontjából könyvünk más helyén foglalkozunk e rendszerekkel – a 17.1. ábrán feltüntetettük a szabadáramra vonatkozó összefüggéseket is. Az összefüggések mellett ábrázolt hőmérséklet görbék a hőmérsékletet és a felületet ábrázoló tengelyek mellett egy idő tengelyt is tartalmaznak, azaz az ábrázolás már nem síkban, hanem térben valósítható meg. Értelemszerűen ugyanis a szabadáramú, azaz melegített közeg (pl. a szoba levegője vagy a tartályban levő víz) a felület mentén jó közelítéssel egyenletesen, az idő függvényében változva melegszik fel.

A kérdés részletes kifejtését megtaláljuk kötetünk 18. fejeztében, a hőleadók tárgyalásánál, ill. vízmelegítés esetében a „Vízellátás-csatornázás” c. kötet használati meleg víz előállításáról szóló fejezetében.

### 17.3. A folytonos működésű hőcserélők alapegyenlete

Mindezek alapján írjuk fel most már a stacioner (folytonos) működésű hőcserélők alapegyenletét:

$$\dot{Q} = Ak\Delta t_k = \dot{m}_1 c_1 (t_{1,e} - t_{1,v}) = \dot{m}_2 c_2 (t_{2,v} - t_{2,e}) \quad (17.4/a)$$

a  $\dot{W} = \dot{m} c$  (a vízáramlás) fogalmának bevezetésével:

$$\dot{Q} = Ak\Delta t_k = \dot{W}_1 (t_{1,e} - t_{1,v}) = \dot{W}_2 (t_{2,v} - t_{2,e}) \quad (17.4/b)$$

Vízzel működő hőcserélők esetében a „c” fajhő értékét az adott hőmérséklet tartományhoz tartozó közepes értékkel vesszük figyelembe. Ezzel a számítás során a fajhő és a „ $\dot{W}$ ” vízértékáram állandó. Gázzal, illetve túlhevített gőzzel működő hőcserélők esetében természetesen a hőmérséklettel együtt változik a „c” fajhő, és ezzel a „ $\dot{W}$ ” vízértékáram is. E kérdést azonban azért nem boncolgatjuk tovább, mert a fűtéstechnikai gyakorlatban ilyen eset rendkívül ritkán fordul elő.

## 17.4. A hőcserélő felületének megválasztása

A (17.4/a és 17.4/b) összefüggések alapján a véghőmérsékletek és a vízértékáramok ismeretében a felület méretezhető és a hőcserélő megválasztható. Itt is hangsúlyozzuk azonban, hogy ma, amikor a korszerű hőcserélők elemekből rakhatók össze és emiatt a teljes felület igen kis lépcsőkben, nagyon jó közelítéssel választható meg, valamint az elemek különféle soros- és párhuzamos kapcsolásával optimális áramlási és hőátbocsátási viszonyok biztosíthatók, a gyártó cégek által kidolgozott és rendelkezésre bocsátott különféle számítógépes segédleteket kell a méretezéshez és a kiválasztáshoz alkalmaznunk [15], [16], [17], [18], [19], [20], [21].

## 17.5. A közegek véghőmérsékletének megállapítása

Az eddigiekben azzal foglalkoztunk, hogyan lehet a közegáramok és hőmérsékletek ismeretében a hőcserélő-felület nagyságát kiszámítani és megválasztani.

A hőcserélő-felület megállapításán túlmenően azonban az is érdekelheti a tervezőt, hogy milyen az adott hőcserélő „jósági foka”, azaz hogy milyen véghőmérséklet érhető el választott, vagy meglevő berendezésben.

E célra szolgál a *Bošnjaković*-féle  $\Phi$  tényező, amely minden esetben azt mutatja meg, milyen hőmérséklet-változás érhető el az egyik közegnél a maximális hőmérséklet-különbség ismeretében birtokában. (Figyeljük meg a rokonságot a keresztáramú hőcserélő méretezési alapgondolatával!) Ennek érdekében tehát a hőleadó, vagy a hőfelvevő közeg hőmérséklet-változását vonatkoztatjuk a hőcserélőben előforduló legnagyobb hőmérsékletkülönbségre, azaz:

$$\Phi_1 = \frac{t_{1,e} - t_{1,v}}{t_{1,e} - t_{2,e}} \quad (17.7/a)$$

$$\Phi_2 = \frac{t_{2,v} - t_{2,e}}{t_{1,e} - t_{2,e}} \quad (17.7/b)$$

A  $\Phi$ -szám képzésének gondolata tehát onnan ered és azt fejezi ki, hogy egy végtelen felületű ideális hőcserélőben a hőfelvevő közeg véghőmérséklete elérné a hőleadó közeg indulási hőmérsékletét, ekkor lenne  $\Phi = 1$ .

Bošnjaković diagramsor formájában adta meg a

$$\left( \frac{\dot{W}_1}{\dot{W}_2} \right) \text{ és a } \left( \frac{kA}{\dot{W}} \right)$$

viszonyszámok egymással való összefüggéseit annak érdekében, hogy a jósági fokot a gyakorlatban a vég hőmérsékletek meghatározására alkalmazhassuk.

Nézzük azt a példát, amikor adott:

- a két közeg vízáramlása:  $\dot{W}_1$  és  $\dot{W}_2$
- a két közeg belépési hőmérséklete:  $t_{1,e}$  és  $t_{2,e}$
- a hőcserélő-felület:  $A$
- a hőátbocsátási tényező:  $k$

Ezen adatok alapján

$$\frac{\dot{W}_1}{\dot{W}_2} \text{ és } \frac{kA}{\dot{W}_1} \text{ illetve } \frac{kA}{\dot{W}_2}$$

meghatározható. Ezek ismeretében egyen- ellen- illetve szabadáramra diagramból kivehető, a

$$\Phi_1 = \frac{t_{1,e} - t_{1,v}}{t_{1,e} - t_{2,e}}, \text{ ill. } \Phi_2 = \frac{t_{2,v} - t_{2,e}}{t_{1,e} - t_{2,e}} \quad (17.8/a)$$

érték. Innen, ha pl. a  $\Phi_1$  értéket határoztuk meg, akkor számítható a:

$$t_{1,v} = t_{1,e} - \Phi_1 (t_{1,e} - t_{2,e}) \quad (17.8/b)$$

és a

$$t_{2,v} = t_{2,e} + \Phi_2 \frac{\dot{W}_1}{\dot{W}_2} (t_{1,e} - t_{2,e}) \quad (17.8/c)$$

Másik esetben adott pl. a két közeg tömegárama,  $\dot{m}_1$  és  $\dot{m}_2$  és a belépő hőmérsékletek,  $t_{1,e}$  és  $t_{2,e}$ .

A két közeg vízhőértéke meghatározható, viszonyuk,  $\frac{\dot{W}_1}{\dot{W}_2}$  szintén.

Mivel:

$$\frac{t_{1,v} - t_{2,v}}{t_{1,v} - t_{2,e}} = 1 - \left( 1 + \frac{\dot{W}_1}{\dot{W}_2} \right) \Phi_1 \quad (17.8/d)$$

illetve

$$\phi_I = \frac{1 - \frac{t_{1,v} - t_{2,v}}{t_{1,v} - t_{2,e}}}{1 + \frac{\dot{W}_1}{\dot{W}_2}} \quad (17.9/a)$$

$\Phi_I$  és  $\frac{\dot{W}_1}{\dot{W}_2}$  ismeretében diagramból  $\frac{kA}{\dot{W}_1}$  kivehető és  $t_{1,v}$ , valamint  $t_{2,v}$ , a (17.8/b) és (17.8/c) összefüggéssel kiszámítható.

A levezetések részleteit lásd a [1], [3], [9], [11] irodalmi forrásmunkákban.

A hőcserélőt elhagyó közeg hőmérsékletének megállapítása nem a méretezési feladatok során jelentős. Ez a fajta vizsgálat a különféle szabályozási üzemállapotok elemzésekor nyeri el fontosságát, amikor is minden külső hőmérséklet esetén a megfelelő tömegáram – nyomás – hőmérsékletjellemzőket kell figyelembe vennünk. Gondoljunk például soros, vagy soros-előnykapcsolással megoldott használati melegvíz termelésre (ld. kötetünk „Szivattyús melegvízfűtések” c. fejezete), amikor az egyik hőcserélőből a másikba áthaladó közeg paramétereit rendre minden üzemállapotban ki kell számítanunk.

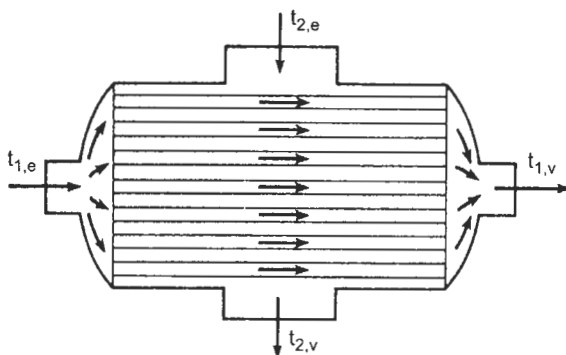
## 17.6. A hőcserélők szerkezeti kialakítása

A régebbi típusú fűtési hőcserélők lényegében három elemből álltak:

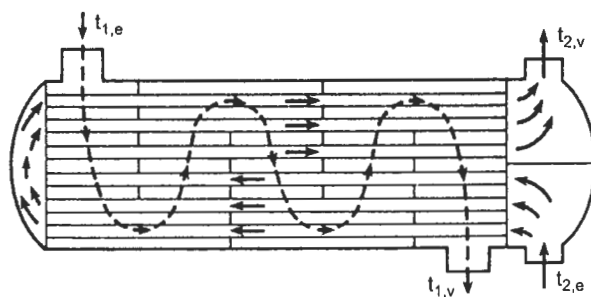
- hengeres acéllemez tartály
- vörösréz vagy acéllemez fűtőcsövek,
- különféle víz, illetve gőzcsatlakozások és fordítókamrák.

Ezekre látunk példát vízszintes kivitelben a 17.3., 17.4., 17.5. ábrákon, függőleges kivitelben pedig a 17.6. ábrán. Jellemzésül leírjuk, hogy a hőátbocsátási tényező  $e$  készülékekben  $500 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  körül mozgott.

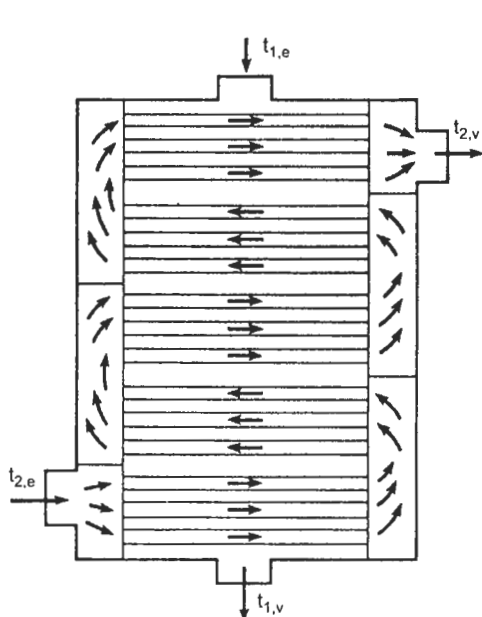
A későbbiek során kialakult a különféle építőelemes hőcserélők gyártmányosora. A hazai távhőszolgáltatási rendszerekben az 1980-as évekig szinte kizárólag az akkor



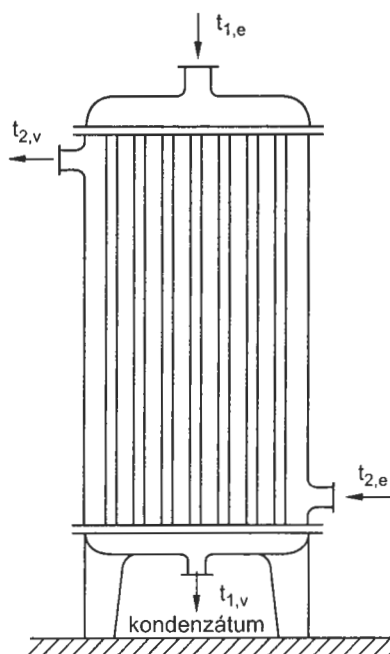
17.3. ábra. Vízszintes csővezésű, régi típusú hőcserélő [2]



17.4. ábra. Tartályból és fűtőcsövekből álló, terelőlemezekkel ellátott régi típusú hőcserélő [2]



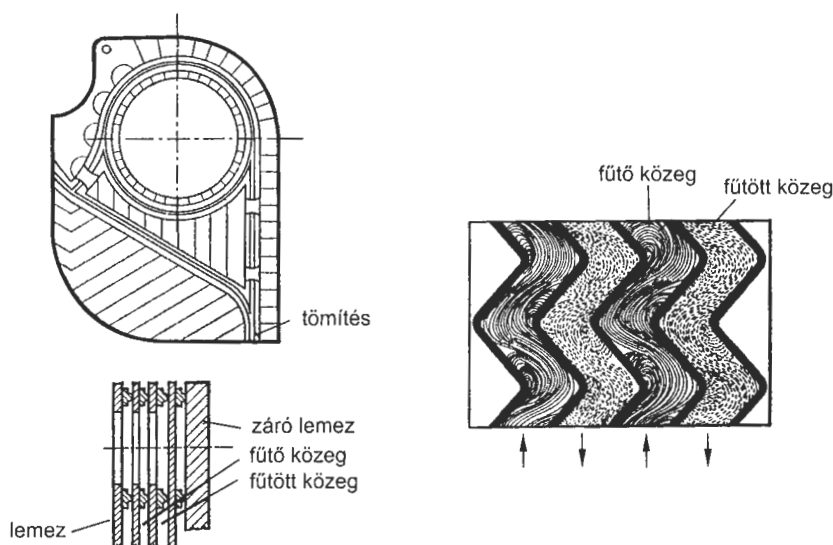
17.5. ábra. Tartályból és fűtőcsövekből álló, többjártú, régi típusú hőcserélő [2]



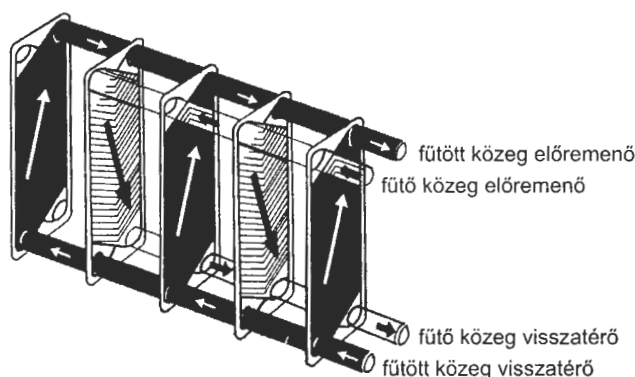
17.6. ábra. Függőleges elrendezésű, régi típusú ellenáramú hőcserélők

gyártójáról „Fűtőber” hőcserélőnek nevezett családot alkalmazták, mind a fűtés, mind pedig a használati melegvíz előállítás céljára. Még ma is sok hőközpontban ez a fajta hőcserélő működik, rajza számos korábbi szakkönyvben megtalálható [7], [15]. Mivel a hőcserélő család itt már 16 féle elemből állt, a soros és párhuzamos kapcsolás sokféle lehetősége volt adott és a kialakítás is korszerűsödött, a jellemző hőátbocsátási tényező elérte az  $5000 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  értéket is.

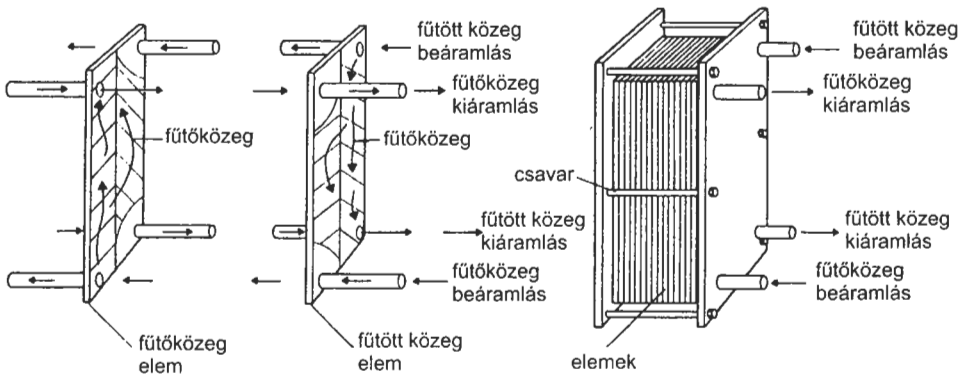
Napjainkra ez a helyzet is gyökeresen megváltozott. A mai hőközpontokban döntően az úgynevezett lemezes-, más néven laphőcserélőket találjuk, melyeket a fűtéstechikai ipar az élelmiszeripari fejlesztés területéről vett és alakított át saját céljainak megfelelően. A gyártmányosorok [17], [20], [21] rendkívüli rugalmasságot biztosítanak mind az áramlási- hőátadási optimum, mind pedig a legkisebb elegendő felület beépítésének szempontjából. Az elvet a működést és az összeszerelést a 17.7., 17.8. és a 17.9. ábra mutatja. A beépítendő fűtőfelület a korábbiakhoz képest már olyan erősen csökken, hogy a hőközpontokban az átalakítások során tetemes hely szabadul fel és természetesen a hőveszteség is jelentősen megfogytokozik, illetve új hőközpontok építésénél egészen más tervezési elveket alkalmazunk, mint a csököteges hőcserélők korszakában.



17.7. ábra. A lemezes (lap) hőcserélők elve



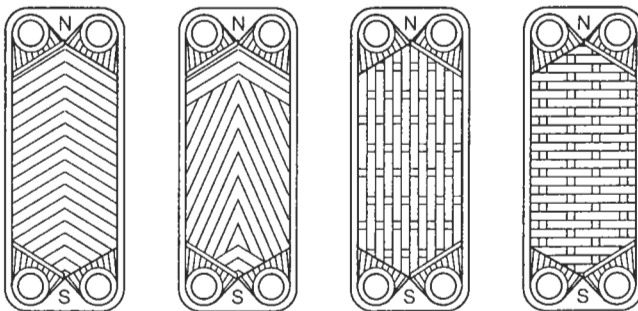
17.8. ábra. Lemezes (lap) hőcserélők működése



17.9. ábra. Lemezes (lap) hőcserélők összeszerelése

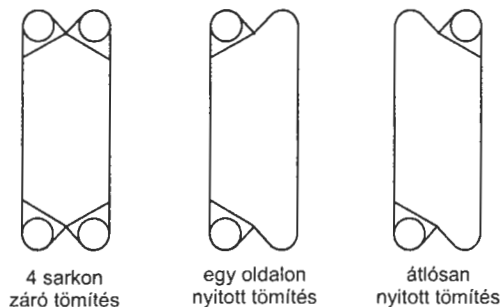
A lemezes (lap) hőcserélők anyaga rozsdamentes acél, igen kis súrlódási ellenállással, és a turbulencia nagymértékű fokozását elősegítő kialakítással. A járatokban a közegek sebessége fokozható, így minden eszközzel növelhető a fűtő- és fűtött oldali hőátadási tényező és a hőátbocsátási tényező is, melynek nagyságrendje a  $10.000 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  értéket is eléri. Ugyanakkor magukat a lapokat különféle geometriai méretekkel gyártják és a lapokat egymással sorosan és párhuzamosan lehet kapcsolni az optimális fűtőfelület megválasztása érdekében. Mindezzel olyan flexibilis és gazdaságos megoldást kapunk, hogy a régebbi típusok ma már teljesen kiszorulóban vannak. Érdekes még azon is elgondolkodnunk, hogy a lemezes (lap) hőcserélők alapvető megoldása teljesen egyezik a tagos öntöttvas kazánok kialakításának elveivel: egy változatos méretben gyártott fémlap két oldalán áramlik a fűtő- és fűtött közeg, az összehúzott közbülső lapokat elő- és hátlap fogja össze és a flexibilis összeállítási lehetőség nagyon megfelel a fűtéstechnika különféle nagyságrendű teljesítmény igényeinek.

A lemezek változatos bordázattal készülnek (példaképpen lásd a 17.10. ábrát), a különféle áramlási irányokat különféle tömítések biztosítják. (17.11.) ábra



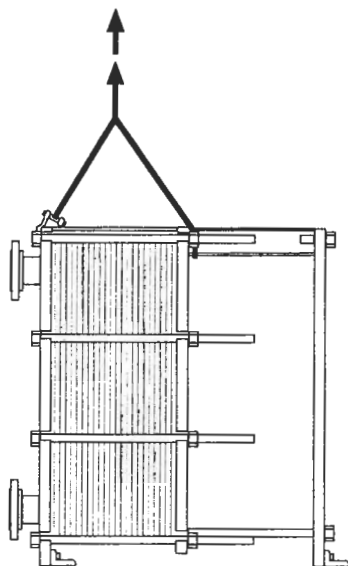
17.10. ábra. Példa különféle lemez bordázatok kialakítására



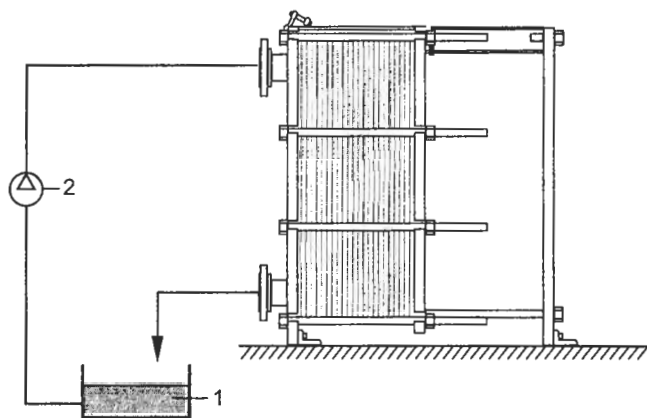


17.11. ábra. A különféle átfáramlást biztosító tömítések típusai

Ma, amikor a hőcserélőket gyártó cégek igen célszerű és jól kidolgozott összeszerelési útmutatókat és számítógépes méretezési eljárásokat bocsátanak a tervezők rendelkezésére, a további részletekkel könyvünkben nem érdemes foglalkoznunk [15], [16], [17], [18], [19], [20]. Bemutatjuk még azonban a hőcserélők emelését (17.12. ábra) és átmosását (17.13. ábra).



17.12. ábra. A lemezes (lap) hőcserélő emelése

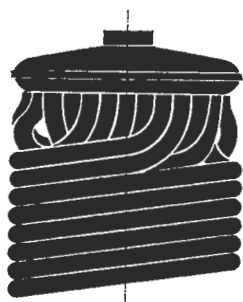


17.13. ábra. A lemezes (lap) hőcserélő tisztítása

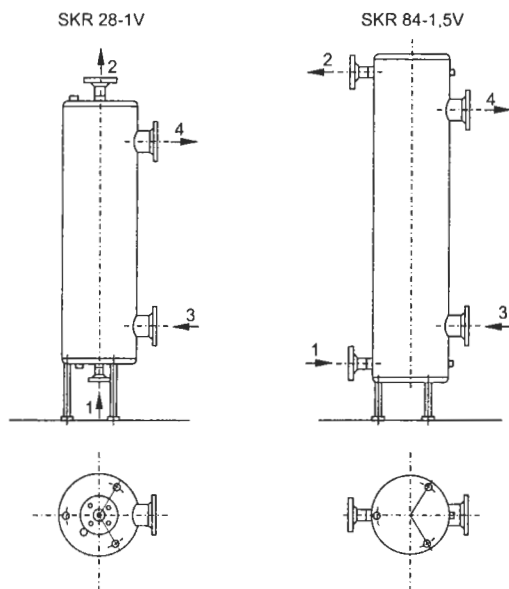
1 – Tisztító közeg (10%-os salétromsav, 5%-os foszforsav, 5%-os EDTA, 2%-os Napolimetafoszfát és 2%-os Na-trimetafoszfát 50 °C); 2 – Tisztítóközeg szivattyúja

A lemezes (lap) hőcserélők elterjedésének korai időszakában 1980 táján a hazai ipar az úgynevezett „felsavart csöves” és „felsavart lap” hőcserélőket kezdte gyártani, ezek elvét és beépítését mutatja a 17.14., 17.15., 17.16. és 17.17. ábra.

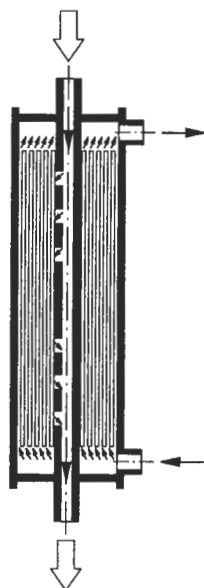
Mindkét hőcserélő típus korszerű, mert a kis átáramlási keresztmetszetek, valamint a turbulenciát fokozó megoldások miatt igen kis felületekkel oldhatók meg a különféle feladatok.



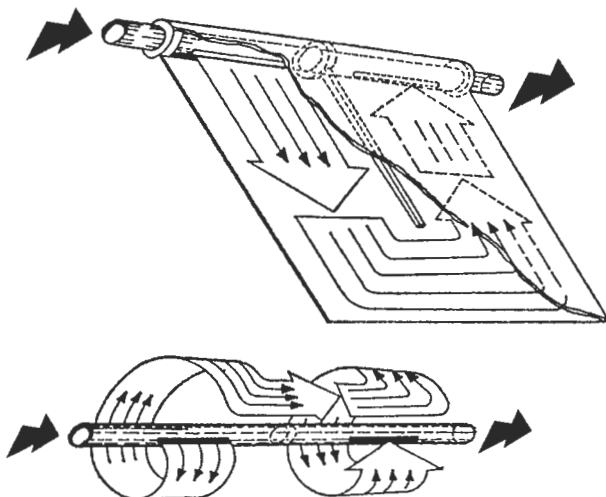
17.14. ábra. Felsavart-csöves hőcserélő elve [18]



17.15. ábra. Felsavart-csöves hőcserélő beépítése [18]  
1 – fűtőközeg beáramlás; 2 – fűtőközeg kiáramlás; 3 – fűtött közeg beáramlás; 4 – fűtött közeg kiáramlás



17.16. ábra. Felsavart lap-hőcserélő beépítése [19]



17.17. ábra. Felsavart lap-hőcserélő elve [19]

## Irodalom

- [1] ASHRAE – *Technical Committees and Task Groups: Ashrae Handbook – Fundamentals*  
ASHRAE Inc. Atlanta, USA, 1983.
- [2] ASHRAE – *Technical Committees and Task Groups: Ashrae Handbook HVAC Systems and Equipment*  
ASHRAE Inc. Atlanta, USA, 1996.
- [3] Bošnjaković, F.:  
*Technische Thermodynamik II.*  
Theodor Steinkopff Verlag, Dresden, 1965.
- [4] Dietzel, F.:  
*Műszaki Hőtan*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.
- [5] Gröber-Erk-Grigull:  
*Grundgesetze der Wärmeübertragung*  
Springer Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg, 1963.
- [6] Gregorig, I.:  
*Wärmeaustauscher*  
H. R. Sauerländer and Co., Frankfurt/M., 1959.
- [7] Homonnay, Gyné:  
*Fűtéstechnika I. Egyetemi jegyzet*  
Tankönyvkiadó, Budapest, 1976.
- [8] Homonnay, Gyné. – Molnár, Z.:  
*Fűtéstechnika*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.
- [9] Jászai, T.:  
*Műszaki hőtan. Hőközlés. Egyetemi jegyzet*  
Tankönyvkiadó, Budapest, 1966.
- [10] Menyhárt, J.:  
*Az épületgépészet kézikönyve*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1977.
- [11] Mihejev, M. A.:  
*A hőátadás gyakorlati számításának alapjai*  
Tankönyvkiadó, Budapest, 1963.
- [12] Recknagel, H. – Sprenger, E. – Schramek E. R.:  
*Fűtés- és Klimatechnika 2000*  
Dialóg Campus Kiadó, Budapest-Pécs, 2000.
- [13] Schramek, E. R. (Recknagel-Sprenger):  
*Taschenbuch für Heizung+Klimatechnik 2000 (69. Auflage)*  
R. Oldenbourg Verlag, München-Wien, 1999.

- [14] Szűcs, E.–Völgyes, I.:  
*Épületgépészeti folyamatok*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1975.
- [15] Tervezési segédlet:  
*Hőcserélők, tartályok. FÜTŐBER 3. kötet.*  
ÉTK, Budapest, 1971.
- [16] ALFA-LAVAL hőcserélők.  
Gyártmányismertető sora
- [17] APV Heat Exchanger  
Gyártmányismertető sora
- [18] CTC hőcserélők  
FÜTŐBER – Gyártmányismertető sora
- [19] SPIREC-FÉG hőcserélő gyártmányismertető sora
- [20] SWEP: *Lemezes hőcserélők*  
Gyártmányismertető sora
- [21] VICARB: *Tömörített lemezes hőcserélők*  
Gyártmányismertető sora
- [22] *A hő- és anyagátadás gyakorlata*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1980.
- [23] Dunn, P. D.:  
*Hőcsövek*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1982.
- [24] Fraas, A. P.  
*Heat exchanger design*  
Wiley, corp., New York, 1989.
- [25] Gosman, A. D.:  
*Computer-aided engineering: Heat transfer and fluid flow*  
Horwood, Chichester, 1985.
- [26] Haberman, W. L.:  
*Engineering thermodynamics with heat transfer*  
Allyn and Bacon, Boston, 1989.
- [27] *Handbook of heat and mass transfer*  
Houston, Tex., Gulf, 1980.
- [28] *Heat exchanger sourcebook*  
Hemisphere, Washington, 1986.
- [29] Holman, J. P.:  
*Heat transfer*  
McGraw-Hill, New York, 1980.
- [30] Incropera, F. P.:  
*Fundamentals of heat and mass transfer*  
Wiley, corp., New York, 1990.

- [31] Kays, W. M.:  
*Convective heat and mass transfer*  
McGraw-Hill, New York, 1980.
- [32] Kays, W. M.:  
*Compact heat exchangers*  
McGraw-Hill, New York, 1985.
- [33] Modest, M. F.:  
*Radiative heat transfer*  
McGraw-Hill, corp., New York, 1993.
- [34] Özisik, M.:  
*Heat transfer: A basic approach*  
New York, McGraw-Hill, corp., 1990.
- [35] Rogers, G. – Crichton F.:  
*Engineering thermodynamics: Work and heat transfer*  
Longman, London, 1986.
- [36] Rohsenov, W. M.:  
*Heat, mass, and momentum transfer*  
Prentice-Hall, London, 1961.
- [37] Shenoy-Uday, V.:  
*Heat exchanger network synthesis:  
Process optimization by energy and resource analysis*  
Tex., Gulf, corp., Houston, 1995.
- [38] Sing, J.:  
*Heat transfer fluids and systems for process and energy applications*  
Dekker, New York, 1985.
- [39] Sparrow, E. M.:  
*Radiation heat transfer*  
Hemisphere, New York, 1985.
- [40] Stephan, K.:  
*Heat transfer in condensation and boiling*  
Springer, Berlin, 1980.
- [41] White, F. M.:  
*Heat and mass transfer*  
Addison-Wesley, Reading, Mass., 1988.
- [42] Wong, H. Y.:  
*Hőátadási zsebkönyv*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983.
- [43] Zemansky, M. W.:  
*Heat and thermodynamics*  
An intermediate textbook, McGraw-Hill, New York, 1968.

## 18. Hőközpontok

Ha a fűtendő épület vagy létesítmény a hőt nem közvetlenül tüzelőszerkezettől (kazán, kazánház), hanem csővezetéken érkező hőhordozótól kapja, úgy a hőhordozó közeg fogadására, átalakítására, elosztására, szabályozására, mérésére szolgáló technológiai berendezést, azaz hőközpontot iktatunk a hőhordozó közeg és a fűtött épület (létesítmény) közé [1]. Az előbbi fejezetben tárgyalt hőcserélők e hőközpontokban szolgálhatnak a fűtendő épület hőtermelő berendezéseként.

A törvényben is rögzített szóhasználat tisztázása érdekében említjük meg, hogy a hőcserélő berendezésekkel megoldott hőközpont elvileg lehet:

- **termelői hőközpont;** mely a távhő termelőjénél szolgál arra, hogy a hőhordozó közeget kiadják, továbbítsák, elosszák és átalakítsák, mérjék és szabályozzák;
- **szolgáltatói hőközpont;** mely több épület, építmény, vagy létesítmény hőellátása céljából, általában az ellátandó épületeken kívül létesül és tölti be az előbbihez hasonló feladatát;
- **fogyasztói hőközpont;** egy épület, építmény, vagy létesítmény hőellátása céljából, abban elhelyezett, a hőhordozó közeg fogadására, átalakítására, mérésére szolgáló technológiai berendezés.

Egy másik felosztást figyelembe véve beszélhetünk:

- **lakossági hőközpontokról,** mellyel értelemszerűen lakások, közületek, hivatalok, kommunális létesítmények hőellátását oldjuk meg és
- **ipari hőközpontokról,** melyek technológiai célra szolgáltatják a hőenergiát.

A forróvízre kapcsolt lakossági hőközpontok lehetnek:

- közvetlen kapcsolásúak, ahol a szállító és fogyasztórendszer (primer és szekunder rendszer) hidraulikailag nincs elválasztva egymástól,
- közvetett kapcsolásúak, ahol a primer és szekunder rendszert hőcserélő választja el egymástól,
- állandó tömegáramú rendszerek, ahol a hőközponton átáramló primer forróvíz tömegárama állandó,
- változó tömegáramú rendszerek, ahol a szabályozás a primer tömegáram változtatásával (is) történik,

- soros-, párhuzamos-, előny- és vegyes kapcsolású rendszerek, attól függően, hogy a hőközpont hogyan oldja meg a fűtési és használati melegvíz termelés egymástól eltérő igényeinek kielégítését (részletesen lásd: kötetünk „Szivattyús fűtések” c. fejezetét),
- automatikus, vagy kézi kapcsolású hőközpont attól függően, hogy a fogyasztó oldali hőmérséklet, nyomás, tömegáram, stb. paraméterek szabályozását kézi beavatkozással, vagy automatikusan oldják-e meg.

Az ipari jellegű hőközpontok szintén lehetnek közvetlen és közvetett kapcsolásúak, egyébként azonban az ipari fogyasztók rendkívüli változatossága nem teszi lehetővé a pontos és részletes felsorolását (lásd még kötetünk „Szivattyús melegvízfűtések”, „Távhőszolgáltatás”, „Kisnyomású gőzfűtések” és „Nagynyomású gőzfűtések” c. fejezeteit).

A hőközpontok kérdéseivel itt, e fejezet keretében csak igen szűkre szabottan, a törvényi megfogalmazás, a feladat, a helyigény, valamint a telepítési, építészeti, installációs követelményrendszerek szempontjából foglalkozunk. Ennek oka az, hogy a hőközpontok értelemszerűen döntő kapcsoló elemként szerepelnek abban a hő- áramlás- és irányítástechnikai rendszerben, melyet az energia termelése, szállítása, épületbeni fogadása és az épületek hőellátási rendszere jelent. Ezért a hőközpontok rendszerből kiragadott tárgyalása igen helytelen szemlélethez vezetne és ellentmondana a kötetünk tárgyalása során mindig és minden esetben követett szigorú szemlélet elvének, mely felfogás szerint a hőközpont a kazánházhoz, vagy bármilyen egyéb hőforráshoz hasonlóan a belső fűtési rendszerrel egy és azonos hidraulikai-hőtechnikai egységet képez [4].

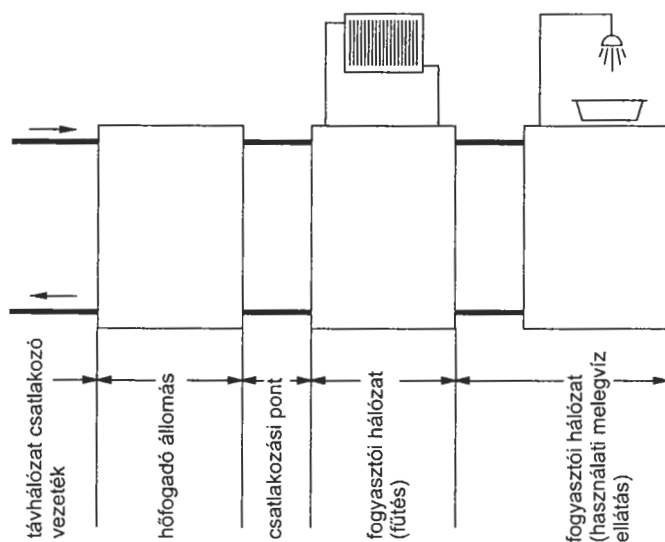
Ezen szemlélet tükrében kell a célnak megfelelő rendszertervet készíteni, melynek – összhangban a teljes tervezett megoldás térbeni és időbeni kialakításával – tartalmaznia kell:

- a 18.1. pontban felsoroltak szerint a választott hőközpont típust,
- a megválasztás szempontjait,
- a megválasztott típus szerelvényezését, a szabályozási és mérési módszert,
- a belső (szekunder) fogyasztói fűtési rendszer típusát, jellemzőit,
- a használati melegvízellátás típusát, jellemzőit,
- az esetleges egyéb fogyasztók típusát, jellemzőit,
- a fogyasztói rendszerek hőigényét (lásd „Alapismeretek” kötet „Hőszükséglet” c. fejezet),
- a vízminőség illesztési kérdéseit (lásd „Alapismeretek” kötet „Vízkezelés” c. fejezet).

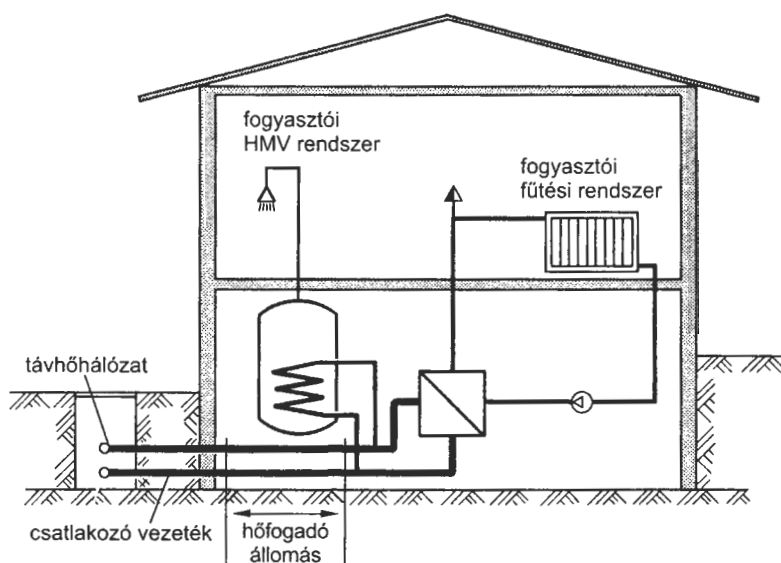
Mindezek miatt a kapcsolási vázlatokhoz, megoldásokhoz, méretezési kérdésekhez, a működésbeni kérdések feltáráshoz az olvasónak fel kell lapoznia kötetünk „Szivattyús melegvízfűtések”, illetve „Távhőszolgáltatás” c. fejezetét, valamint természetesen forgatni kell az [1], [11], [12], [13], [14], [15], [16] alatt megjelölt forrásmunkákat is.

## 18.1. A hőközpontok alkotóelemei

A hőközpontok elemeit sematikus kapcsolási vázlaton a **18.1. ábrán**, az épületben való elhelyezkedést is mutatva a **18.2. ábrán**, a hőfogadók főbb alkotóelemeit jellemezve pedig a **18.3. ábrán** és a **18.4. ábrán** láthatjuk.



18.1. ábra. Lakossági hőközpont elemei [3]



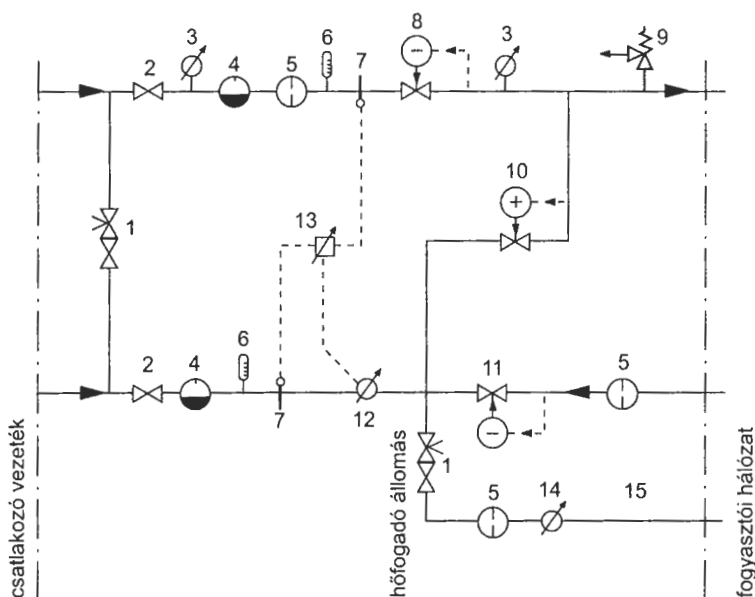
18.2. ábra. Hőközpont és elemei az épületben [3]



A hőközpontok főbb elemei az alábbiak [1] alapján:

- *hőfogadó állomás*: a távhőhálózaton érkező hőhordozó közeg (forró víz vagy gőz) fogadására, mérésére, átalakítás nélküli továbbítására szolgáló technológiai berendezés,
- *csatlakozási pont*: a szolgáltatói és fogyasztói berendezés határán beépített elzáró szerelvénynek a fogyasztó felé eső oldala, elzáró szerelvény hiányában a fogyasztási helyet magában foglaló ingatlan (épület, építmény, telek) tulajdoni határa,
- *fogyasztói vezetékhálózat*: az a csővezeték rendszer, amely a hőhordozó közeg által szállított hőt a csatlakozási ponttól a felhasználó berendezésig (hőleadó, fűtőtest, hőhasznosító, fűtött helyiségek) továbbítja.

A közvetlen és közvetett hőközpontok hőfogadóinak főbb alkotóelemeit a 18.3. és 18.4. ábra mutatja.



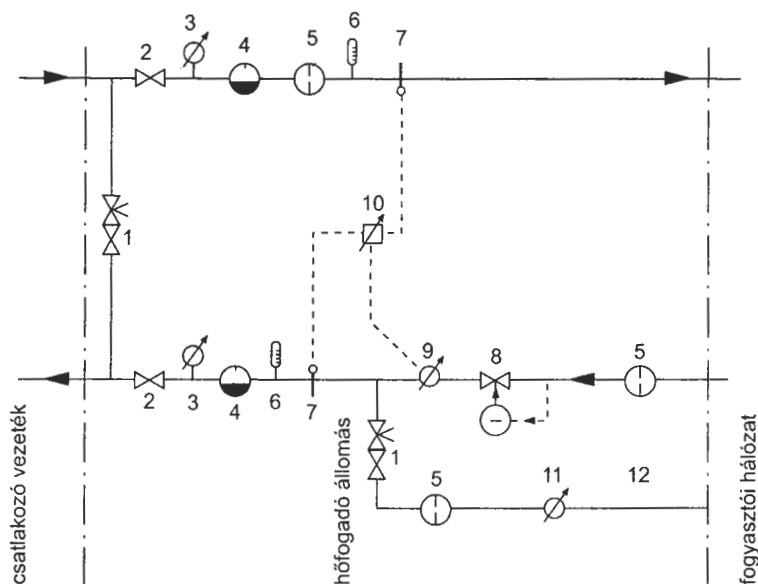
18.3. ábra Közvetlen kapcsolású hőfogadó állomás főbb alkotóelemei

1 – Rövidre záró vezeték, elzáró és fojtószerelvény; 2 – Főelzáró (nyomásfokozata azonos a primer hálózattal); 3 – Nyomásmérő (ellenőrzésre!); 4 – Szennyfogó; 5 – Szűrő; 6 – Hőmérő (ellenőrzésre!);

7 – Hőmérő (hőmennyiség mérésére!); 8 – Nyomáscsökkentő szelep; 9 – Biztonsági szelep; 10 – Túláramszelep; 11 – Mennyiség szabályozó; 12 – Átfolyó mennyiség mérése (hőmennyiség méréshez!);

13 – Hőmennyiségmérő (Pillanatérték, integrál, regisztrál);

14 – Átfolyó mennyiség mérése (töltővíz méréséhez!); 15 – Töltővezeték



18.4. ábra. Közvetett kapcsolású hőfogadó állomás főbb alkotóelemei

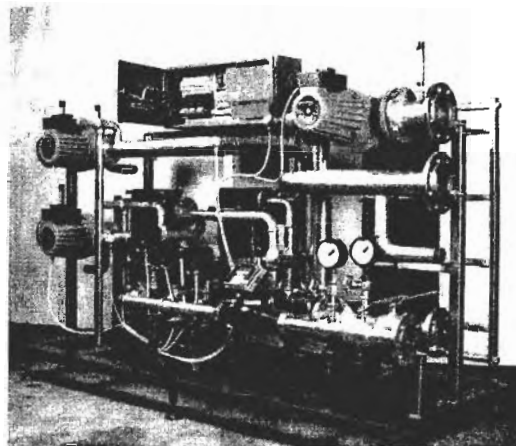
1 – Rövidre záró vezeték, elzáró és fojtószeleppel; 2 – Főelzáró (nyomásfokozata azonos a primer hálózattal); 3 – Nyomásmérő (ellenőrzésre); 4 – Szennyfogó; 5 – Szűrő; 6 – Hőmérő (ellenőrzésre); 7 – Hőmérő (hőmennyiség mérésére); 8 – Mennyiség szabályozó; 9 – Átfolyó mennyiség mérése (hőmennyiség méréshez); 10 – Hőmennyiség mérő (pillanatérték, integrál, regisztrál); 11 – Átfolyó mennyiség mérése (töltővíz méréshez); 12 – Töltővezeték

Az ábrákon feltüntetett elemeket a fogyasztói hőközpontban követi azután:

- az elzáró szerelvény a szekunder oldal lezárására,
- a különféle fogyasztói helyek csatlakozása,
- a keringtető szivattyúk,
- az esetleges keverőszivattyúk,
- az esetleges fojtószelepek, illetve nyomásfokozók,
- a hőcserélők,
- a biztonsági vezetékek és szerelvények,
- a szabályozó rendszerek,
- a töltés-ürítés-légtelenítés szerelvényei.

Mindezeket a „Szivattyús melegvízfűtések”, a „Kisnyomású gőzfűtések” és a „Nagynyomású gőzfűtések” c. fejezetekben részletesen tárgyaljuk.

Megjegyezzük, hogy az egészen kis teljesítményű, egy-két családi ház fűtését szolgáló hőközpontok előre gyártva, úgynevezett „kompakt” hőközpont formájában is kaphatók, ennek példáját mutatja a **18.5. ábra**. Ezeket a hőközpontokat a szereléskor már csak csatlakoztatni kell a csővezetékekhez és az elektromos rendszerhez. Helyigényük igen kicsi, és a magyar nyelvi szempontból nem túlságosan szép, de igen kifejező „szerelésbarát” szóval jellemezhetők.



18.5. ábra. Kompakt hőközpont (SZOVATHERM)

## 18.2. Telepítési kérdések

A távhőszolgáltatással ellátott lakótelepeken a fogyasztói hőközpontokat általában a fűtött épületekben, ritkábban önálló építményekben helyezik el. Az elhelyezési megfontolások sorában fontos

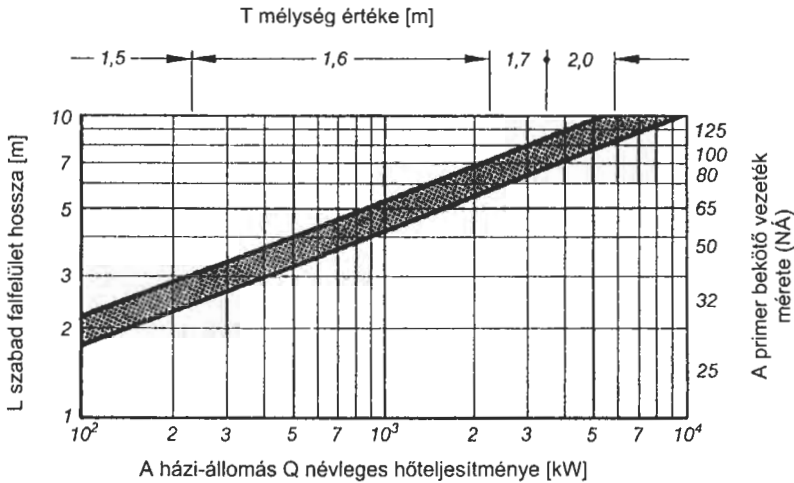
- *egyfelől* a távhőszolgáltató hálózat nyomvonalának alakítása a hőközpontok telepítési helyének függvényében,
- *másfelől* az, hogy a villamos energia szolgáltatás transzformátor állomásának beépítési lehetőségét a tervezéskor figyelembe kell venni.

A nagyságrendekkel kapcsolatban tájékoztató jelleggel mondhatjuk, hogy az igazi tömeges igényt maguk a lakások jelentik, a többi fűtött létesítmény (kommunális, kereskedelmi jellegű, oktatási célú létesítmények, stb.) jó közelítéssel a lakásszám függvényében változnak. A tervutasításos, szocialista rendszerben az átlag lakás alapterülete 52–54 m<sup>2</sup> volt, e típust figyelembe véve optimálisan 200–400 lakás hőellátására létesítettek 1–1 hőközpontot.

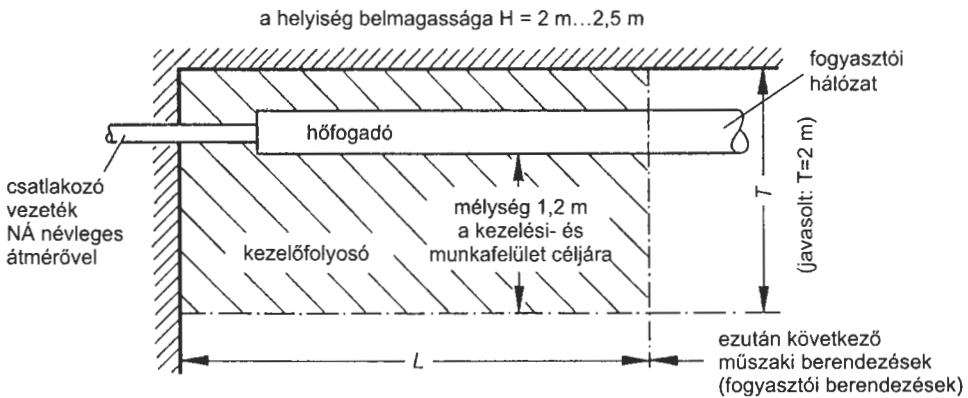
Ma már természetesen egészen más, egyedi megfontolások érvényesülnek, és természetesen nincs is a hajdanihoz hasonló tömeges építkezés. Felhívjuk még a figyelmet, hogy magas épületek számára a hidraulikai megfontolások miatt külön hőközpontokat kell létesíteni.

### 18.3. Építészeti helyigény

A hőközpontok létesítéséhez minimum 2,0 méter belmagasság, de a munkavédelmi, baleset-elhárítási követelmények miatt általában 3,0–3,5 m belmagasság szükséges. Az egyéb geometriai méretekre a 18.6. és 18.7. ábra ad eligazítást.



18.6. ábra. Házi-állomás kiépítéséhez szükséges szabad falfelület



18.7. ábra. Hasznos felületek mérete távhőhálózatok átadó állomásainál, 100 kW-nál nagyobb csatlakozási teljesítmény esetén (irányértékek)

Az egyes szerkezeti elemek helyszükségletének megállapításához azok beépítési, kezelési, karbantartási és cserélhetőségi helyigényét kell figyelembe venni.

A földszinti elhelyezésű elemeknél gondolni kell a célszerűen elhelyezett, megfelelő nyílászárókra is.

Külön figyelmet kell fordítani a gépelemek mozgására, beemelésére szolgáló horgokra, a csúszásmentes, megfelelő lejtéssel kialakított padlóra és az esetleges talajvíz elleni védelemre is.

A helyiséget a szomszédos helyiségektől ajtóküszöbbel kell elválasztani oly módon, hogy e helyiségek a fűtővíz ürítésekor a kiömlő víztől védve legyenek.

A hőközpontokat nem szabad az alvásra szánt helyiségek közelében elhelyezni. Megfelelő be- és kijárat megoldást kell létesíteni és a zajszint előírásokat teljesítő, valamint a gazdaságos veszteséget figyelembe vevő hő-és hangszigetelést kell alkalmazni. Különös gondot kell fordítani ebből a szempontból az elválasztó födémre és a falazatra is. A bejáratot jól látható felirattal kell ellátni, és meg kell oldani, hogy illetéktelenek ne léphessenek be a helyiségbe.

## 18.4. Egyéb előírások

A hőközponti helyiségekben gázvezeték nem helyezhető el. Célszerű ügyelni a hőközponton áthaladó egyéb közművekre is, főként abból a szempontból, hogy a bejutás nehézségekbe ütközhet.

A hőközpontban a helyiségen kívül elhelyezett mérőn keresztül külön hidegvíz csatlakozásra van szükség, a megfelelő burkolattal ellátott padlózatot vízteleníteni kell, és a hőközponton belül a csatorna hálózat anyaga lehetőleg hegesztett acélcső legyen.

A villamos energiát ugyancsak külön mérőn keresztül, helyileg feszültség mentesíthető módon kell megoldani, védett villamos csatlakozási pontot, valamint külön 24 V-os csatlakozást és elérhető világítási kapcsolókat kell létesíteni.

Feltétlenül gondoskodni kell a szivattyúk zajhatásának csökkentéséről épületszerkezettől független, rezgésmentes gépalapok segítségével. A tervezésnél a szomszédos helyiségekben előírt, illetve megengedett zajszinteket kell figyelembe venni (ld. „Alapismeretek” kötet „Akusztika” c. fejezete).

Biztosítani kell továbbá a folyamatos szellőztetés lehetőségét is.

## Irodalom

- [1] TÖRVÉNYEK  
1998. évi XVIII. törvény, a távhőszolgáltatásról  
egységes szerkezetben a végrehajtásra kiadott 1/1999. (I.1.) korm. rendelettel
- [2] ASHRAE: – *Technical Committees and Task Groups:*  
*Ashrae Handbook – Fundamentals*  
ASHRAE Inc. Atlanta, USA, 1983.
- [3] BUDERUS  
*Handbuch für Heizungstechnik* (33. Auflage)  
Beuth Verlag GmbH, Berlin-Wien-Zürich, 1994.
- [4] Churchman, C.W.:  
*Rendszerszemlélet*  
Statisztikai Kiadó Vállalat, Budapest, 1974.
- [5] Homonnay, Gyné:  
*Távhőellátás I–II.* Főiskolai jegyzet  
Pollack Mihály Műszaki Főiskola, Pécs, 1988.
- [6] Homonnay, G.:  
*Fernheizungen*  
Verlag C. F. Müller, Karlsruhe, 1977.
- [7] Kiss, R. (főszerk.):  
*Távhőellátási zsebkönyv*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1977.
- [8] Recknagel, H. – Sprenger, E. – Schramek E. R.:  
*Fűtés- és Klimatechnika 2000*  
Dialóg Campus Kiadó, Budapest-Pécs, 2000.
- [9] Schramek, E. R. (Recknagel-Sprenger):  
*Taschenbuch für Heizung+Klimatechnik 2000* (69. Auflage)  
R. Oldenbourg Verlag München Wien, 1999.
- [10] Technische Bedingungen für den Anschluß  
von zentralen Heizungs-Wasserwärmungs-, Lüftungs- und  
Klimaanlagen (TAB) an das BEWAG Fernheiznetz  
Berliner Kraft- und Licht (Bewag) Aktiengesellschaft, 1983.
- [11] *Távhőellátás fogalommeghatározásai*  
MSZ 09-85.0001:1986.  
Ipari ágazati szabvány G-24  
(Ma csak irodalomként használható!)
- [12] *Távhőellátás adatai*  
MSZ 09-85.0019:1989  
Műszaki irányelvek G-24  
(Ma csak irodalomként használható!)

- [13] *Táv hőellátási rendszertervek tartalmi követelményei*  
MSZ 09-85.0010:1986  
Ipari Ágazati Szabvány G-24  
(Ma csak irodalomként használható!)
- [14] *Fogyasztói hőközpontok létesítésének követelményei*  
MSZ 09-85.0005:1986  
Ipari Ágazati Szabvány G-24  
(Ma csak irodalomként használható!)
- [15] *Forróvíz hőhordozójú távhő rendszerek biztonságtechnikai követelményei*  
MSZ 09-85.0021:1989  
Ipari Ágazati Szabvány G-24  
(Kötelező!)

## 19. Hőleadók, fűtőtestek

A hőtermelő-egységben (kazánházban, hőközpontban) előállított hőenergiát a hőszállító-rendszer (csővezeték) a *hőleadóhoz* juttatja. A helyiségeket végső soron e hőleadók fűtik, mindennapi nyelven ezeket „*fűtőtest*” néven emlegetjük. A fűtőtest feladata, hogy a hőhordozó közeg (általában víz, egyes esetekben gőz, levegő, vagy olaj) által szállított hőt a helyiségnek sugárzással, illetve konvekcióval átadja, ezzel a hővesztésnek megfelelő hőáramot a fűtendő helyiségbe juttassa oly módon, hogy közben biztosítja a helyiségben tartózkodók kellemes hőérzetét (nem emberi tartózkodásra szánt helyiségben természetesen más feltételeket is megszabhatunk). Elvi, hőtani szempontból tehát a fűtőtest is hőcserélő berendezés. Ha visszalapozunk kötetünk „Hőcserélők” c. fejezetéhez, meg is találjuk a hőleadók besorolását, és már bizonyos eligazítást is kapunk a méretezés, vagy kiválasztás eljárására és folyamatára.

A ma már igen széles választékot nyújtó fűtőtest-típusok osztályozása, csoportosítása nagyon sok szempont szerint lehetséges, de ahogy azt a következőkben látjuk, az elvileg célravezető eljárás a hőleadási mechanizmus vizsgálatán alapszik. Ennek keretében azt kell vizsgálnunk, hogy a hőáram a fűtőtest felületéről döntően sugárzással, vagy döntően konvekcióval áramlik-e a fűtött környezetbe.

### 19.1. A fűtőtest felületéről a fűtött környezetbe jutó hőáram elemzése

#### 19.1.1. A sugárzási és konvekciós hőleadás

A **19.1. ábrán** elvi helyiséget látunk, melyben a határoló szerkezetek belső felületi hőmérséklete egymástól eltérő, s ahol egyelőre ismeretlen hőtechnikai paraméterekkel jellemzett, általános helyzetű fűtőtestet helyeztünk el.



Írjuk fel a hőcsere egyenletét a hőleadó és az egyes felületek között:

$$\begin{aligned} \dot{Q} = A_{f\ddot{u}} \left\{ C_{f\ddot{u}-fal_1} \cdot \Phi_{f\ddot{u}-fal_1} \left[ \left( \frac{T_{f\ddot{u}}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_{fal_1}}{100} \right)^4 \right] + \right. \\ + C_{f\ddot{u}-fal_2} \cdot \Phi_{f\ddot{u}-fal_2} \left[ \left( \frac{T_{f\ddot{u}}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_{fal_2}}{100} \right)^4 \right] + \\ + C_{f\ddot{u}-fal_3} \cdot \Phi_{f\ddot{u}-fal_3} \left[ \left( \frac{T_{f\ddot{u}}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_{fal_3}}{100} \right)^4 \right] + \\ + C_{f\ddot{u}-fal_4} \cdot \Phi_{f\ddot{u}-fal_4} \left[ \left( \frac{T_{f\ddot{u}}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_{fal_4}}{100} \right)^4 \right] + \\ + C_{f\ddot{u}-me} \cdot \Phi_{f\ddot{u}-me} \left[ \left( \frac{T_{f\ddot{u}}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_{me}}{100} \right)^4 \right] + \\ + C_{f\ddot{u}-pa} \cdot \Phi_{f\ddot{u}-pa} \left[ \left( \frac{T_{f\ddot{u}}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_{pa}}{100} \right)^4 \right] + \\ \left. + \alpha_{konv}(t_{f\ddot{u}} - t_{lev}) \right\} \quad (19.1.) \end{aligned}$$

ahol

$\dot{Q}$  a hőleadóról a helyiségbe jutó hőáram,

$A_{f\ddot{u}}$  a hőleadó felülete,

$C_{f\ddot{u}-i}$  a fűtőtest és az egyes (i-edik) felület közötti sugárzási együttható (ld. „Alapismeretek” kötet „Hőközlés” c. fejezet (1.42.) számú összefüggés),

$\Phi_{f\ddot{u}-i}$  a fűtőtest és az egyes (i-edik) felület közötti besugárzási tényező (ld. „Alapismeretek” kötet „Hőközlés” c. fejezet (1.44.) és (1.46.) összefüggés),

$T_{f\ddot{u}}, T_i$  a fűtőtest, illetve az egyes (i-edik) felület felületi hőmérséklete,

$\alpha_{konv}$  konvekciós hőátadási tényező a fűtőfelületről a helyiség levegője felé (ld. „Alapismeretek” kötet „Hőközlés” c. fejezet (1.38.) összefüggés),

$t_{lev}$  a helyiség levegőjének hőmérséklete („T” a Kelvin fokban, „t” pedig a Celsius fokban mért hőmérséklet).

Az igen hosszú és nehezen kezelhető összefüggést a következtetések levonása érdekében egyszerűsítjük. Ezért a helyiséget az ábrán jelölt „I” és „II” térfélre osztjuk. A fűtőtest ugyanis egyik irányban lényegesen kisebb méretű, mint a másik két irányban. Ezért felfoghatjuk úgy a jelenséget, hogy a fűtőtest „egyik fele” a „I” térfelet „látja”, azzal van számottevő besugárzási tényezője míg „másik fele” a „II” térféllel áll sugárzási hőcserében, és egy-egy térfél felé

$A_{f\ddot{u}}/2$  felület néz. Az „Alapismeretek” kötet „Hőérzet” c. fejezet, (12.7.) összefüggése alapján felírhatjuk a két térfél sugárzási hőmérsékletét:

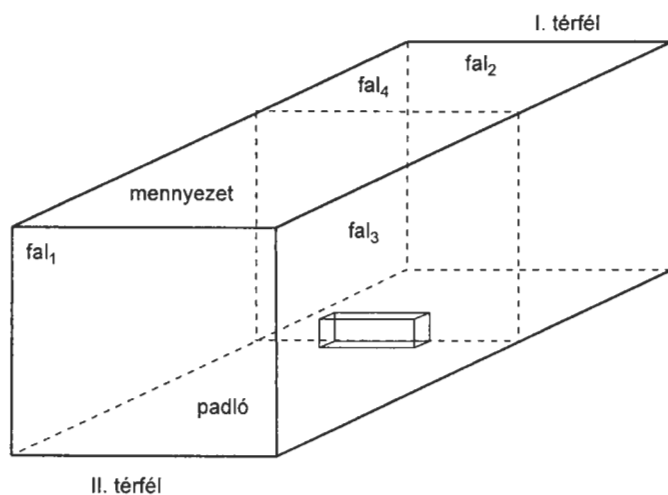
$$t_{sug I} = \sqrt[4]{\sum_{i=1}^{n_I} \Phi_{f\ddot{u}-i} T_i} - 273 \quad (19.2/a)$$

$$t_{sug II} = \sqrt[4]{\sum_{i=1}^{n_{II}} \Phi_{f\ddot{u}-i} T_i} - 273 \quad (19.2/b)$$

ahol

$i=1 \dots n_I$  „fal<sub>3</sub>”, „fal<sub>4</sub>”, mennyezet és padló „hátsó” része, és a „fal<sub>2</sub>” felület,

$i=1 \dots n_{II}$  „fal<sub>3</sub>”, „fal<sub>4</sub>”, mennyezet és padló „elülső” része, és a „fal<sub>1</sub>” felület (lásd 19.1. ábra)



19.1. ábra. Helyiségben elhelyezett fűtőtest hőegysúlya

Az eljárás könnyítése érdekében vezessük be az „ $\alpha_{sug}$ ” sugárzási hőátadási tényező fogalmát az „Alapismeretek” kötet „Hőérzet” c. fejezet (12.15.) összefüggése alapján. Így most már egyszerűbben írhatjuk fel a hőáramot:

$$\begin{aligned} \dot{Q} = & \frac{A_{f\ddot{u}}}{2} [\alpha_{sug, f\ddot{u}-I} (t_{f\ddot{u}} - t_{sug I}) + \alpha_{sug, f\ddot{u}-II} (t_{f\ddot{u}} - t_{sug II})] + \\ & + A_{f\ddot{u}} \alpha_{konv} (t_{f\ddot{u}} - t_{lev}) = \dot{Q}_{sug} + \dot{Q}_{konv} \end{aligned} \quad (19.3.)$$

Írjuk fel a hőátadási tényezők összefüggését. Az úgynevezett sugárzási hőátadási tényező az eddigiek értelmében:

$$\alpha_{sug, fű-I} = C_{fű-I} \frac{\left(\frac{T_{fű}}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_{sug I}}{100}\right)^4}{t_{fű} - t_{sug I}} \quad (19.4/a)$$

$$\alpha_{sug, fű-II} = C_{fű-II} \frac{\left(\frac{T_{fű}}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_{sug II}}{100}\right)^4}{t_{fű} - t_{sug II}} \quad (19.4/b)$$

### 19.1.2. A 19.1.1. pont gondolatmenetének alkalmazása szabadáramú fűtőtestekre

A továbbiakban ezt, a fűtőtestek későbbi, gyakorlati méretezési feladatait bevezető gondolatmenetet alkalmazzuk a szabadáramú fűtőtestekre. Azaz levezetésünk innen kezdve azon fűtőtestekre érvényes, ahol a fűtőtest körüli levegőáramlás kizárólag a hőmérsékletkülönbség miatt létrejövő sűrűségkülönbség miatt jön létre. Ebben az esetben a konvekciós hőátadási tényező:

$$\alpha_{konv} = konst \sqrt[4]{\Delta t} = konst \sqrt[4]{t_{fű} - t_{lev}} \quad (19.5/a)$$

$\alpha_{konv}$  utóbbi összefüggését az „Alapismeretek” kötet „Hőközlés” c. fejezet (1.36/a) szabadáramlásra vonatkozó törvényszerűsége alapján írhatjuk fel.

A gyakorlatban szokásos fűtőtestekre leggyakrabban az

$$\alpha_{konv} = konst \sqrt[3]{\Delta t} \quad (19.5/b)$$

összefüggés használatos.

A konstans együttható néhány szokásos értéke:

Ha

$$\frac{t_{fű} + t_{lev}}{2} = 0 \text{ °C}, \quad konst = 1,45$$

$$\frac{t_{fű} + t_{lev}}{2} = 50 \text{ °C}, \quad konst = 1,27$$

$$\frac{t_{fű} + t_{lev}}{2} = 100 \text{ °C}, \quad konst = 1,14$$

Mindhárom esetben az érvényességi tartomány: (Gr. Pr) >  $2 \cdot 10^7$  A (Gr. Pr) szorzat értelmezését az „Alapismeretek” kötet „Hőátzármatatás” c. fejezetének (1.36/a) és (1.36/b) összefüggésében találjuk.

Mit láthatunk most már a (19.3.) egyenletből?

A hőleadás mértéke és mechanizmusa a fűtőtest és környezet közötti hőmérséklet-különbségek függvénye. Míg azonban a hőcsere sugárzási része a

$$\left\{ \left( \frac{T_{fű}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_{sugl}}{100} \right)^4 \right\}$$

különbség függvénye, addig a konvekciós rész a

$$\sqrt[n]{t_{fű} - t_{lev}} \cdot (t_{fű} - t_{lev}) = (t_{fű} - t_{lev})^{\frac{n+1}{n}}$$

függvény szerint változik.

A legdöntőbb különbséget a hőáram megváltozásában az jelenti tehát, hogy a fűtőtest a hőáramot milyen módon adja át a környezetének. Ha a (szabadáramú) konvekciós rész dominál, azaz

$$\dot{Q} \approx \dot{Q}_{konv} \quad (19.6/a)$$

**konvekciós jellegű fűtőtestről**, ha a sugárzási rész dominál, azaz

$$\dot{Q} \approx \dot{Q}_{sug} \quad (19.6/b)$$

**sugárzó jellegű fűtőtestről** beszélünk.

További kérdésként az merül még fel, hogy általában a  $t_{sugl}$  és  $t_{sugll}$  hőmérsékletek nem ismeretesek. Hogyan tudunk tehát dönteni a felől, hogy vajon milyen jellegű is a fűtőtest? Az „Alapismeretek” kötet „Hőérzet” c. fejezet, (12.8.), (12.9.), (12.10.) összefüggéseivel bevezettük az eredő hőmérséklet fogalmát. Élünk itt most azzal a közelítéssel, hogy a sugárzási hőmérséklet azonos a levegő hőmérsékletével és így együtt azonosak az eredő hőmérséklettel (ez általában a szokásos méretű és szokásos paraméterekkel jellemezhető helyiségekre igen jó közelítéssel igaz is!).

Írjuk fel tehát a

$$t_{sugl} = t_{sugll} = t_{sug} = t_{lev} = t_{er} \approx t_{helyiség} \quad (19.7.)$$

összefüggést, mely egyébként a gyakorlatban alkalmazott fűtőtest méretezési eljárások elvi kiinduló alapja. Helyettesítsük be a (19.7.) összefüggést a (19.3.) összefüggésbe és kapjuk, hogy:

$$\begin{aligned} \dot{Q} &= A_{fű} [\alpha_{sug, fű-er} (t_{fű} - t_{er}) + \alpha_{konv} (t_{fű} - t_{er})] = \\ &= A_{fű} (\alpha_{sug, fű-er} + \alpha_{konv}) (t_{fű} - t_{er}) \end{aligned} \quad (19.8.)$$

A gyakorlatban így az

$$\alpha_{\text{sug.fű-er}} + \alpha_{\text{konv}} = \alpha_{\text{fű}} \quad (19.9.)$$

összefüggést használjuk, ezt adják meg a gyártó cégek a katalógusokban. Mielőtt azonban bármiféle gyakorlati adatsort ismertetnénk, az eddig elmondottakból le kell vonnunk néhány igen fontos következtetést.

### 19.1.3. A felületi hőáram elemzéséből levonható következtetések. A gyakorlatban alkalmazható méretezési eljárás, a hőleadás szabályozásának alapjai

A fűtőtestek alapvető osztályozási lehetősége tehát az, hogy a konvekciós, illetve a sugárzásos jellegű hőleadás van-e fölényben. Ennek bemutatását szolgálja a **19.1. táblázat**.

A hőleadás sugárzási hányada a leggyakoribb fűtőtesttípusok esetén (irányértékek) [3]

19.1. táblázat

Fűtőtest típusa	A sugárzási hányad, ha a sugárzás iránya			
	a helyiség	a külső fal	összesen	
acéllemez tagos radiátor	0,28	0,10	0,38	
öntöttvas tagos radiátor	0,26	0,10	0,36	
keskenyoszlopos tagos radiátor	0,26	0,11	0,37	
acélcsöves tagos radiátor	2 oszlopos	0,27	0,12	0,38
	4 oszlopos	0,20	0,07	0,27
	6 oszlopos	0,17	0,05	0,22
öntöttvas tagos radiátor zárt homlokkal	0,21	0,08	0,29	
lamellás radiátor	0,20	0,07	0,27	
lapradiátor	1/0*	0,38	0,18	0,56
	1/1	0,25	0,11	0,36
	2/0	0,23	0,10	0,33
	2/1	0,20	0,08	0,28
	2/2	0,17	0,07	0,24
	3/3	0,14	0,04	0,18

\* A típusok megnevezésénél az első szám a fűtőlemezek számát, a második a konvektorlemez-sorok számát jelenti. (lásd még: 19.23. és 19.24. ábra)

Ilyen alapon tehát:

- **konvekciós fűtőtestről** beszélünk értelemszerűen, ha a konvekciós hőátadási tényező szerepe döntő, azaz:

$$\alpha_{\text{konv}} \approx \alpha_{\text{fű}}$$

- **sugárzó fűtőtestről** beszélünk értelemszerűen, ha a sugárzó hőátadási tényező szerepe döntő, azaz:

$$\alpha_{\text{sug}} \approx \alpha_{\text{fű}}$$

- A (19.8.) összefüggésből nyilvánvaló, hogy a fűtőtestek által leadott hőáramot úgy kell megválasztani, hogy a fűtendő helyiség elérje a kívánatos eredő hőmérsékletet. Mivel ez az érték egyben a kellemes hőérzet biztosításának záloga is (ld. „Alapismeretek” kötet „Hőérzet” c. fejezet), sikerült a fűtés célját, feladatát és a fűtőtestek méretezési eljárását egymással kapcsolatba hoznunk.
- Fenti összefüggésből az az igen fontos tény is következik, hogy a fűtőtestek hőleadásának mérési körülményeit feltétlenül szabványosítani kell, hiszen a levegőhőmérséklet és a környező felületek hőmérséklete a fűtőtest hőleadását befolyásolja.

Az azonos típusú, különféle hőmérsékleti viszonyokra tervezett fűtőtestek gyakorlati méretezéséhez most már felírhatjuk az egységnyi felületről a környezetbe távozó hőáramot, éspedig a mérésekhez előírt „normál” állapotra és a mindenkori állapotra:

$$\dot{q}_N = \alpha_N \Delta t_N = \alpha_N \vartheta_N \quad (19.10/a)$$

$$\dot{q} = \alpha \Delta t = \alpha \vartheta \quad (19.10/b)$$

A „normál” állapotban mért hőátadási tényező és a mindenkori hőátadási tényező viszony a (19.5.) összefüggés szerint:

$$\frac{\alpha}{\alpha_N} = \sqrt[n]{\frac{\Delta t}{\Delta t_N}} = \left( \frac{\Delta t}{\Delta t_N} \right)^{1/n} = \left( \frac{\vartheta}{\vartheta_N} \right)^{1/n}$$

ahol

$\dot{q}_N$  a fűtőtest egység teljesítménye a „normál” állapotban, ez általában a 90 °C előremenő és 70 °C visszatérő hőmérséklettel jellemzett közepes felületi hőmérséklethez, valamint a 20 °C belső (eredő) hőmérséklethez tartozó teljesítmény,

$\vartheta$  a felületi hőmérséklet és a belső hőmérséklet mindenkori különbsége, az úgynevezett túlhőmérséklet,

$\vartheta_N$  túlhőmérséklet a „normál” állapotban,

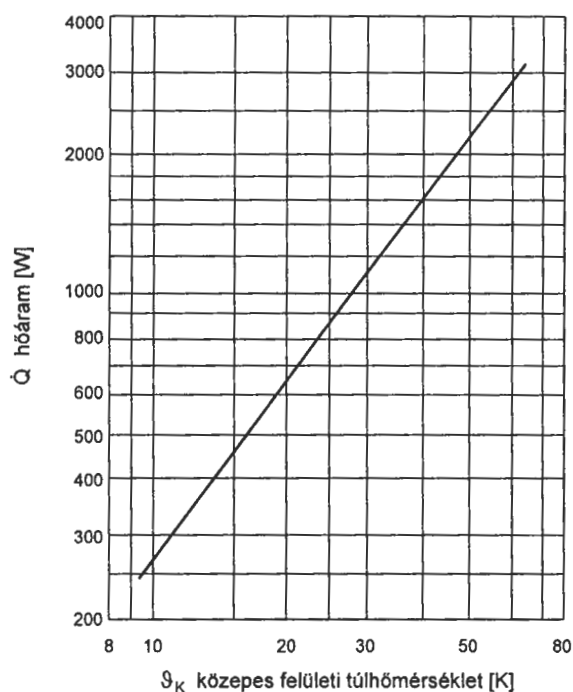
$\dot{q}$  a fűtőtest mindenkori egység teljesítménye,

$n$  a kísérletekkel megállapított kitevő, mely a fűtőtest jellemzője is egyben.

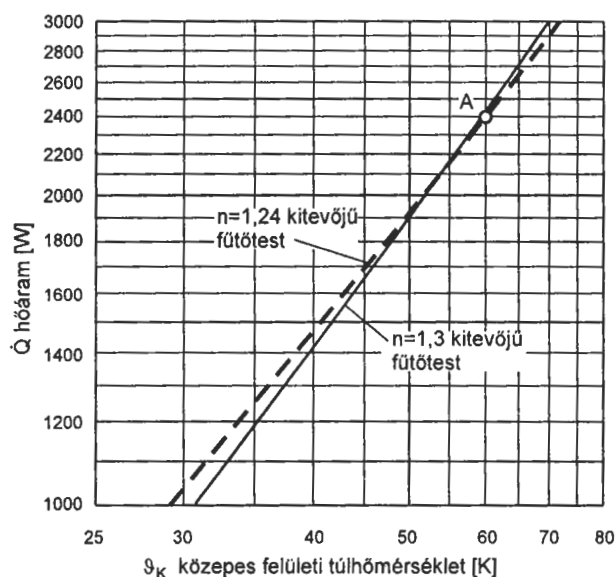
A (19.10/a) és (19.10/b) egyenleteket elosztva egymással kapjuk hogy:

$$\frac{\dot{q}}{\dot{q}_N} = \left( \frac{\vartheta}{\vartheta_N} \right)^{1 + \frac{1}{n}} \quad (19.11/a)$$

Fentieket mutatjuk be jellemzőképpen a 19.2. és a 19.3. ábrán, valamint a 19.2. táblázaton.



19.2. ábra. Fűtőtest jelleggörbéje, példa [3]  
(A fűtőközeg térfogatárama állandó)



19.3. ábra. Hőáram különféle kitevővel jellemzett fűtőtestek esetén [3]

$f_B$  átszámítási tényező ( $n = 1,30$  hatványkitevőre érvényes) [3]

19.2. táblázat

$t_e$ előremenő hőmérséklet [°C]	$t_h$ helyiség hőmérséklet [°C]	$f_B$ átszámítási tényező változó $t_v$ [°C] visszatérő hőmérséklet esetén												
		25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
90	24	5.73	3.08	2.36	1.97	1.71	1.53	1.38	1.27	1.17	1.10	1.03	0.98	0.93
	22	3.91	2.66	2.13	1.81	1.59	1.43	1.31	1.20	1.12	1.05	0.99	0.94	0.89
	20	3.14	2.35	1.94	1.68	1.49	1.35	1.24	1.14	1.07	1.00	0.95	0.90	0.86
	18	2.67	2.11	1.78	1.56	1.40	1.27	1.17	1.09	1.02	0.96	0.91	0.87	0.83
	15	2.21	1.83	1.59	1.41	1.28	1.18	1.09	1.02	0.95	0.90	0.86	0.82	0.78
	12	1.90	1.62	1.43	1.29	1.18	1.09	1.01	0.95	0.90	0.85	0.81	0.77	0.74
85	24	6.21	3.30	2.52	2.10	1.82	1.62	1.46	1.34	1.24	1.16	1.09	1.03	
	22	4.20	2.84	2.27	1.92	1.69	1.52	1.38	1.27	1.18	1.11	1.05	0.99	
	20	3.36	2.50	2.06	1.78	1.58	1.42	1.30	1.21	1.12	1.06	0.96	0.91	
	18	2.85	2.24	1.89	1.65	1.48	1.34	1.24	1.15	1.07	1.01	0.96	0.91	
	15	2.35	1.94	1.68	1.49	1.35	1.24	1.14	1.07	1.00	0.95	0.90	0.86	
	12	2.01	1.71	1.51	1.36	1.24	1.14	1.06	1.00	0.94	0.89	0.85	0.81	
80	24	6.76	3.56	2.70	2.24	1.94	1.72	1.56	1.42	1.32	1.24	1.16		
	22	4.54	3.05	2.42	2.05	1.80	1.61	1.46	1.35	1.25	1.18	1.11		
	20	3.61	2.67	2.20	1.89	1.67	1.51	1.38	1.27	1.19	1.12	1.06		
	18	3.05	2.39	2.01	1.75	1.57	1.42	1.31	1.21	1.13	1.07	1.01		
	15	2.50	2.06	1.78	1.58	1.42	1.30	1.21	1.12	1.06	1.00	0.95		
	12	2.13	1.81	1.59	1.43	1.31	1.20	1.12	1.05	0.99	0.94	0.89		
75	24	7.42	3.86	2.92	2.41	2.08	1.85	1.66	1.52	1.41	1.32			
	22	4.93	3.29	2.60	2.20	1.92	1.72	1.56	1.43	1.34	1.25			
	20	3.90	2.87	2.35	2.02	1.79	1.61	1.48	1.35	1.27	1.19			
	18	3.28	2.56	2.14	1.87	1.67	1.51	1.38	1.28	1.20	1.13			
	15	2.67	2.20	1.89	1.67	1.51	1.38	1.27	1.19	1.12	1.06			
	12	2.27	1.92	1.69	1.52	1.38	1.27	1.18	1.11	1.05	0.99			
70	24	8.22	4.22	3.17	2.61	2.25	1.99	1.79	1.64	1.52				
	22	5.41	3.57	2.82	2.37	2.07	1.85	1.67	1.54	1.43				
	20	4.25	3.11	2.53	2.17	1.91	1.72	1.57	1.45	1.35				
	18	3.55	2.75	2.30	2.00	1.78	1.61	1.47	1.37	1.28				
	15	2.87	2.35	2.02	1.79	1.61	1.47	1.35	1.27	1.19				
	12	2.42	2.05	1.80	1.61	1.46	1.35	1.25	1.18	1.11				
65	24	9.21	4.65	3.47	2.85	2.44	2.15	1.94	1.78					
	22	5.98	3.91	3.07	2.58	2.24	1.99	1.81	1.67					
	20	4.66	3.38	2.75	2.35	2.07	1.85	1.69	1.57					
	18	3.87	2.98	2.49	2.15	1.91	1.73	1.59	1.47					
	15	3.11	2.53	2.17	1.91	1.72	1.57	1.45	1.35					
	12	2.60	2.20	1.92	1.72	1.56	1.43	1.34	1.25					
60	24		5.19	3.85	3.14	2.68	2.36	2.13						
	22		6.68	4.33	3.38	2.82	2.45	2.18	1.98					
	20		5.16	3.72	3.01	2.56	2.24	2.02	1.84					
	18		4.25	3.26	2.71	2.34	2.07	1.87	1.72					
	15		3.38	2.75	2.35	2.07	1.85	1.69	1.57					
	12		2.82	2.37	2.07	1.85	1.67	1.54	1.43					



$t_e$ előremenő hőmérséklet [°C]	$t_h$ helyiség hőmérséklet [°C]	$f_B$ átszámitási tényező változó $t_v$ [°C] visszatérő hőmérséklet esetén												
		25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
55	24		5.88	4.32	3.50	2.98	2.63							
	22	7.58	4.85	3.76	3.12	2.70	2.41							
	20	5.78	4.13	3.32	2.82	2.46	2.22							
	18	4.72	3.60	2.97	2.56	2.26	2.05							
	15	3.72	3.01	2.56	2.24	2.02	1.84							
	12	3.07	2.58	2.24	1.99	1.81	1.67							
50	24		6.78	4.92	3.97	3.38								
	22	8.76	5.52	4.24	3.51	3.04								
	20	6.58	4.66	3.72	3.14	2.76								
	18	5.31	4.02	3.30	2.83	2.52								
	15	4.13	3.32	2.82	2.46	2.22								
	12	3.38	2.82	2.45	2.18	1.98								
45	24		8.03	5.76	4.62									
	22		6.43	4.89	4.04									
	20	7.65	5.35	4.24	3.58									
	18	6.09	4.56	3.72	3.20									
	15	4.66	3.72	3.14	2.76									
	12	3.76	3.12	2.70	2.41									
40	24		9.89	6.97										
	22		7.73	5.81										
	20	9.16	6.30	4.96										
	18	7.14	5.29	4.31										
	15	5.35	4.24	3.58										
	12	4.24	3.51	3.04										
35	22		9.77											
	20		7.73											
	18	8.69	6.34											
	15	6.30	4.96											
	12	4.89	4.04											
30	15	7.73												
	12	5.81												

A táblázatban szereplő  $f_B$  tényező használata:

$$\dot{Q}_N = \dot{Q} f_B \quad [\text{W}] \quad (19.12/a)$$

$$\dot{q}_N = \dot{q} f_B \quad [\text{W/m}^2, \text{ vagy W/fm}] \quad (19.12/b)$$

A fűtőtestek méretezését további tényezőkkel is finomítjuk. Ezeket a 19.3 pontban, a szerkezetek megismerése után ismertetjük.

Fenti összefüggésekből világossá vált, hogy a fűtőberendezések szabályozásának alapja éppen a (19.1.) – (19.10.) egyenletsorozat. Ezek alapján számítható ki ugyanis, hogy változó felületi hőmérséklet mellett hogyan alakul a hőleadó teljesítménye és ezzel hogyan fedezi a

változó külső hőmérséklet és egyéb változó viszonyok mellett fellépő helyiség-hővesztéseket. A szabályozás kérdéseit kötetünk „Fűtési rendszerek szabályozása” c. fejezetben tárgyaljuk, de a gondolatmenet kiindulási gyökereit itt, e fejezetben sikerült már most tisztáznunk, s azt sem nehéz felismernünk, hogy a 19.2. és a 19.3. ábra, valamint a 19.2. táblázat a szabályozás elemzéséhez is segítséget nyújt.

## 19.2. A hőhordozó közegtől a fűtött környezetbe jutó hőáram elemzése

Elemzésünk további mélyítésével a fűtőtest felületi hőmérsékletének és a felületről való hőátadásnak vizsgálatán túlmenően áttekintjük a teljes hőátmenetet. Ha ilymódon a fűtőközeg-áramtól a fűtött helyiség levegőjéig vizsgáljuk a jelenséget, akkor mind a konvekciós, mind pedig a sugárzó hőleadók esetében két további jellegzetes esetet különböztethetünk meg:

- a fűtőtest belső és külső, azaz fűtőközeg-oldali és helyiség oldali felületei megegyeznek egymással, vagy
- a fűtőtest a helyiség (fűtött levegő) oldali felülete lényegesen nagyobb a belső felületnél.

Mindkét eset vizsgálható döntően konvekciós és döntően sugárzó hőleadók esetében.

### 19.2.1. Döntően konvekciós jellegű hőleadók

A fűtőközeg oldalán és a fűtött helyiség oldalán a fűtőfelületek közel azonosak egymással

A fűtőtest típusát és a jelöléseket a 19.4. ábra mutatja. A belső-külső felület egymással közel egyezik, tehát:

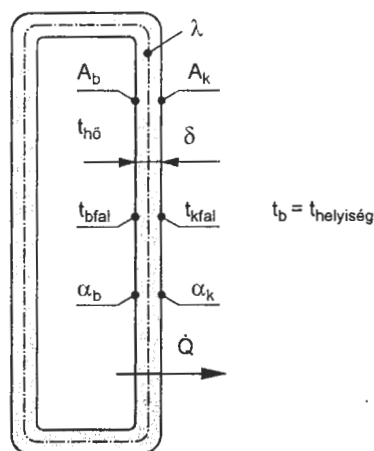
$$A_b \cong A_k = A_{f\bar{u}}$$

Írjuk fel a stacioner hőáramlás egyenletét, esetünkre alkalmazva az „Alapismeretek” kötet „Hőközlés” c. fejezetének (1.52.) és (1.53.) összefüggését.

A fűtőközegetől a fal belső síkjára áramló hő:

$$\dot{Q} = A_{f\bar{u}} \alpha_b (t_{h\bar{o}} - t_{bfal}) \quad (19.13/a)$$

ahol az eddigi jelöléseken túl „ $t_{h\bar{o}}$ ” a hőhordozó, a fűtőközeg közepes hőmérséklete.



19.4. ábra. Hőleadók, ahol a külső és belső felület egymással megegyezik [4]

A fűtőtest falán keresztül áramló hő:

$$\dot{Q} = A_{f\ddot{u}} \frac{\lambda}{\delta} (t_{bfal} - t_{kfal}) \quad (19.13/b)$$

A fűtőtest külső felületéről a helyiségbe áramló hő:

$$\dot{Q} = A_{f\ddot{u}} \alpha_k (t_{kfal} - t_{helyiség}) \quad (19.13/c)$$

Megjegyzés: az előbbi, az eredő hőmérsékletre vonatkozó fejtegetésünk értelmében a továbbiakban csak „ $t_{helyiség}$ ”-ről beszélünk. (A fogalom fizikai tartalmának értelmezését lásd a (19.7.) összefüggésben.) Ez egyébként értelemszerűen az a hőmérséklet, amit a hőveszteség számításánál figyelembe kell vennünk (ld. „Alapismeretek” kötet „A hőterhelés és a hűtőterhelés” c. fejezete).

Kifejezve a (19.13.) egyenletekből a különféle hőmérséklet-különbségeket, kapjuk:

$$\begin{aligned} t_{h\ddot{o}} - t_{bfal} &= \frac{\dot{Q}}{A_{f\ddot{u}}} \cdot \frac{1}{\alpha_b} \\ t_{bfal} - t_{kfal} &= \frac{\dot{Q}}{A_{f\ddot{u}}} \frac{\delta}{\lambda} \\ t_{fal} - t_{helyiség} &= \frac{\dot{Q}}{A_{f\ddot{u}}} \frac{1}{\alpha_k} \end{aligned} \quad (19.14.)$$

Adjuk össze a (19.14.) egyenletsort és megkapjuk a teljes hőmérséklet-különbséget:

$$t_{h\ddot{o}} - t_{helyiség} = \frac{\dot{Q}}{A_{f\ddot{u}}} \left( \frac{1}{\alpha_b} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_k} \right) \quad (19.15.)$$

ahonnan a hőáram:

$$\dot{Q} = A_{f\ddot{u}} (t_{h\ddot{o}} - t_{helyiség}) \frac{1}{\frac{1}{\alpha_b} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_k}} \quad (19.16.)$$

és a hőátbocsátási (hőátzármaztatási) tényező:

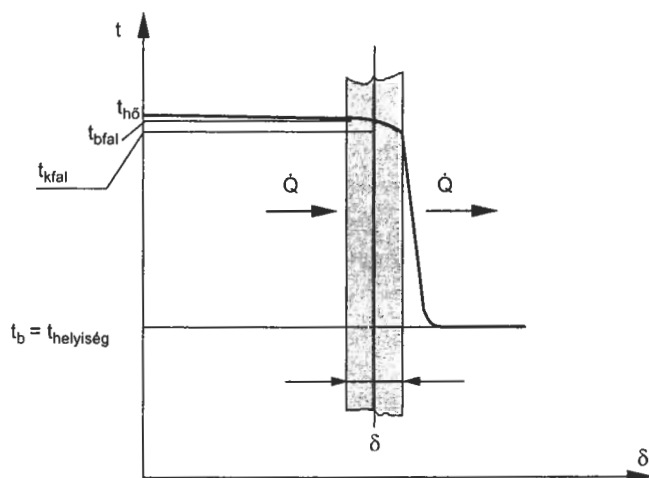
$$k_{f\ddot{u}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_b} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_k}} \quad (19.17.)$$

Nézzük rendre a számszerű értékeket.

Mint tudjuk,  $\alpha_b$  értéke a fűtőközeg minőségétől, hőmérsékletétől és áramlási viszonyaitól függ; ezek az értékek nagyságrendben a következők:

- lecsapódó telített gőz esetében  $\alpha_b = 10^4 \text{ W/m}^2, \text{ K}$
- turbulens vízáramnál  $\alpha_b = 10^3 \text{ W/m}^2, \text{ K}$
- lamináris vízáramnál  $\alpha_b = 10^2 \text{ W/m}^2, \text{ K}$

A fűtőtestek egy nagy csoportja jó hővezetőképességű anyagból (fémekből), készül (pl. a vas hővezetési tényezője  $\lambda = 60 \text{ W/m, K}$  körül van), a falvastagság 1-2 mm; így  $\delta/\lambda$  nagyságrendje  $10^{-3} \text{ m}$ . Ezért a  $t_{h\delta} - t_{bfal}$ , illetve  $t_{bfal} - t_{kfal}$  hőfoklépcső igen kicsi, az előbbi  $0,5^\circ\text{C}$ , az utóbbi  $10^{-4}^\circ\text{C}$  nagyságrendű, tehát jóformán az egész hőfokesés a külső fal és a helyiség levegője között jön létre (19.5. ábra).



19.5. ábra. A hőmérséklet változása a fűtőtest falában és környezetében [4]

Ennek értelmében  $\delta/\lambda$  érték elhanyagolható, és írhatjuk:

$$k_{f\bar{u}} = \frac{\alpha_b \alpha_k}{\alpha_b + \alpha_k} \quad (19.18.)$$

Mivel a külső oldalon levegőt (fizikai értelemben: gázt) melegítünk, szabadáramlással,  $\alpha_k$  nagyságrendje  $10 \text{ W/m}^2, \text{ K}$ . Számítsuk ki most már  $k_{f\bar{u}}$  értékeit a különféle esetekre:

Belső oldalon	$\alpha_b$ nagyságrendje [W/m <sup>2</sup> , K]	$k_{f\bar{u}}$ [W/m <sup>2</sup> , K]	$t_{h\delta}$ [°C]
lecsapódó telített gőz	$10^4$	~10	100, 112 °C
turbulens vízáram	$10^3$	~10	100, 832 °C
lamináris vízáram	$10^2$	8,2	108, 032 °C
gázáram (pl. meleg levegő)	10	5	180, 032 °C

A táblázat utolsó oszlopában feltüntettük a szükséges fűtőközeg hőmérsékletet, ha abból a feltételből indulunk ki, hogy a fűtőtest külső felületi hőmérséklete 100 °C körüli érték legyen.

Az összeállításból levonható következtetések az alábbiak:

Egyrészt, ha  $\alpha_b \gg \alpha_k$  akkor  $k_{f\bar{u}} \approx \alpha_k$

Tehát a hőátzármaztatási tényező és a külső hőátadási tényező számértéke közel azonos. Ez azt jelenti, hogy a hőátzármaztatási tényező változása a hőmérséklet függvényében megegyezik a külső hőátadási tényező hőfokfüggésével. Azaz visszalapozva a (19.5.) összefüggéshez:

$$\alpha_k = \text{konst} \sqrt[n]{\Delta t}$$

$$k_{f\bar{u}} = \text{konst} \sqrt[n]{\Delta t}$$

Mivel a 19.5. ábra értelmében a fűtőközeg hőmérséklet közel azonos a külső fal hőmérsékletével, írhatjuk:

$$\Delta t = t_{h\bar{o}} - t_{\text{helyiség}} = t_{k\bar{f}al} - t_{\text{helyiség}}$$

Innen származik a jó hővezető anyagból készült, vékonyfalú, szabadáramú, konvekciós elven működő fűtőtestekre általánosan érvényes

$$k_{f\bar{u}} = \text{konst} \sqrt[n]{\Delta t} \text{ ill. } k_{f\bar{u}} = \text{konst} \sqrt[n]{\vartheta} \quad (19.19.)$$

alakú összefüggés és ennek a gyakorlatban használatos alakja:

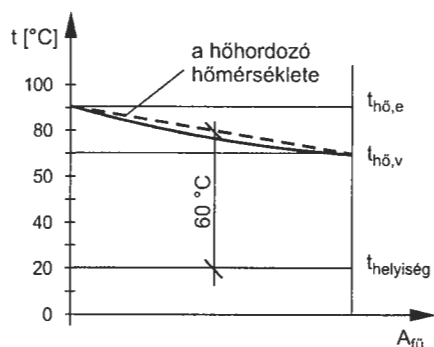
$$k_{f\bar{u}} = k_{60} \sqrt[3]{\frac{\Delta t_{k\bar{o}z}}{60}} \quad (19.20.)$$

E képletben a „60” index onnan származik, hogy a radiátorok hőleadását 80 °C közepes vízhőmérséklet, és 20 °C belső hőmérséklet mellett mérik meg. A 80 °C közepes vízhőmérséklet 90 °C előremenő és 70 °C visszatérő vízhőmérséklet mellett adódik (19.6. ábra). Mint ahogy ezt már a (19.11/a) összefüggés levezetésekor is bemutattuk, a „ $k_{60}$ ”; azaz a 60 °C közepes hőmérsékletkülönbség mellett létrejövő hőátzármaztatási tényezőt kizárólag megfelelő mérések eredményeként fogadhatjuk el. (Ugyanezt bizonyítja a 19.2. táblázatban bemutatott  $f_B$  tényező számsora is.)

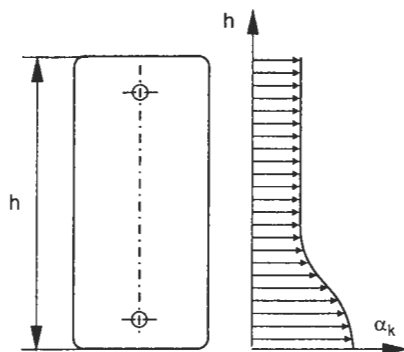
Kötetünk „Hőcserélők” c. fejezetében a (17.6.) összefüggés sorozatban bemutattuk, hogy milyen határok között van a számtani közepes hőmérséklet alkalmazásának létjogosultsága. Amennyiben az ott leírtak szerint logaritmikus közepes hőmérséklettel kell számolnunk, úgy az összefüggést értelemszerűen módosíthatjuk.

A mérések azért is nélkülözhetetlenek, mert a  $k_{f\bar{u}}$  értékét a továbbiakban természetesen a szabadáramlás fizikai törvényszerűségei miatt a fűtőtest geometriája is befolyásolja. A fűtő-

test magassága például azért döntő jelentőségű, mert a hideg levegő a fűtőtest mentén alulról felfelé áramlik és így a fűtőtest aljánál a hőátadási tényező értéke nagyobb (19.7. ábra).



19.6. ábra. A fűtőközeg hőmérsékletének változása a felület függvényében



19.7. ábra.  $\alpha_k$  változása a fűtőtest magassága mentén

Az  $\alpha_b - \alpha_k - k_{f\ddot{u}}$  értékeinek táblázatos összeállításában a táblázat utolsó oszlopa azt is jól mutatja, hogy hogyan növekszik a szükséges fűtőközeg-hőmérséklet a belső hőátadási tényező csökkenésével. Itt tehát újra fel kell hívunk a figyelmet a fűtések rendszer jellegére, hiszen egy-egy elem változása az egész rendszer méretezésének, működésének és gazdaságosságának megváltozását vonhatja maga után.

Másrészt, ha a fűtőközeg gáz-halmazállapotú és így:

$$\alpha_k \approx \alpha_b$$

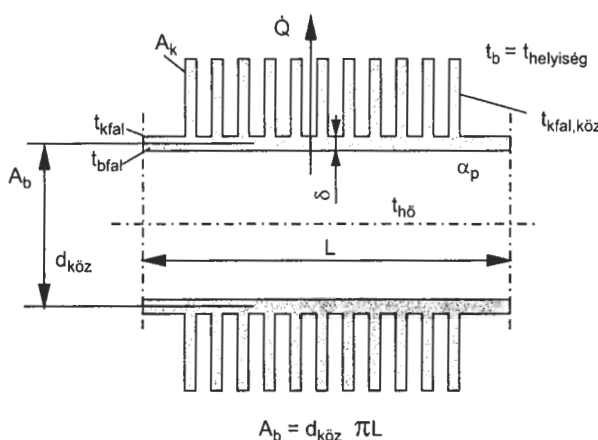
akkor

$$k_{f\ddot{u}} \approx \frac{\alpha_b}{2}$$

Ebben az esetben tehát mindkét oldalon érdemes javítanunk a hőátadási tényezőt, illetve, ha ez már nem lehetséges, akkor a külső oldalon a felületet kell növelnünk. Így jutunk azokhoz az igen gyakran alkalmazott fűtőtestekhez, ahol a külső fűtőfelület tehát nagyobb, mint a belső.

### A fűtött helyiség oldalán a fűtőfelület sokkal nagyobb, mint a belső, fűtőközeg oldali felület

Az  $A_k \gg A_b$  felületviszonnyal jellemezhető, konvekciós fűtőtestek lényegében a bordázott külső felülettel rendelkező hőleadók. Számtalan alkalmazásuk ismert a villamos gépek, motorok, járművek, űrrepülők, hűtőipar, stb. területén, de igen jelentős szerepet játszanak a fűtéstechnikában is. Jelentőségüket bizonyítja, hogy az „Alapismeretek” kötet „Hőközlés” c. fejezetében külön is tanulmányozhatjuk a bordázott felületek elméleti hőtechnikai jellemzését az (1.24.) és (1.25.) összefüggések levezetésének kapcsán. Az alábbiakban a fűtéstechnikai számítások céljára alkalmas összefüggéseket mutatjuk be és ezek révén hasonlítjuk össze ezt a megoldást a sima csöves hőleadókkal.



19.8. ábra. Hőleadó, ahol a külső felület nagyobb a belsőnél [4]

A 19.8. ábrán bemutatott jelölésekkel a fűtőközegetől a fal belső síkjára áramló hő:

$$\dot{Q} = A_b \alpha_b (t_{hő} - t_{bfal}) \quad (19.21/a)$$

A fűtőtest falán keresztül áramló hő:

$$\dot{Q} = A_b \frac{\lambda}{\delta} (t_{bfal} - t_{kfal}) \quad (19.21/b)$$

A külső felületről a fűtött helyiségbe áramló hő:

$$\dot{Q} = A_k \alpha_k (t_{kfal,köz} - t_{helyiség}) \quad (19.21/c)$$

Ezt, a  $(t_{kfal,köz} - t_{helyiség})$  különbséget az úgynevezett bordahatásfok segítségével határozzuk meg. E fogalom bevezetésével az egész külső felületen kialakuló átlagos hőmérséklet  $(t_{fal,köz})$  helyett a  $(t_{kfal})$  valós külső csőfelület hőmérséklettel számolhatunk, azaz:

$$\eta_B = \frac{t_{kfal,köz} - t_{helyiség}}{t_{kfal} - t_{helyiség}} \quad (19.22.)$$

A hőmérsékletkülönbségek rendre:

$$\begin{aligned} t_{hő} - t_{bfal} &= \dot{Q} \frac{l}{A_b \alpha_b} \\ t_{bfal} - t_{kfal} &= \dot{Q} \frac{\delta}{\lambda} \frac{l}{A_b} \\ t_{kfal} - t_{helyiség} &= \dot{Q} \frac{l}{A_k \cdot \eta_B \cdot \alpha_k} \end{aligned} \quad (19.23.)$$

Adjuk össze a (19.23.) egyenletsort és szorozzuk meg minden tagját „ $A_k$ ”-val és így kapjuk, hogy:

$$t_{hő} - t_{helyiség} = \dot{q} \left[ \frac{A_k}{A_b} \left( \frac{l}{\alpha_b} + \frac{\delta}{\lambda} \right) + \frac{l}{\alpha_k \cdot \eta_B} \right] \quad (19.24.)$$

Megjegyezzük, hogy értelemszerűen  $\dot{Q}$  értékét Wattban mérjük, a  $\dot{q}$  dimenziója pedig  $W/m^2$ , aminek bevezetését az  $A_k [m^2]$  felülettel való szorzás indokolja.

Az 1  $m^2$  bordázott felületre eső hőáram így:

$$\dot{q} = \frac{t_{hő} - t_{helyiség}}{\frac{A_k}{A_b} \left( \frac{l}{\alpha_b} + \frac{\delta}{\lambda} \right) + \frac{l}{\alpha_k \cdot \eta_B}} \quad (19.25.)$$

ahol  $\frac{A_k}{A_b} = n$  a bordázási viszony és innen:

$$k_{fű} = \frac{l}{n \left( \frac{l}{\alpha_b} + \frac{\delta}{\lambda} \right) + \frac{l}{\alpha_k \cdot \eta_B}} \quad (19.26.)$$



Mivel a bordázási viszony  $n = 15 \sim 80$ , az  $\alpha_b$  és  $\alpha_k$  értékeinek szerepe megváltozik. Ha-nyagoljuk el továbbra is a következtetések levonása kedvéért az

$$n \frac{\delta}{\lambda}$$

tényezőt, és írhatjuk:

$$k_{f\ddot{u}} = \frac{\alpha_b \cdot \alpha_k \cdot \eta_B}{\eta_B \alpha_k + \alpha_b} \quad (19.27.)$$

Pusztán az illusztráció kedvéért számítsuk ki  $k_{f\ddot{u}}$  értékét néhány jellegzetes esetben, egy olyan régi, elavult típusú fűtőtest esetén, amikor  $n = 15$

Belső oldalon	$\alpha_b$	$k_{f\ddot{u}}$ értékei	
		szabad áram $\alpha_k \approx 10$	kényszeráram $\alpha_k \approx 30$
lecsapódó telített gőz	$10^4$	10	29
turbulens vízáram	$10^3$	8,7	20
lamináris vízáram	$10^2$	4,0	6,0
gázáram	10	1,0	~0,1

Látjuk, hogy a jelen  $A_k \gg A_b$  esetben a belső hőátadási tényező szerepe nagyon megnövekszik az  $A_k \approx A_b$  esethez képest. Ez azt jelenti, hogy veszélyt okozhat pl. az a könnyen előforduló eset, hogy a vízáram turbulens jellegűből lamináris jellegűvé alakul át, vagy elemezhető pl. a gőz fűtőközegről a víz fűtőközegre való átállás hatása.

Az  $\alpha_k = 30 \text{ W/m}^2, \text{K}$  azt az esetet reprezentálja, ha a levegőáram a fűtőtest körül nem szabad, hanem kényszeráramban halad át. Ez a légfűtési rendszerekben tipikusan alkalmazott fűtőtestek, a bordáscsöves kaloriferek modellje. A légfűtésről részletesebben kötetünk azonos című fejezetében olvashatunk. Itt, a fűtőtestekkel kapcsolatos elvi kérdések tárgyalásánál mindössze azt jegyezzük meg, hogy érdemes megfigyelnünk, mi is történik, ha a belső turbulens áramlás laminárisrá válik. Ez a jelenség külső szabad áramlás esetén kb. 50% teljesítménycsökkenést jelent, de külső kényszeráramlásnál a csökkenés mértéke kb. 66% is lehet.

Érdekes felismerés továbbá, hogy a külső-belső hőátadási tényező azonossága esetén nem szabad a külső felületet bordázattal megnövelni.

### 19.2.2. Döntően sugárzó jellegű hőleadók

A sugárzó jellegű fűtőtestek kialakításával, előnyeivel, hátrányaival, általános méretezési kérdéseivel kötetünk azonos című fejezetében egészen külön és a kérdés fontosságának megfelelően, részletesen foglalkozunk.

Ezért itt mindössze annyit jegyzünk meg, hogy a különféle lapfűtőtestek és sugárzó ernyők képviselik azt az esetet, amikor a külső és belső felület egymással megegyezik, a megnövelt külső felület esetét pedig a mennyezetbe, falba, padlóba beépített, illetve a betonnal körülvett, szabadon álló fűtőtestek testesítik meg.

## 19.3. Fűtőtestek kialakítása és alkalmazása

### 19.3.1. Fűtőtestek csoportosítási szempontjai

Ahogy az eddigiekben láttuk, a fűtőtestek alapvető csoportosítása a *hőközlés jellege* szerint történhet, és e szerint megkülönböztetünk:

- szabad és kényszeráramlású konvekciós, valamint
- sugárzó jellegű fűtőtesteket.

Egyéb, *hőtechnikai megfontoláson* alapuló csoportosítási lehetőség:

- a fűtőtest hőfelvevő (belső) és hőleadó (külső) felületének egymáshoz viszonyított aránya (ld. 19.2. pont), valamint
- a hőfelvétel és hőleadás egymáshoz viszonyított időbeni lefutása. E szerint ismerünk kis- és nagy tehetetlenségű, illetve tárolási kapacitás nélküli, vagy azzal ellátott megoldásokat (ld. „Hőcserélők” c. fejezet).

További osztályozási szempontként kínálkozik a *fűtőtestek anyaga*, mely szerint a fűtőtest lehet:

- öntöttvas,
- acél,
- alumínium (esetleg rézzel bordázott megoldással), valamint
- kerámia, márvány, porcelán, műkö, beton alapanyagú.

Változatos a *fűtőtestek kialakítása*, megoldása is, e szerint ismerünk:

- csőből építhető,
- tagokból összeállított, vagy
- egyedi méretekben előregyártott megoldásokat.

A *gyártás, előállítás, technológiai folyamat* lehet:

- öntés,
- sajtolás,
- lemez- cső-, idomanyag-hegesztés,
- ragasztás,
- mechanikus összeszerelés.

- Mindez olyan széles és bonyolult választékot jelent, hogy
- egyfelől könyvünkben csak arra törekedhetünk, hogy lehetőleg minden elvi lehetőséget vázoljunk és minden szerkezeti megoldás alapgondolatát bemutassuk, ezzel lehetőséget, módot, kulcsot adva olvasóinknak és a felsőoktatás hallgatóságának ahhoz, hogy a rendkívül bő gyártmánysorozatot kínáló katalógusokat átgondoltan és az ésszerűen forgathassák és az alkalmazás, kiválasztás, méretezés szempontjait egymással összefüggésben megismerjék;
  - másfelől a korszerű irodalom [1], [2], [3] is az alkalmazás, felhasználhatóság szerint osztályoz, mellőzve a fent felsorolt elvi megoldások különféle kombinációs lehetőségeinek ismertetését.

E szempontokat megfontolva magunk is a gyakorlat felől közelítünk és így mutatjuk be a használható, tervezhető, gyakorlatban alkalmazható hőleadókat. A megválasztás szempontjai között szerepel:

- a fajlagos teljesítmény (felületi hőáramsűrűség),
- a víz, illetve gőz hőhordozó alkalmazhatósága nyomás, hőmérséklet, korrózióállóság szempontjából, és ezzel összefüggésben a töltés-ürítés, légtelenítés, karbantartás megoldhatósága,
- az esztétikus megjelenés,
- az épületszerkezethez való illeszthetőség,
- a mechanikai igénybevétellel szemben való ellenállás,
- a tisztíthatóság és természetesen
- az ár.

A különféle hőleadók összefoglalását a **19.9. ábra** mutatja. A továbbiakban néhány jellegzetes és fontos hőleadót részletesebben is bemutatunk.

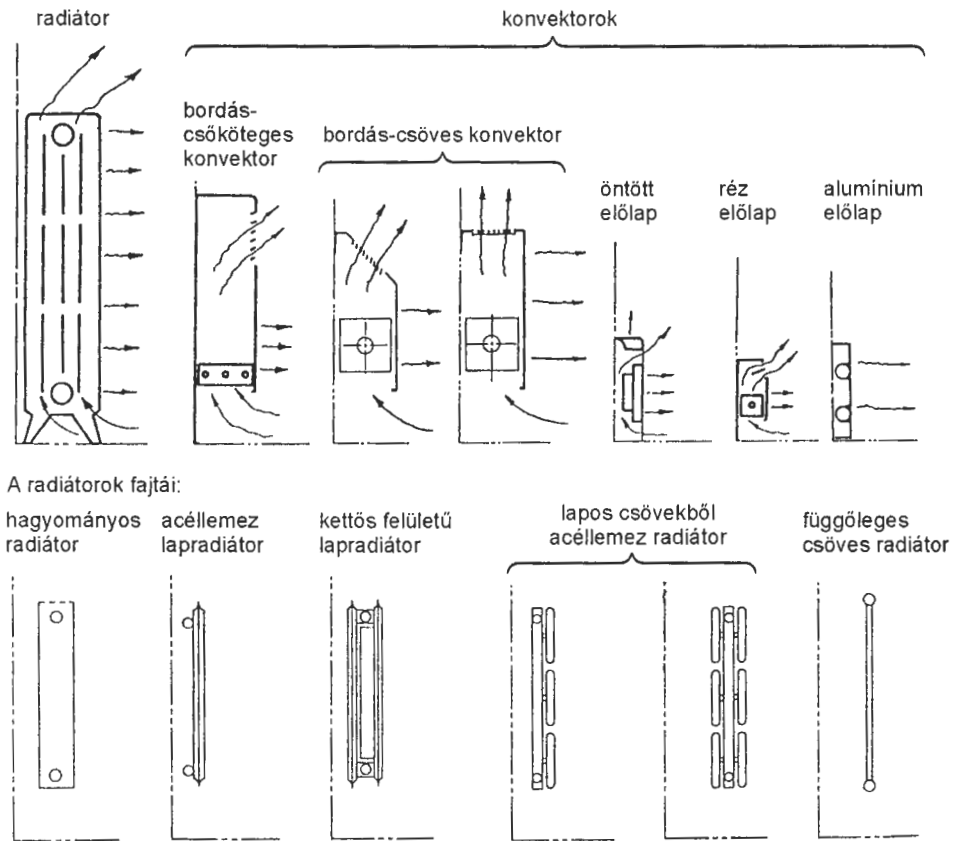
### 19.3.2. Csőfűtőtestek

A csőfűtőtestek az eddigiek értelmében lehetnek:

- sima csőből és
- bordázott csőből készített hőleadók.

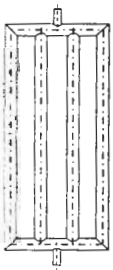
A sima csőből készült fűtőtesteket általában a nyomás tűrése és azon előnyük miatt alkalmazzák, hogy igen sokcélúan illeszthetők a rendelkezésre álló helyhez, és néhány különleges feladatot (mint például a törülközőszárítás), igen kényelmesen lehet velük megoldani.

Általában osztó-gyűjtőcsőből és ezek között változtatatosan elhelyezhető csőszálakból (regiszterből) állnak, de kis helyiségek fűtésére alkalmaznak egyetlen szál függőleges csövet is.

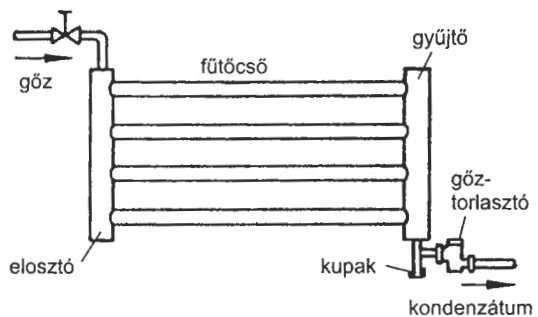


19.9. ábra. Tipikus konvektorok és radiátorok [2]

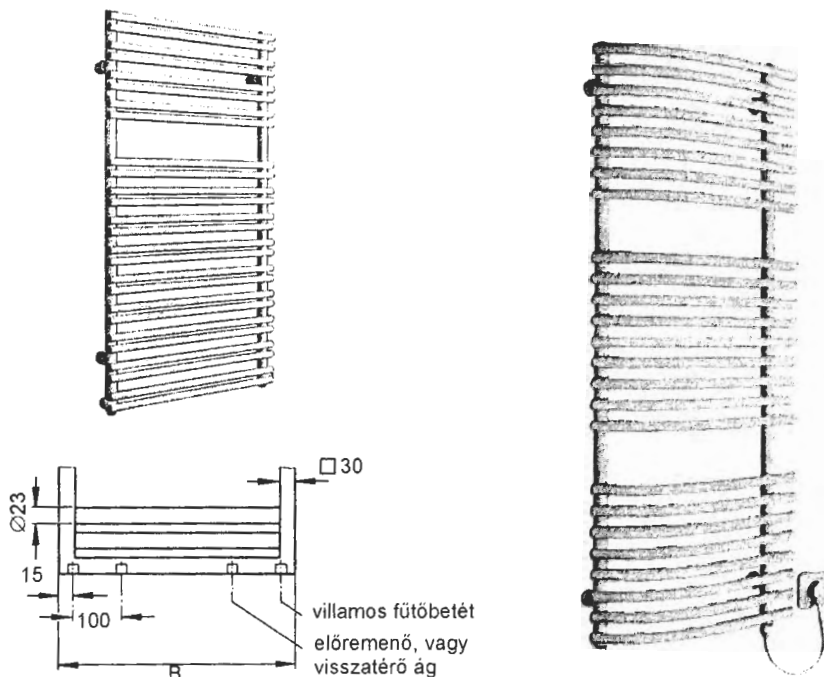
Jellegzetes példákat mutat a 19.10., 19.11. és a 19.12. ábra. A hőleadást jellemzi a 19.3. táblázat.



19.10. ábra. Csőfűtőtestek



19.11. ábra. Csőregiszter víz- és gőzfűtésekhez



19.12. ábra. Csöves törülközőszárító (fűthető vízzel és villamos energiával)  
(Vogel és Noot)

Egyedi csövek és csőfűtőtestek hőleadása (acélcsövek esetén) [3]

19.3. táblázat

Névleges átmérő		Külső átmérő	Hőleadás, amikor is				Kitevő	Felület	Víz- tartalom	Tömeg kb.
			a melegvíz 90/70 °C és a helyiséghőmérséklet		a kisnyomású gőz 110 °C és a helyiséghőmérséklet					
			10 °C	20 °C	10 °C	20 °C				
[DN]	[coll]		[W/m]	[W/m]	[W/m]	[W/m]				
		[mm]					–	[m <sup>2</sup> /m]	[dm <sup>3</sup> /m]	[kg/m]
15	1/2"	21,3	73	60	99	86	1,25	0,067	0,17	1,45
20	3/4"	26,9	90	73	121	105	1,25	0,085	0,33	1,90
25	1"	33,7	106	87	143	124	1,25	0,106	0,52	2,97
32	5/4"	42,4	131	108	180	156	1,25	0,133	1,04	3,84
40	6/4"	48,3	148	121	201	173	1,25	0,152	1,27	4,43
50	2"	60,3	180	148	244	212	1,25	0,198	2,07	6,17
65	2 1/2"	76,1	221	181	299	260	1,25	0,239	3,54	7,90
80	3"	88,9	250	207	341	295	1,25	0,279	4,93	10,10
100	4"	114,3	314	261	430	372	1,25	0,359	8,41	14,40

Több, egymás fölött elhelyezkedő cső esetén a hőleadás csőenként 10...20%-kal kevesebb. Függőleges csövek hőleadásánál ugyanazokat a számokat vehetjük alapul, mint az egyedi csöveknél.

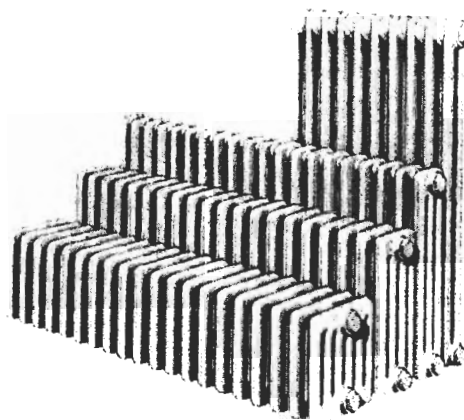
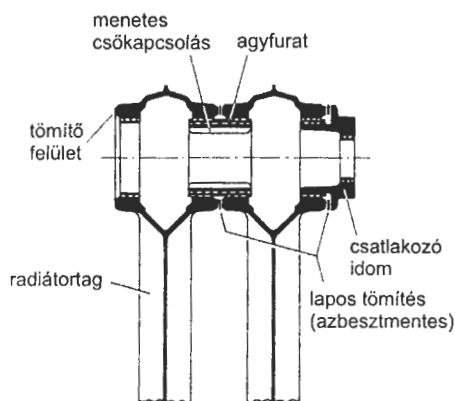
A bordázott csövek kialakítása ma már igen sokféle. Változatos anyagok együtteséből, változatos bordaalakkal, mérettel és sűrűséggel készülnek [2], [3]. Alkalmazásuk során az esetek nagy többségében valamiféle burkolattal készülnek, ezért ezeket a különféle konvektorok sorában mutatjuk be.

### 19.3.3. Tagos radiátorok

A klasszikus értelemben vett központi fűtéstechika hagyományos és leggyakrabban alkalmazott hőleadó típusa. Az egyes tagokat úgynevezett közcsavarral erősítik egymáshoz (19.13. ábra). A tagokból való összeállítás miatt igen széleskörűen alkalmazhatók, hiszen maguk a tagok változatos magassággal és oszlopszámmal (szélességgel) készülnek, az egymással összerakható tagok száma pedig 1 és 30 között változhat. Így rendkívül széles teljesítmény választék érhető el, igen finom lépcsőzéssel.

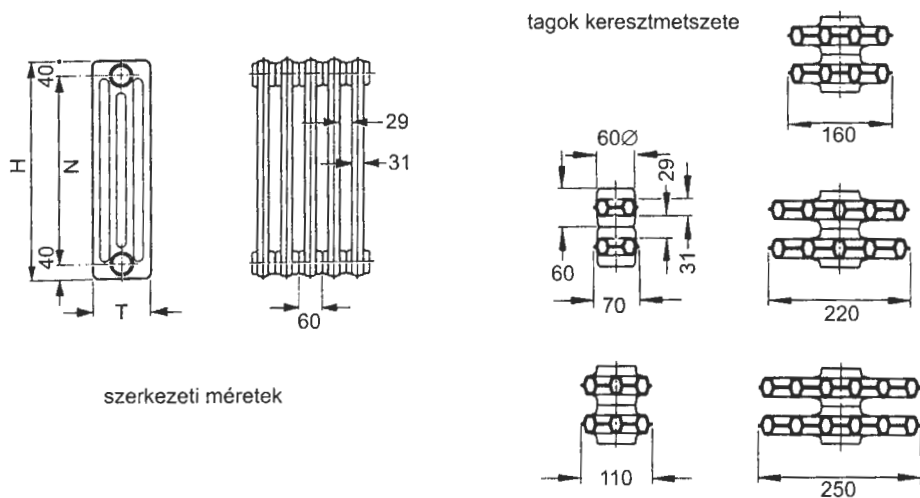
Elterjedtsége és alkalmazhatósága nagyon széleskörű, ezért egyes fűtéstechikusok szinte veszélyes mértékben hajlamosak arra, hogy a hőleadókat általánosan a tagos radiátorokkal azonosítsák. Magunk nem győzzük hangsúlyozni a mára kialakult gyártmányok, lehetőségek és alkalmazások sokaságát, valamint azt, hogy valamennyi megoldás beépítését, méretezését lehető pontosan, a saját szabályszerűségeinek megfelelően kell megoldani. Mindemellett el kell ismernünk, hogy számos egyszerűsítés, könnyítő méretezési megoldás származik abból, hogy a radiátorokat általánosítják. Ezeket a kérdéseket a biztos fizikai és műszaki szemlélet birtokában kell az adott esetben elbírálni, és méretezni.

A tagos radiátor tipikusan szabadáramú, konvekciós fűtőtest, korábban elterjedten öntöttvasból készült (19.14., 19.15. ábra és 19.4. táblázat).



19.13. ábra. Tagok összekapcsolása öntöttvas és acéllemez radiátorok esetén

19.14. ábra. Öntöttvas radiátor család [3]



19.15. ábra. Öntöttvas radiátorok méretei [3]

## Öntöttvas radiátorok mérete és teljesítménye

## 19.4/a táblázat

Névleges magasság H [mm]	Közcsovar távolság N [mm]	Szélesség T [mm]	hőteljesítmény tagonként			Kitevő	Festésbevonat felülete tagonként	Víztartalom tagonként kb.	Tömeg** tagonként kb.
			90/70/20 °C [W]	75/55/20 °C [W]	gőz* [W]		[m <sup>2</sup> ]	[liter]	[kg]
280	200	250	92	59	134	1.3	0.185	0.9	4.7
430	350	70	55	35	80	1.3	0.090	0.4	2.3
		110	70	45	102	1.3	0.128	0.6	3.2
		160	93	59	135	1.3	0.185	0.8	4.3
		220	122	78	179	1.3	0.255	1.1	5.9
580	500	70	68	43	100	1.3	0.120	0.5	3.1
		110	90	57	134	1.3	0.180	0.8	4.5
		160	126	80	183	1.3	0.255	1.1	5.9
		220	162	103	237	1.3	0.345	1.3	7.5
680	600	160	147	94	214	1.3	0.305	1.2	0.7
980	900	70	111	71	163	1.3	0.205	0.8	5.2
		160	204	204	298	1.3	0.440	1.5	9.9
		220	260	166	378	1.3	0.580	1.9	13.0

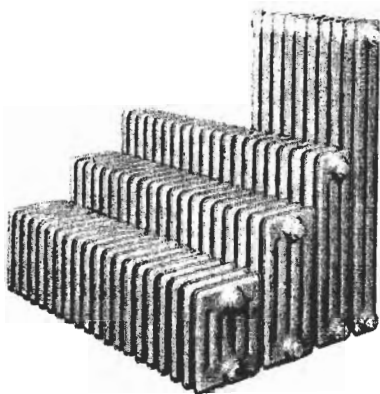
\* telített gőz  $\vartheta = 100\text{ °C}$  és a helyiség hőmérséklete  $20\text{ °C}$ 

\*\* A szükséges konzolok és tartók darabszámát a rögzítési fal, a konzol és tartó típusának, valamint a fűtőtest súlyának figyelembevételével kell megállapítani.

## Öntöttvas radiátorok felhasználási területe [3]

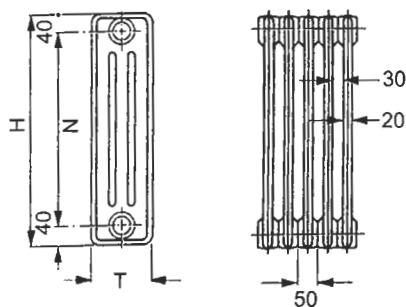
## 19.4/b táblázat

Radiátor típus	Nyomás fokozat	Fűtő-közeg	Legnagyobb fűtőközeg hőmérséklet [°C]	Legnagyobb üzemi nyomás [bar]	Gyári próbanyomás [bar]	Helyszini próbanyomás	
						min. [bar]	max. [bar]
nagynyomású	PN 6	víz	140	6,0	13,0	1,0	7.8
		gőz	151	4,0	13,0	1,0	5,2



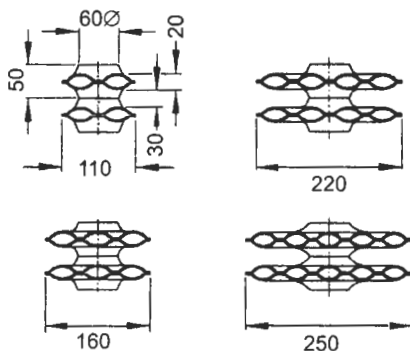
19.16. ábra. Acéllemez radiátorcsalád [3]

Ma az acéllemez radiátorokat kedvelik, 19.16., 19.17. ábra és 19.5. táblázat. Az acéllemez tagos radiátor egyik gyártási válfaja igen alacsony,  $h < 200$  mm méretben is készül. Mivel a kirakatok, portálok üvegei alatt e típus igen esztétikusan helyezhető el, hiszen kívülről, az utcáról nem látszik, magyarul „kávéházi”, vagy „kirakat” radiátor néven is emlegetik ezt a gyártmányt (19.18. ábra).



Szerkezeti méretek

Tagok keresztmetszete



19.17. ábra. Az acéllemez radiátorok méretei



Acéllemez radiátorok mérete és teljesítménye

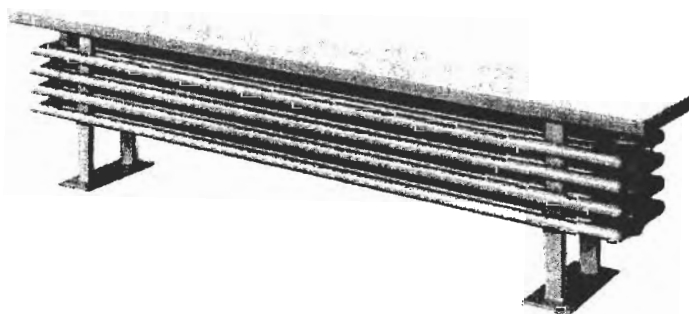
19.5/a táblázat

Névleges magasság H	Közcsavar távolság N	Szélesség T	hőteljesítmény tagonként		Kitevő	Festésbevonat felület tagonként	Viztartalom tagonként kb.	Tömeg tagonként kb.
[mm]	[mm]	[mm]	90/70/20 °C [W]	75/55/20 °C [W]		[m <sup>2</sup> /m]	[liter]	[kg]
300	200	250	77	49	1.30	0.160	0.97	1.70
450	350	160	74	47	1.30	0.155	0.98	1.55
		220	99	63	1.30	0.210	1.21	2.20
600	500	110	73	47	1.30	0.140	0.88	1.43
		160	99	63	1.30	0.205	1.18	2.06
		220	128	82	1.30	0.285	1.57	2.88
1000	900	110	122	78	1.30	0.240	1.18	2.43
		160	157	100	1.30	0.345	1.72	3.48
		220	204	130	1.30	0.480	2.39	4.83

Acéllemez radiátorok felhasználási területe

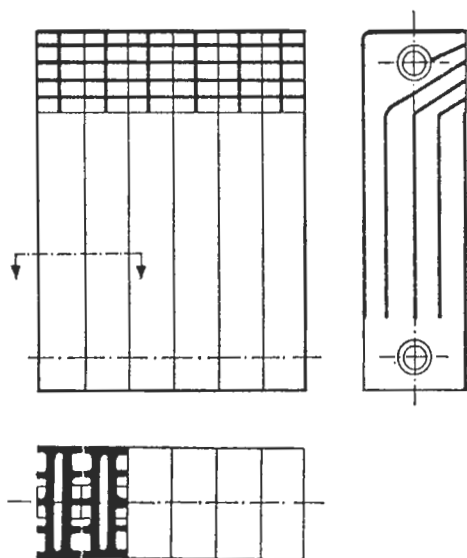
19.5/b táblázat

Radiátor típus	Nyomás fokozat	Fűtőközeg	Legnagyobb fűtőközeg hőmérséklet [°C]	Legnagyobb üzemi nyomás [bar]	Gyári próbanyomás [bar]	Helyszíni próbanyomás	
						min. [bar]	max. [bar]
normál	PN 4	víz	120	4.0	7.0	1.0	5.2
nagynyomású	PN 6	víz	140	6.0	10.0	1.0	7.8
	PN 30	víz	140	10.0	13.0	1.0	13.0



19.18. ábra. Kirakati (kávéházi) radiátor

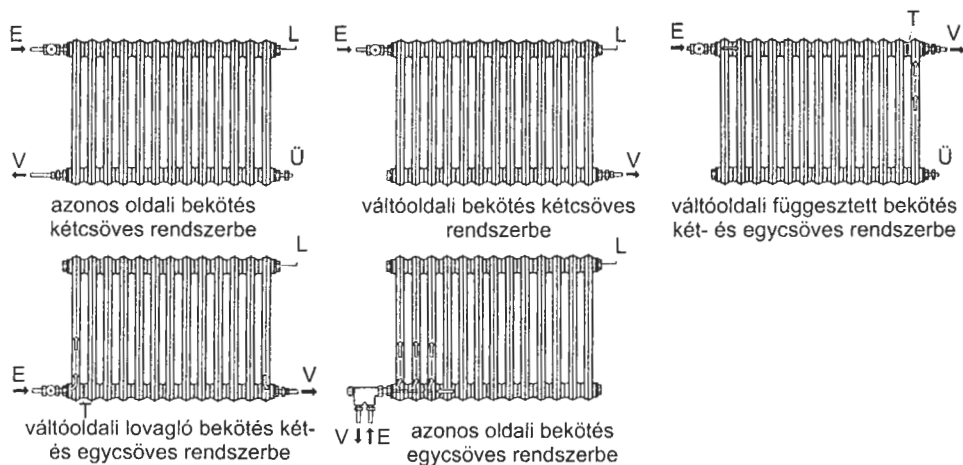
Magyarországon kb. az 1960-as és 1980-as évek között, a tömeges lakásépítés időszakában tagos alumínium radiátorok is forgalomban voltak (**19.19. ábra**). Esztétikai, higiéniai és tartóssági szempontból ez a megoldás a mai igényeket nem elégíti ki. Ma már igen szép, elegáns és tartós alumínium alapanyagú fűtőtestek vannak forgalomban.



19.19. ábra. Alumínium tagos radiátor

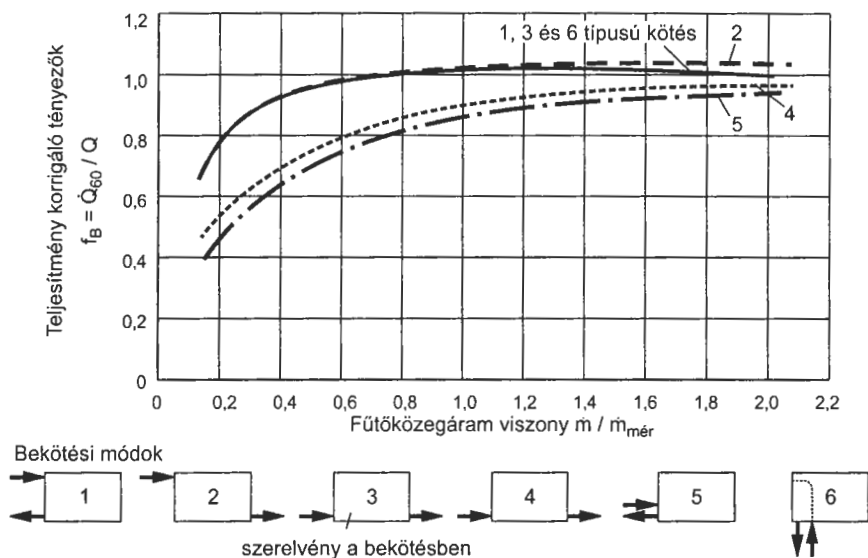
Különleges higiéniai, egészségügyi, kórházi célokra néha porcelánból is készül tagos radiátor.

A tagos radiátorok tervezésénél gondosan kell ügyelnünk arra, hogy a beépítés körülményei hogyan csökkentik a teljesítményt az elméletileg kiszámított értékhez viszonyítva. A **19.20.** és a **19.21.** ábrán a rendszerhez való csatlakozás módját és hatását, a **19.22. ábrán** a beépítési effektust mutattuk meg.

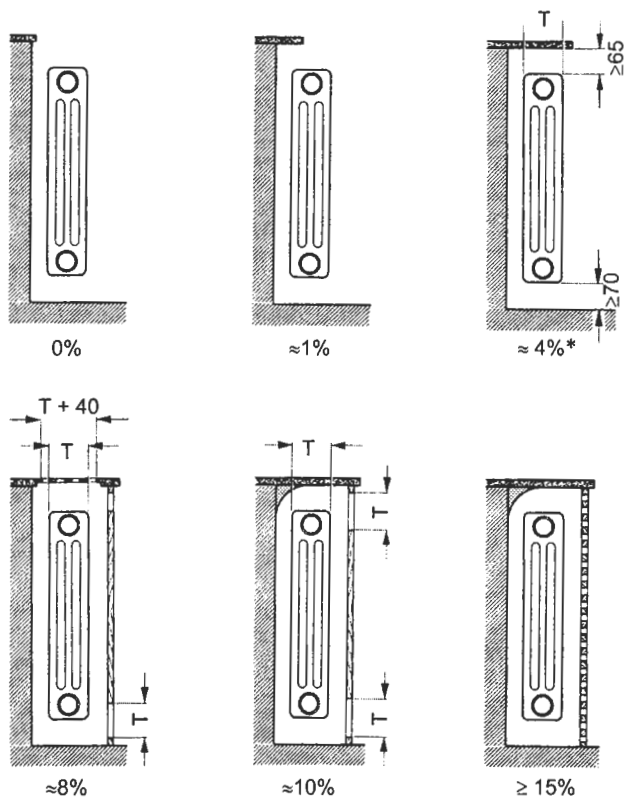


19.20. ábra. Példák tagos fűtőtestek bekötésére

E – előremenő ág; V – visszatérő ág; Ü – ürítés; L – légtelenítés; T – vaktárcsa



19.21. ábra. Fűtőtestek teljesítménye különböző bekötési módoknál (az alap a 60 K túlhőmérséklet) [3]



19.22. Teljesítménycsökkenés falmélyedésbe történő beépítés és fűtőtestburkolás esetén

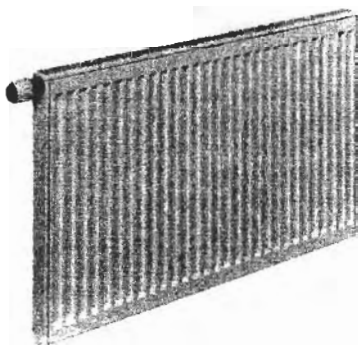
\* – A fűtőtest felett túlnyúló fűtőtestfülkékre is érvényes

### 19.3.4. Lapradiátorok

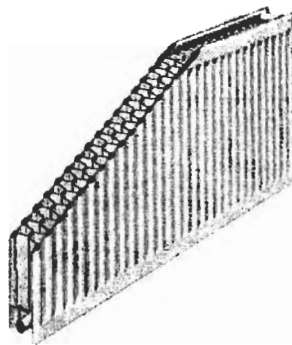
A sugárzásos hőleadás kedvező hatásának felismerése, valamint a javuló hőszigetelés, a fajlagos hőveszteség csökkenése, a kishőmérsékletű fűtések elterjedése (ld. kötetünk „A fűtési rendszerek kialakítása” és „A különleges fűtések” c. fejezetei) arra késztették a hőleadók tervezőit és fejlesztőit, hogy növeljék a fűtőtestek sugárzási hőleadásának arányát és egyben csökkentsék a tagos radiátorok esztétikai és higiéniai hátrányait. Így alakult ki napjainkra a lapradiátorok számos fajtája. E megoldás nagy előnye, hogy az összetett, sugárzásos és konvekciós hőleadást úgy valósítja meg, hogy a fűtőlapp háta és a fal, mint határoló szerkezet között konvekció, míg a helyiségben tartózkodók felé sugárzásos hőleadás valósul meg.

Általában 2–4 mm vastag acéllemezből készül, a teljes fűtőtest vastagsága mintegy 25 mm.

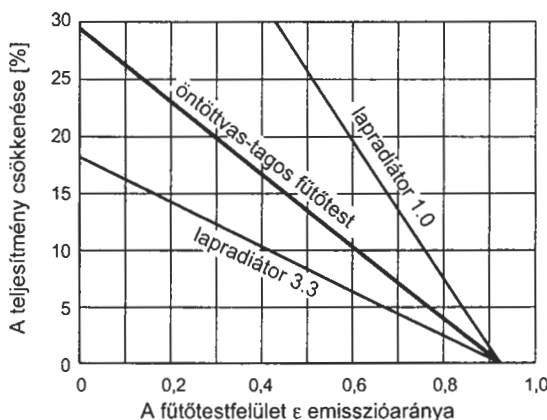
A különféle megoldásokat a **19.23.**, **19.24. ábra** mutatja, a teljesítményeket példaképpen a **19.6/a**, az alkalmazási tartományokat a **19.6/b** táblázaton láthatjuk. A felület minőségének hatását a **19.25. ábrán**, a kapcsolási módokat a **19.26. ábrán**, a választott fűtőtest teljesítmény alakulását pedig a **19.27. ábrán** követhetjük.



19.23. ábra. Lapradiátor (bordázott homlokfelülettel)



19.24. ábra. Kétsoros lapradiátor metszete



19.25. ábra. Teljesítmény csökkenés a fűtőtestek felületi emisszióarányának függvényében (típusnevek: BUDERUS)

Lapradiátorok méretei és teljesítményei

19.6/a táblázat

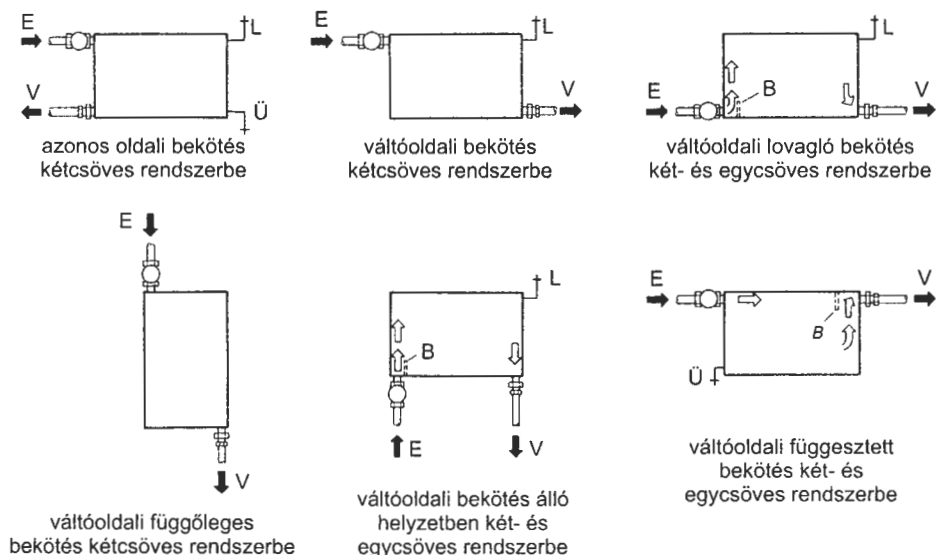
Névleges magasság H	Közcsavar távolság N	Párhuzamos lemezek száma	Rövid típusjelzés (Buderus) [3]	hőteljesítmény folyóméterenként		Kitevő	Festésbe- vonat felület folyóméterenként	Víztartalom folyóméterenként	Tömeg folyóméterenként kb.
				90/70/20 °C	75/55/20 °C				
[mm]	[mm]			[W]	[W]		[m <sup>2</sup> /m]	[ℓ/m]	[kg/m]
350	300	I–	P	497	318	1.29	0.82	2.7	7.9
		I–	PK	807	524	1.25	2.15	2.7	10.8
		II–	PKP	1258	811	1.27	2.96	5.4	18.6
		II–	PKKP	1517	974	1.28	4.29	5.4	21.5
		III–	PKPKKP	2167	1382	1.30	6.44	8.1	32.3
500	450	I–	P	700	448	1.29	1.17	3.5	11.3
		I–	PK	1086	700	1.27	3.08	3.5	15.5
		II–	PKP	1677	1070	1.30	4.25	7.0	26.7
		II–	PKKP	2015	1290	1.29	6.16	7.0	30.9
		III–	PKPKKP	2943	1870	1.31	9.25	10.5	46.4
600	550	I–	P	834	532	1.30	1.40	4.0	13.4
		I–	PK	1265	812	1.28	3.72	4.0	18.7
		II–	PKP	1945	1240	1.30	5.12	8.1	31.8
		II–	PKKP	2340	1492	1.30	7.44	8.1	37.0
		III–	PKPKKP	3410	2167	1.31	11.16	12.1	55.5
900	850	I–	P	1239	1945	1.30	2.11	5.6	19.8
		I–	PK	1811	1155	1.30	5.63	5.6	27.7
		II–	PKP	2713	1730	1.30	7.74	11.3	47.4
		II–	PKKP	3265	2068	1.32	11.26	11.3	55.2
		III–	PKPKKP	4603	2915	1.32	16.90	16.9	82.8

Lapradiátorok felhasználási területe

19.6/b táblázat

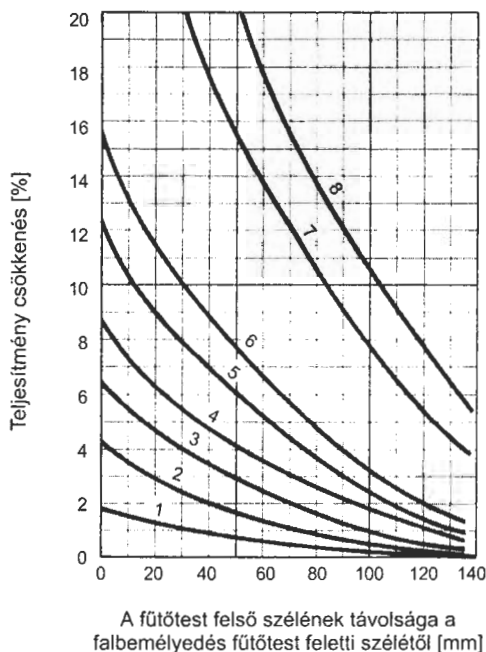
Lemeztípus	Nyomás fokozat	Fűtő-közeg	Legnagyobb fűtőközeg hőmérséklet [°C]	Legnagyobb üzemi nyomás [bar]	Gyári próbanyomás [bar]	Helyszíni próbanyomás	
						min. [bar]	max. [bar]
normál	PN 6	víz	140	6,0	8,0	1,0	7,8
nagynyomású*	PN 10	víz	140	10,0	13,0	1,0	13,0

- \* A fűtőtest legmélyebb pontján



19.26. ábra. Példák lapradiátorok bekötésére

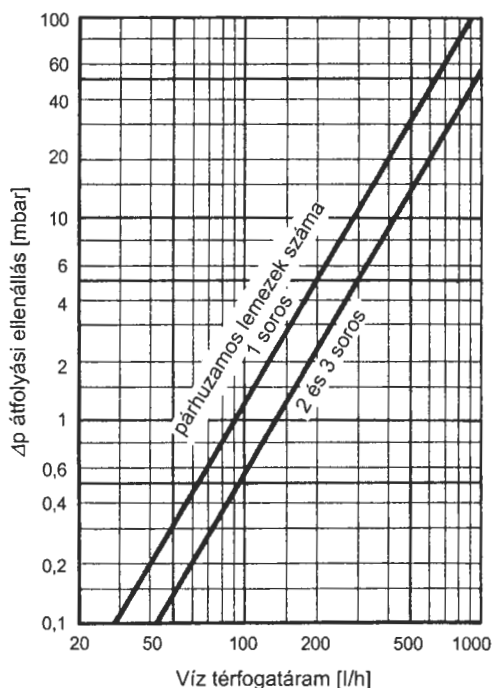
E – előremenő ág; V – visszatérő ág; Ü – ürités; L – légtelenítés; B – vaktárcsa



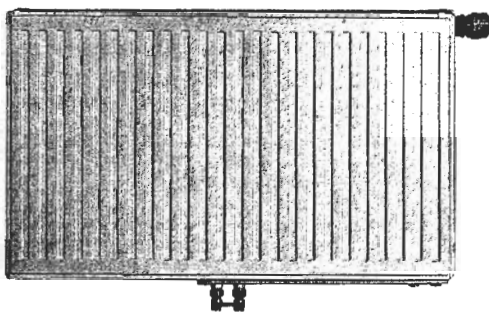
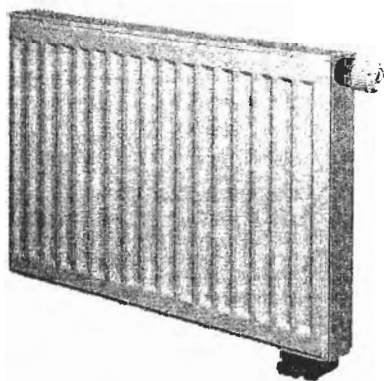
19.27. ábra. Különböző fűtőtesttípusok teljesítménycsökkenése falmélyedésbe történő elhelyezés esetén

1 – csőradiátorok és keskenyoszlopos modellek; 2 – DIN 4703 szerinti öntöttvas- és acélradiátorok;  
 3 – mellső oldalon zárt tagos fűtőtestek és 1.1 lapradiátorok; 4 – 1.1 lapradiátorok; 5 – 2.0 lapradiátorok;  
 6 – 3.0 lapradiátorok; 7 – 2.2 lapradiátorok; 8 – 3.3. lapradiátorok  
 A lapradiátorok jelölései: 1 – fűtőlemezek száma; 2 – konvektorlemez-sorok száma (konvekciós kürtökök)

A 19.28. ábrán az átáramló tömegáram hatását is bemutatjuk.

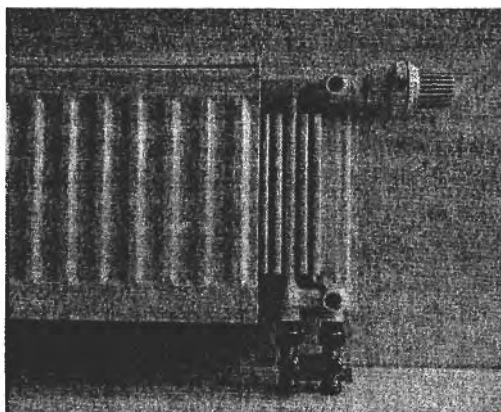


19.28. ábra. Lapradiátorok átfolyási ellenállása

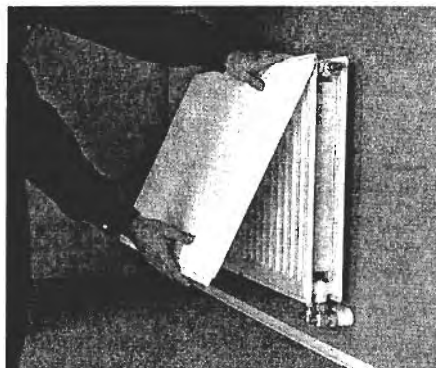
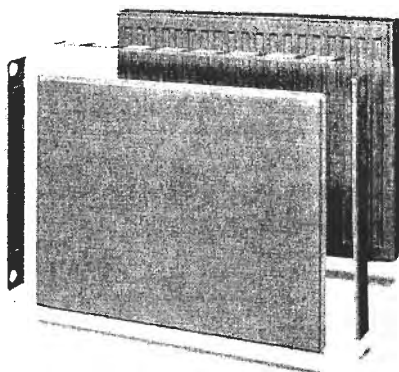


19.29. ábra. Lapradiátorok beépített szabályozó szeleppel (Vogel és Noot)

A legfejlettebb megoldásokkal beépített szabályozószelepet is szállítanak, ilyen megoldást látunk a 19.29. és 19.30. ábrákon. A 19.31. ábra beépített szelepes radiátorra utólag felhelyezhető, esztétikus burkolatot mutat.



19.30. ábra. Beépített szelepkészlettel készült lapradiátor  
(Oventrop)

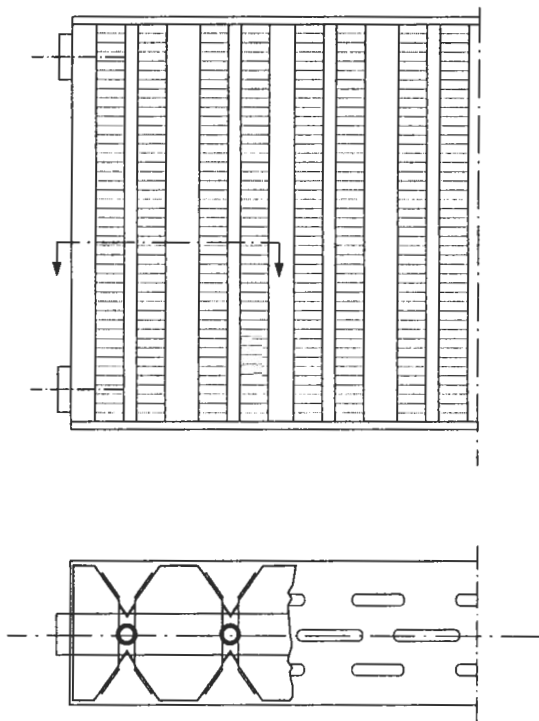


19.31. ábra. Beépített szelepes radiátorra utólag felszerelhető burkolat  
(lapszett, Vogel és Noot)



A nagyarányú házigyári lakásépítés korszakában a lapradiátorokat is készítették alumíniumból (19.32. ábra).

A fűtővíz jó elosztásáról és ezzel az egyenletes felületi hőmérsékletről a legkülönbözőbb kísérő csatornák és járatok rendszerével gondoskodtak. A felületkiképzés is változatos: a fényes, emailos és eloxált jellegű, valamint matt felületek sokféleségével találkozunk.



19.32. ábra. Alumínium egységadiátor

### 19.3.5. Konvektorok

A konvektorok lényegében bordáscsövek, melyeket vagy a szabadáramú konvekciós hőleadás fokozása, vagy a kényszeráramlás megoldhatósága, vagy pedig az esztétikai megjelenés javítása érdekében fémből készült lapokkal burkolnak.

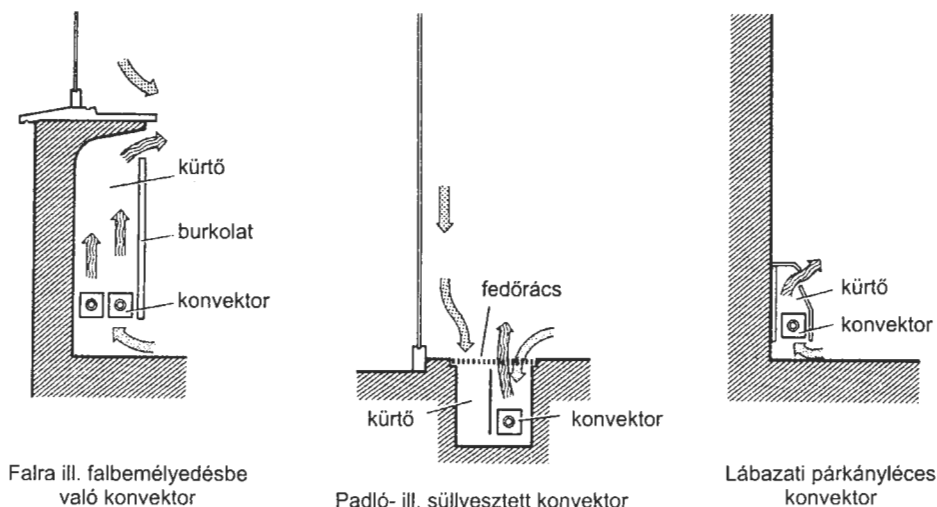
*Előnyei:*

- az építészeti igényekhez való rugalmas alkalmazkodás lehetősége,
- kis felfűtési idő, rövid holtidejű szabályozhatóság,
- kis méretek, kis súly.

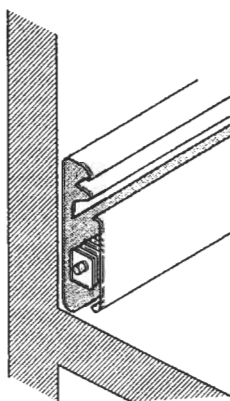
*Hátrányai:*

- a hőleadásnak úgyszólván nincs sugárzásos hányada,
- elpiszkolódási hajlam, rossz higiéniai feltételek,
- a megfelelő esztétikai megjelenés általában költséges burkolatot igényel.

A szabadáramú kivitel három alapesetét a **19.33. ábra** mutatja. A **19.34. ábrán** külön is bemutatott szegélykonvektorok igen fontos szerepet töltenek be az alacsony parapettel épített létesítmények esetében, erről a kérdésről a „kirakat”-radiátorokkal kapcsolatban már említést tettünk.

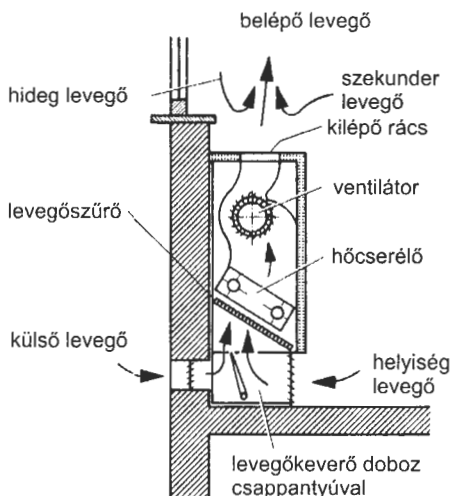


**19.33. ábra.** Természetes áramlású konvektorfajták



**19.34. ábra.** Talp- ill. párkányleces konvektor

Kényszeráramlású megoldást mutat a **19.35. ábra**. Ez a megoldás már átvezet kötötünk „Légfűtések” c. fejezetének világába.



**19.35. ábra.** Ventilátoros konvektor elvi felépítése

### 19.3.6. Homlokzati fűtés

Egészen újszerű megoldásként a fűtőközeget manapság az ablakkeretekben elhelyezett csöveken is átvezetik, amivel igen kellemes hőérzet és gazdaságos fűtési megoldás biztosítható.

Itt említjük meg, hogy a már említett házgyári építkezések korában a sugárzó fűtéseket a külső falba épített, előregyártott csőkígyó formájában oldották meg. Ez ugyan elavult és előnytelen megoldás, de elvileg ugyancsak a homlokzati fűtések családjába tartozik. E megoldásról kötötünk „Sugárzó fűtések” c. fejezetében olvashatunk.

Egyben ugyancsak itt tájékoztatjuk az olvasót, hogy valamennyi, kifejezetten és döntően sugárzó jellegű hőleadó tárgyalása szintén a „Sugárzó fűtések” c. fejezetben található.

## 19.4. Az alkalmazott fűtőtest megválasztása

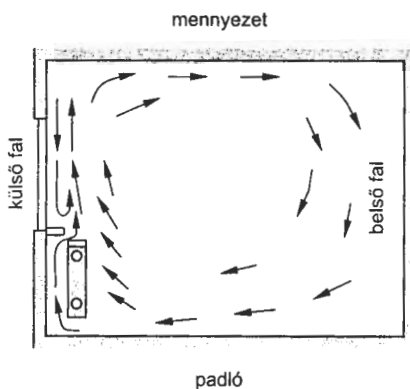
### 19.4.1. A fűtőtest fajtájának megválasztása

Az alkalmazandó fűtőtest megválasztási szempontjai az alábbiak lehetnek:

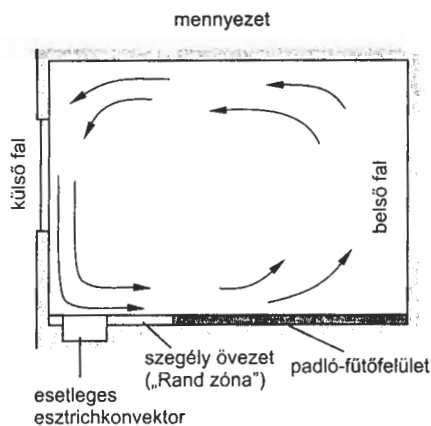
– **A kellemes közérzet biztosítása.** E kérdéssel az „Alapismeretek” kötet „Hőérzet” c. fejezete foglalkozik, és még visszatérünk e problémakörre kötetünk „Sugárzó fűtések” c. fejezetének tárgyalásakor. A mindennapi fűtési rendszerek tervezésekor ezzel kapcsolatban vizsgálni szokás:

- a helyiségben előálló légáramlások sebességét és irányát,
- a helyiségben uralkodó közepes hőmérsékletet, és a kiemelt helyeken a helyi hőmérséklet eloszlását,
- a helyiség sugárzási viszonyaira jellemző, különösen hideg nyílászáró szerkezetek felületi hőmérsékletét.

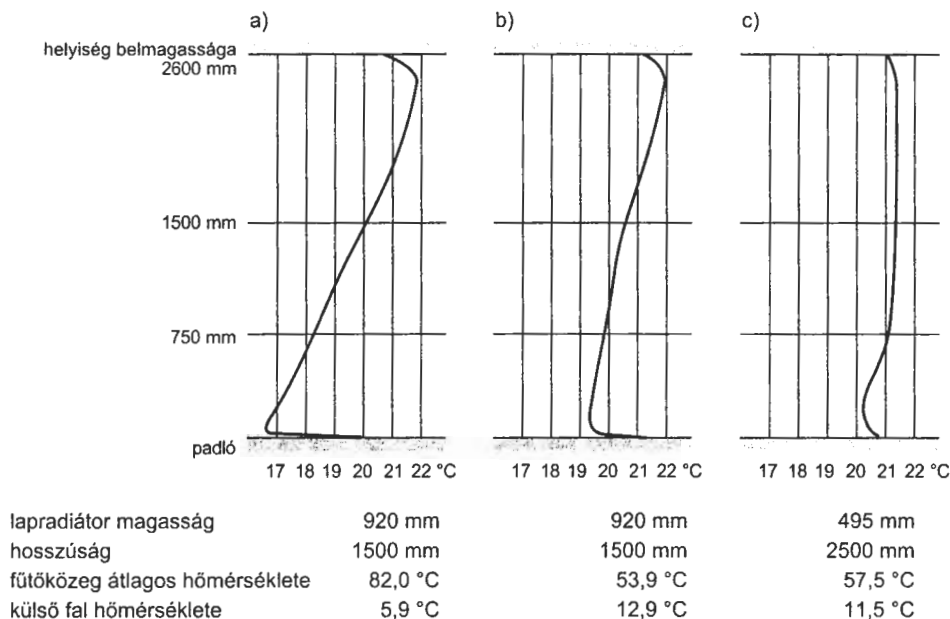
Ilyen vizsgálatokra mutat példát a 19.36., 19.37., 19.38., 19.39. és a 19.40. ábraszorozat.



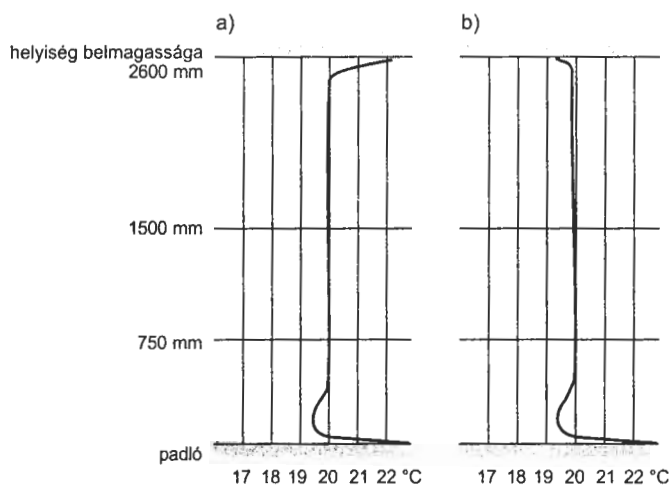
19.36. ábra. A levegő áramlása a helyiségben, amikor a fűtőfelület egy hideg határolófalnál helyezkedik el



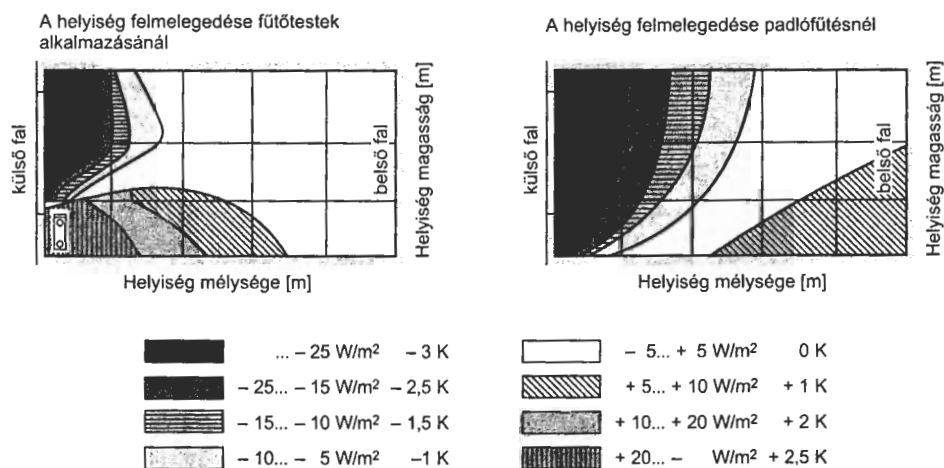
19.37. ábra. A levegő áramlása a helyiségben egy külső fal fűtése és padlófűtés esetén



19.38. ábra. A helyiségben kialakuló függőleges hőmérséklet eloszlás különböző nagyságú fűtőtestek és különböző hőmérsékleti esetek során



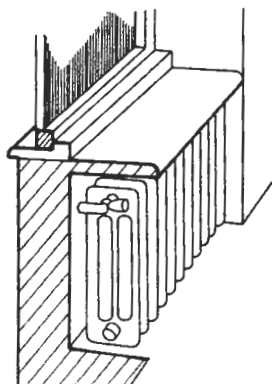
19.39. ábra. A helyiségben kialakuló függőleges hőmérséklet eloszlás padlófűtésnél  
a) padlófűtés egy köztes emeleten, b) padlófűtés a legfelső emeleten, felette padlóssal



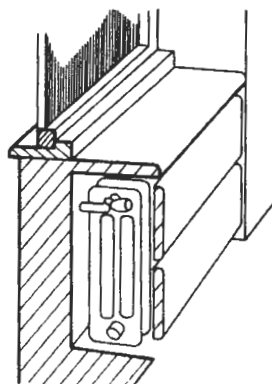
19.40. ábra. Egy helyiség sugárzás révén kialakuló hőáramlási képe és ennek megfelelően a meleg- és hidegérzet

További vizsgálódási szempontok:

- **A fűtési rendszer hőmérsékleti viszonyai.** Ahogyan kötetünk „Vízfűtési rendszerek kialakítása” c. fejezetében látjuk, a vízfűtési rendszerekben tipikusan alkalmazott hőmérsékleti határral kapcsolatos felfogás meglehetősen sokat változott az idők folyamán. Ezért a fűtőtest megválasztásakor rendkívül fontos az, hogy
  - kifejezetten nagy hőmérsékletű vízzel, esetleg gőzzel dolgozik-e majd a rendszer (kb.  $100\text{--}105/80 \text{ }^\circ\text{C}$ );
  - hagyományos hőmérsékleti viszonyok között (kb.  $90/70 \text{ }^\circ\text{C}$ ) működő rendszert tervezünk-e;
  - vagy korszerű, kishőmérsékletű fűtés (kb.  $55/30 \text{ }^\circ\text{C}$ ) alkalmazása-e a cél.
- **Alaki, formai megfelelés.** Erre példaképpen hozzuk fel az iskolák, óvodák fűtését, ahol például a fűtőtest semmiféle eleme nem nyúlhat be a kijelölt közlekedők és játszóhelyek terébe. Erre mutat példamegoldást a 19.41. és a 19.42. ábra. Hasonlóan ügyelnünk kell a lakóterek ajtajainak nyithatóságára (pl. teraszokkal egybenyitható nappali-és fogadószobák esete), a lakás bútorzatának, berendezésének stílusára, stb.
- **Szabályozhatóság.** A mai épületek hőtároló képessége általában kisebb, mint a hajdani, vaskos határoló szerkezetekkel készült létesítményeké. Ezért a fűtőtestek víztérfogatának megválasztásakor figyelembe kell venni a fűtött épület hőtehetetlenségét is. (Lásd még: kötetünk „A fűtési rendszerek szabályozása” c. fejezete.)
- **Az alkalmazható nyomás.** A fűtőtestek nyomástűrését meghatározza az alapanyag és a gyártástechnológia. Megválasztás előtt tehát meg kell vizsgálni a rendszerben fellépő statikus és áramlási nyomásviszonyokat, valamint a víz/levegő tömörséget.



19.41. ábra. Fűtőtestek mélyebben fekvő, legfeljebb a falfelülettel színélő beépítése falmélyedésbe (általános iskolákban és óvodákban)

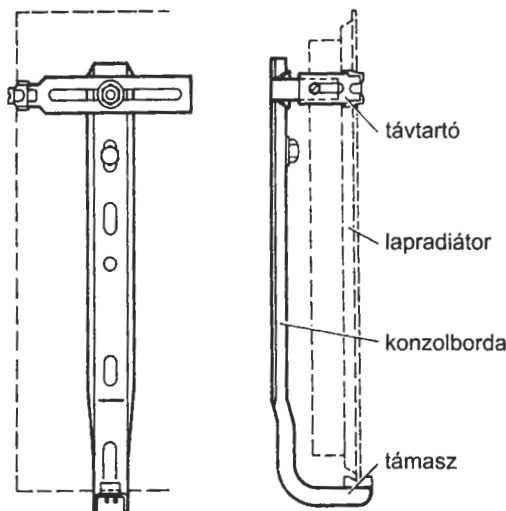


19.42. ábra. Minden éles sarok és él burkolóelemekkel történő lefedése, különösen óvodákban

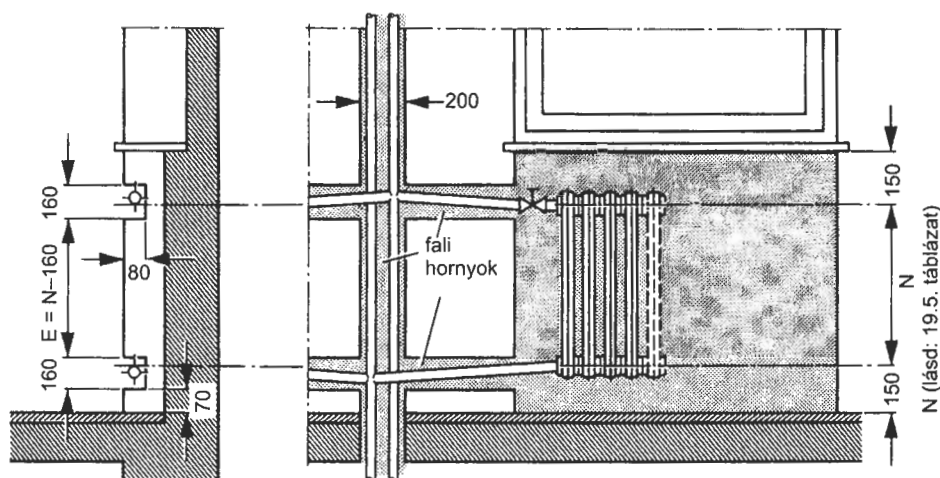
– **A fűtőtest felületi kezelése.** A felületi kezelés természetesen rendkívül lényeges a fűtőtest esztétikai megjelenése szempontjából, középponti kérdés lehet tehát, hogy a különféle színek, beégetett lakkozások, emailozás, fedőrétegek, színrétegek megóvásához megfelelő felületi hőmérsékletet alkalmazzunk. Ugyancsak fontos az is, hogy a fűtőtest meg ne sérüljön a szállítás, tárolás, szerelés során.

A fűtőtestek belső felületét a megfelelően alkalmazott korrózióvédelem oldja meg. E kérdéssel az „Alapismeretek” kötet „Korrózióvédelem” c. fejezete foglalkozik.

– **A szerelési módszer.** Természetesen sem időnk sem helyünk nincs e kötetben arra, hogy a fűtőtestek szerelésének valamennyi részletével foglalkozhassunk, de bemutatjuk a leggyakrabban alkalmazott konzolos felfüggesztést, valamint azt az esetet, amikor a csatlakozó csöveket falon belül vezetjük (19.43., 19.44. ábra).



19.43. ábra. Példa egy lapradiátort tartó konzol-tartóvas kombinációra (Buderus húzórugós konzol)



19.44. ábra. Falhornyok a fűtőtestek bekötőcsöveinek elhelyezésére

#### 19.4.2. A fűtőtestek méretezése, a fűtőfelület nagyságának meghatározása

Ahogy az eddigiekből látszik, a méretezési eljárást alapvetően az befolyásolja, hogy

- tagokból összerakható, tetszésünk szerint változtatható felület méretű fűtőtestről
- vagy pedig egyedi méretekből kapható fűtőtestről van-e szó.

A tagos megoldásnál igen jól közelíthetjük a fűtőfelület méretét a kiszámított hővesztességhez. A méretezés alapja természetesen a hőcserélőknél megtanult (17.1.) számú egyenlet, melynek részleteit részben szintén kötetünk „Hőcserélők” c. fejezetben, részben pedig fejezetünk 19.1 és 19.2 pontjában már elemeztük.

Amennyiben a fűtőtest csak meghatározott méretekből és teljesítménnyel áll rendelkezésünkre, úgy természetesen a hővesztesség értékéhez legközelebb álló értéket választjuk. Itt is hangsúlyozzuk, hogy a túlméretezés káros, mert részben energiapazarláshoz, részben pedig az egyenlőtlen arányok miatt a szabályozhatóság megghiúsításához vezet.

Mivel egész könyvünkön és tárgyalásunkon végighúzódik a rendszerszemlélet fontosságának hangsúlyozása, itt is kiemeljük, hogy a fűtőtestek végleges méretezését csak és kizárólag a rendszer ismeretében lehet elvégezni. Ezért e kérdésre kötetünk a „Fűtési rendszerek méretezése” c. fejezetében visszatérünk.

A fűtőtestek méretezésével kapcsolatos teljesítmény-görbék és egyéb jellemzők ábrázolása során nyomatékosan hívjuk fel olvasóink figyelmét arra, hogy könyvünkben kizárólag a jelleget, a tendenciát, az elméleti összefüggések illusztrálását, jobb megértését és alkalmi számszerűsítését szolgáló ábrákat közlünk. A kazánokhoz, hőcserélőkhöz és egyéb alkotóelemekhez hasonlóan a hőleadók terén is igen gazdag gyártmányválaszték áll rendelkezésre, melyek ismertetéséhez a gyártó cégek kiváló katalógusokat, táblázatokat, ábrákat, szoftvereket bocsátanak a tervezők és felhasználók rendelkezésére.



## 19.5. Fűtőtestek teljesítményének mérése

A fűtőtestek teljesítményét igen pontosan szabályozott körülmények között kell megmérni, és közölni azokat az átszámítási tényezőket, melyekre a tervező-üzemeltető a méréstől eltérő körülmények között számíthat. Ma e méréseket valamennyi hőleadót gyártó és forgalmazó cég igen pontosan, bizonylatolva közli. E mérések lefolytatásához itt csak irodalmi útmutatást adunk [1], [2], [3], [4], [5].

### Irodalom

- [1] ASHRAE – Technical Committees and Task Groups:  
*ASHRAE Handbook*  
ASHRAE Inc., Atlanta USA 1996.
- [2] ASHRAE Handbook – Fundamentals  
American Society of Heating, Refrigerating, and  
Air-Conditioning Engineers, Inc. USA, Atlanta – 1985.
- [3] BUDERUS  
*Handbuch für Heizungstechnik* (33. Auflage)  
Beuth Verlag GmbH, Berlin-Wien-Zürich, 1994.
- [4] Homonnay, Gyné:  
*Fűtéstechnika I. Egyetemi jegyzet*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1976.
- [5] Homonnay, Gyné – Molnár, Z.:  
*Fűtéstechnika*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.
- [6] Macskásy, Á. és szerzőtársai:  
*Központi fűtés I. és II.*  
Tankönyvkiadó, Budapest, 1975.
- [7] Mihejev, M. A.:  
*A hőátadás gyakorlati számításának alapjai*  
Tankönyvkiadó, Budapest, 1963.
- [8] Vogel and Noot gyártmányismertető

## 20. Csövek és szerelvények

Az eddigiekben tárgyalt, hőközlésen alapuló hőtermelő és hőleadó szerkezeteket a fűtőközeg áramlását biztosító csővezetéki rendszer köti össze egymással. A termelést, szállítást és hőleadást megvalósító berendezéseket számos, különféle feladat megoldására alkalmas szerelvénnyel kell ellátnunk az üzemszerű, kényelmes, biztonságos és gazdaságos működés biztosítására.

A fűtéstechnikában mindezek érdekében alkalmazott csövek és szerelvények összefoglalása az alábbi főbb okok miatt nem könnyű feladat:

- a csővezetéki rendszereket alkotó és kiegészítő elemek tárgyalása nem a fűtési rendszerek, hanem a gépelemek és a technológiai tudományágak körébe tartozik,
- az e tárgykörrel kapcsolatos tudományos-műszaki fejlettség ma már olyan szintre emelkedett, hogy igen széleskörű és mélyreható irodalom foglalkozik a kérdéskörrel,
- a csővezetékek és szerelvények szabványosítása nagyon fejlett és előrehaladott állapotban van, adott esetben fontos tehát a szabványok tanulmányozása és ismerete,
- ezen elemekkel kapcsolatban is nagyon részletes gyártmányismertetőik állnak rendelkezésre,
- vannak teljesen általánosan, szinte minden rendszerben alkalmazott szerelvények (például: elzáró-szerelvények), de az egyes fűtéstechnikai területeken egészen sajátos szerelvények alkalmazására van szükség (pl: melegvízfűtéseknel tágulási tartályok, gőzfűtéseknel biztonsági állványcsövek, padlófűtéseknel különféle csővezetéki rendszerek).

Mindezek figyelembevételével rövid és tömör összefoglalást készítettünk a legáltalánosabban alkalmazott elemekről, az egyes sajátos szerelvényeket pedig kötötünk további fejezeteiben, az egyes rendszerekkel együtt ismertetjük.

### 20.1. Csövek és csőkapcsolások

A fűtéstechnikában manapság használt jellegzetes csőanyagok: az acél, réz és különféle műanyag csövek.

A fűtéstechika korai elterjedésének korában még alkalmaztak öntöttvas, illetve kovácsoltvas csöveket is. Ezek korrózióállósága igen jó volt, de a nagy falvastagság, súly és méret, valamint a kis nyomástűrés miatt mára a hőellátást szolgáló, általában víz- és gőz közeggel működő rendszerekben egyáltalán nem használatosak.

Hosszú ideig a fűtéstechika szinte kizárólagos csőanyaga volt az acélcső. A nagyobb rendszerek létesítésekor még ma is ez az uralkodó megoldás, de napjainkra a kisebb rendszerek létesítésénél már szinte egyedülállóan a réz- és műanyagcső, illetve az ezekből készült teljes rendszerek alkalmazása jön számításba.

### 20.1.1. Acélcsövek

Az acélcsövek főbb jellemzői:

- a névleges átmérő, rövidítése magyarul NÁ, illetve az ISO szabványok szerint: DN (diamètre normalisé);
- a névleges nyomás aminek magyar, illetve ISO rövidítése: NNY, illetve PN, (pression normalisée), a próbanyomás és az üzemi nyomás;
- a gyártás módja;
- a megengedett igénybevétel, azaz az alkalmazott acélanyag.

A *névleges átmérő* nagyon régi egyezmény annak érdekében, hogy a lényegében azonos külső átmérővel, de különféle falvastagsággal készült csövek egymással összeilleszthetők legyenek. Az acélcsövek falvastagságát befelé, a cső elképzelt középvonala felé növelték, a belső átmérő tehát csak névleges átmérő. A technikatörténeti érdekesség kedvéért írjuk le, hogy a névleges átmérő megegyezik a 9,81 bar névleges nyomásra előállított öntöttvas nyomócső névleges átmérőjével. A DN betűk után következő szám csak közvetetten kapcsolódik a cső átmérőjéhez, valójában e szám nem jelent mérhető értéket, így méretezési célokra sem használható [12]. Az előnyben részesített DN értékeket a **20.1. táblázat** mutatja, [12] alapján.

Az előnyben részesített névleges átmérő  
DN értékek (DN 2000-ig)

20.1. táblázat

DN	DN	DN	DN	DN	DN
		40	150	450	1000
	15	50	200	500	1100
		60	250	600	1200
					1400
		65			1500
	20	80	300	700	1600
	25	100	350	800	1800
10	32	125	400	900	2000

A **névleges nyomás** (PN) a csővezeték és szerelvény szabványok felépítésének alapja [13]. A csővezetéki alkotóelemek (cső, csőkarima, csőcsavarzat, csőidom, csőszerelvény), szilárdságtani számításai eljárásait a névleges nyomásra alapozzák. A névleges nyomások lépéscsöze:

1, 1,6, 2,5, 4, 6, 10,16,25,40,63,100,160, 250, 400 ..... bar.

A fűtéstechnika tartománya maximum a 40 bar névleges nyomásig terjed.

A **próbanyomás** a csővezeték és az alkotóelemek vizsgálatánál alkalmazandó nyomás, általában a névleges nyomás 1,5-szörös értéke, de természetesen ez a kérdés is szabványosítás tárgya. Néhány tipikus névleges- üzemi- és próbanyomás összetartozó értékeit a **20.2. táblázat** mutatja. Külön kell megvizsgálni a készreszerelt csővezeték nyomáspróbájának egész kérdéskörét.

Névleges nyomás, üzemi nyomás, próbanyomás\*

20.2. táblázat

Névleges nyomás [bar]	Legnagyobb megengedhető üzemi nyomás [bar]				Próbanyomás [bar]
	I.	II.	III.		
	Karima és cső	Karima és cső	Karima	Cső	
1	1	1			2
2,5	2,5	2			4
4	4	3,2			6,5
6	6	5			10
8	8	6			13
10	10	8			16
12,5	12,5	10			20
16	16	13		10	25
20	20	16		13	32
25	25	20	20	16	40
32	32	25		20**	50
40	40	32	32	25	60
50	50	40		32**	75
64	64	50	40	40	96
80	80	64		50	120
100	100	80	64	64	150
125	125	100		80	190
160	160	125	100	100	240
200	200	160		125	300
250	250	200	160	160	375
320	320	250	200	200	480
400	400	320	250	250	600
500	500	400			750
640	640	500			960
800	800	640			1200
1000	1000	800			1500

\* Valamennyi nyomás: túlnyomás.

\*\* Az ehhez az üzemi nyomáshoz tartozó próbanyomás csak karimánélküli cső nyomáspróbájánál érvényes, karimás cső nyomáspróbájánál a karimára vonatkozó próbanyomást kell alkalmazni.

## Üzemi nyomás és névleges nyomás viszonya csővezetékben

20.3. táblázat

Az üzemi nyomás fokozata	A csőben áramló közeg		Az üzemi nyomás és a névleges nyomás viszonya [bar]
	fajtája	hőmérséklete	
I.	Víz, semleges folyadék, gáz, gőz	120 °C-ig	$\bar{U}Ny = NNy$
II.	Gőz, gáz, folyadék, fokozott biztonságot igénylő közeg (pl. $NH_3$ , $CO_2$ )	300 °C-ig	$\bar{U}Ny = 0,8 NNy$
III.	Gáz, gőz, folyadék	300...400 °C	$\bar{U}Ny = 0,64 NNy$

Az **üzemi nyomás** lényegében osztályozás, mely a közeg fajtája (pl. víz, gáz, vagy gőz) és hőmérséklete szerint megengedhető nyomást jelenti (**20.3. táblázat**).

A **cső gyártási technológiája** szerint ismerünk: varrat nélküli és hegesztett csöveket.

A varrat nélküli csövek sorában a kisebb átmérők (DN 6 – DN 150) menetes véggel készülnek. A DN 6 – DN 25 méretű csövek kisebb nyomások tűrésére, míg a DN 25 méret feletiek értelemszerűen nagy nyomás tűrésére alkalmasak.

A sima végű, varrat nélküli csövek döntően kétféle szilárdsági jellemzővel leírható acélból készülnek. A kisebb szilárdságú acélanyagból DN 6 és DN 300, míg a nagyobb szilárdságú acél anyagból DN 50 és DN 500 átmérő tartományban készülnek csövek.

A nagyobb szilárdság esetén a növekvő térfogatáram szállítására előállított nagyobb átmérőjű csövek gyártására vezették be a hegesztett csőgyártási technológiát. Az acéllemezt, vagy szalagot hossztengetyével párhuzamosan, vagy esetleg spirálisan lehet csővé hajlítani, majd hajlítás után az egymással érintkező lemez- vagy szalag-széleket összehegeszteni. Az előbbi módszer adja a hosszvarratos, utóbbi a spirálvarratos csöveket. A hegesztett cső előnye, hogy a kívánt minőségű és szilárdságú acélból egyenletes falvastagsággal és átmérővel állítható elő.

A hegesztett csövek átmérője 1000 mm is lehet.

Régi épületek felújítására és családi házak fűtési rendszerének szerelésére alkalmas a vékonyfalú, precíziós acélcsövek családja. Ezeket kívülről előregyártott műanyag szigeteléssel látják el.

A csővezetéseket készre szerelés után **színgyűrűvel** jelölik. Közismert a gázcsövek sárga színe, a fűtési rendszerek színe általában:

- előremenő vezeték: vörös
- visszatérő vezeték: sötétkék
- használati melegvíz: világoskék

Ha forróvíz- és melegvíz-vezeték halad ugyanazon a helyen, akkor a piros és kék különféle árnyalatait alkalmazzák.

A **20.4. táblázat** az acélcsövek rövid összefoglalását mutatja.

Acélcsovek áttekintő táblázata

20.4. táblázat

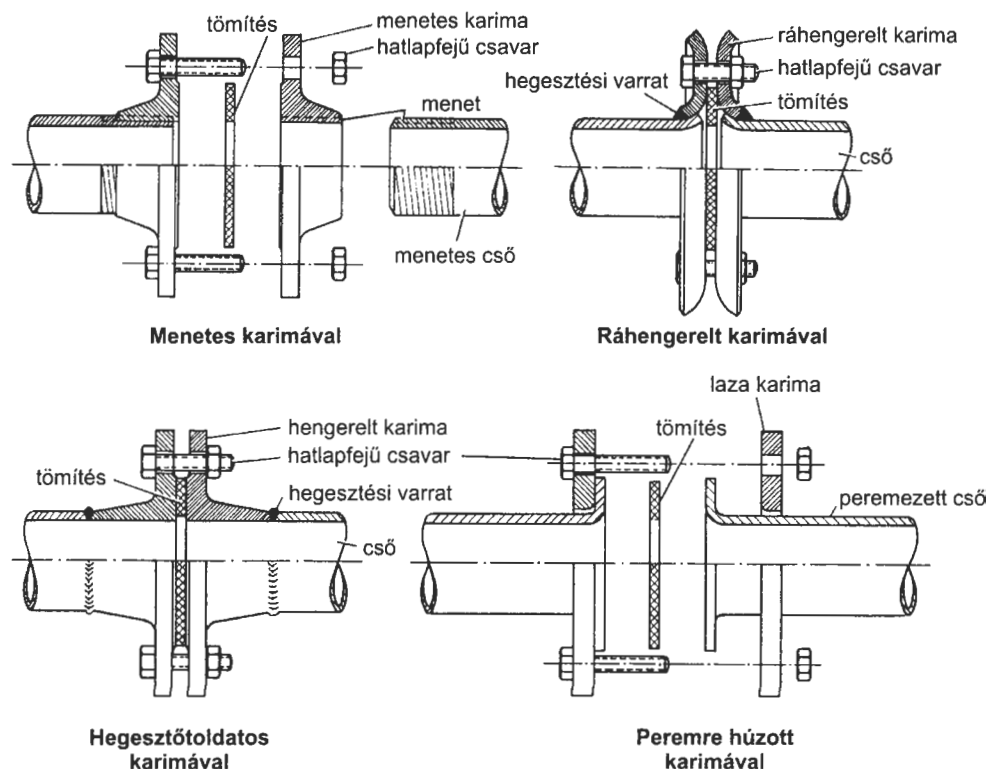
Csőtípus megnevezése	Méretek*	Műszaki szállítási feltételek*	Anyag*	Névleges nyomástartomány bar	Külső átmérő tartomány mm	
Varratnélküli precíziós acélcsovek	DIN 2391 Teil 1	DIN 2391 Teil 2	DIN 2391 szerinti acél	minden nyomás	4–120	
Különleges méret-pontosságú hegesztett precíziós acélcsovek	DIN 2393 Teil 1	DIN 2393 Teil 2	DIN 2393 szerinti acél	minden nyomás	4–120	
Egyszer hidegen húzott hegesztett precíziós acélcsovek	Din 2394 Teil 1	DIN 2394 Teil 2	DIN 2394 szerinti acél	100-ig	6–120	
Menetes csövek	középnéhez	DIN 2440	DIN 2440	St 33	25-ig	10,2–165,1 (DN 1/8"–6")
	nehéz	DIN 2441	DIN 2441	St 33	25-ig	10,2–165,1 (DN 1/8"–6")
	minőségi előírással	DIN 2442	DIN 1629 DIN 1626	St 35 St 37-2	100-ig	10,2–165,1 (DN 1/8"–6")
Varratnélküli csövek	DIN 2448	DIN 1629 Teil 1-től 4-ig	DIN 1629 szerinti acél	minden nyomás	10,2–558,8	
	DIN 2449		St 00	25-ig	10,2–508	
	DIN 2450		St 35	100-ig	10,2–508	
	DIN 2451		St 45	100-ig	10,2–508	
	DIN 2456		St 55	100-ig	10,2–508	
	DIN 2458		St 52	100-ig	10,2–508	
Hegesztett acélcsovek	DIN 2458	DIN 1626 Teil 1-től 4-ig	DIN 1626 szerinti acél	minden nyomás	10,2–1016	
Gáz- és vízvezetékek acélcsovei	DIN 2460	DIN 1629 Teil 1-től 3-ig	St 00	Gáz 1-ig	Víz 25-ig	60,3–508 (DN 50–500)
			St 35	100-ig	64-ig	
	DIN 2461	DIN 1626 Teil 1-től 3-ig	St 33	1-ig	20-ig	60,3–2020 (DN 50–2000)
			St 37-2	80-ig	64-ig	
Éghető folyadékok és gázok távvezetékeinek acélcsovei	DIN 17172	DIN 17172	DIN 17172 szerinti acél	minden nyomás	100 felett	

\* Ahogy ezt könyvünkben több helyen említettük, a hazai műszaki élet új és égető gondja a szabványosítás felzárkóztatása az európai normákhoz. E témakör tárgyalására könyvünkben nincs mód és hely, de a figyelem felkeltése érdekében meghagytuk a DIN szabvány felsorolását a táblázatban!

## 20.1.2. Acélcsovek kapcsolása

Az acélcső szálakat egymással, illetve az idomokkal oldható és nem oldható jelleggel kapcsolhatjuk össze.

Oldható csőkapcsolások a karimás, karmantyús, menetes és tokos csőkötések. Általánosságban oldható csőkötésre van szükség ott, ahol ezt a szerelés technológiája, illetve az üzemvitel megkívánja (pl. radiátorkötés).



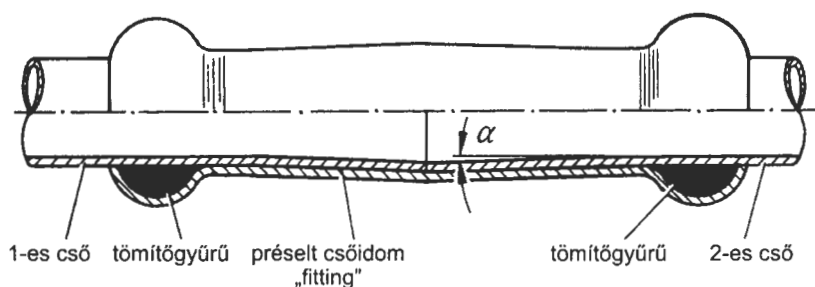
20.1. ábra. Karimás csökötések formái

A nagyobb átmérőknél alkalmazott karimás kötések megoldását mutatja a **20.1. ábra**. Ezeknél természetesen tömítéseket alkalmazunk. A tömítések lehetnek úgynevezett lágy tömítések, ezek anyaga többnyire bőr, gumi, műanyag, parafa, teflon, illetve úgynevezett kemény tömítések, mint alumínium, réz és különféle ötvözetek.

A nem oldható kötések lényegében hegesztéssel készülnek. A hegesztett kötés előnyei:

- nem öregszik, nem szárad ki a tömített kötéssel szemben,
- jobban tűri a vízütést, a rázkódást, a nagy hőmérsékleteket és nyomásokat,
- a vizsgálatok alkalmával bármely nem roncsoló jellegű vizsgálatnak alávethető,
- maximális időtartamú megbízhatóságot jelent.

A precíziós acélcsőveknél alkalmazzák az igen korszerű, úgynevezett „presszfitting” csőkapcsolási rendszert (**20.2. ábra**).



20.2. ábra. Préselt csőidom, lágyacél csövek tokos kötése

### 20.1.3. Rézcsövek

A rézből és rézötvezetből készült csövek a hűtés-és klimatechnika, valamint a vízellátás mellett a fűtéstechnikában is egyre nagyobb teret hódítanak. Az acélcsővel való összehasonlításban szinte kizárólag előnyeit tudjuk felsorolni:

- nagymértékű korrózióállóság,
- kis súly,
- egyszerű, könnyű, tiszta szerelhetőség,
- esztétikus megjelenés,
- kis súrlódási ellenállás.

Az utóbbi jellemzésére írjuk le, hogy míg az acélcső érdessége 0,045 mm méretű, addig a rézcsöveknél ez mindössze 0,0015 mm (ld. kötetünk „A fűtési rendszerek méretezése” c. fejezete). Mindezen előnyökkel szemben hátrányként csak az árat tudjuk megemlíteni.

A réz alapanyagú csövek általában 6–100 mm átmérővel készülnek, de ismerünk olyan gyártmányt is, melynek 10–300 mm az átmérő tartománya.

A réz hőtágulása 100 K hőmérsékletkülönbség esetén 1,7 mm/m, 100 K, összehasonlításként ugyanez az acél esetében: 1,2 mm/m, 100 K, azaz a réz is lehet esztrichben, vagy a falak melletti szegélyben, rejtett hornyokban vezetni.

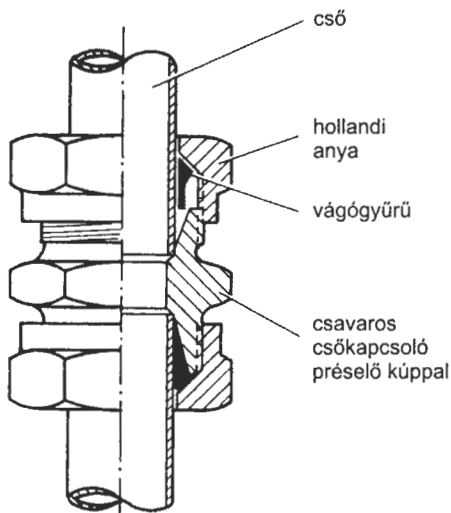
Mivel e kérdés gyakran felmerül, tájékoztatásul itt is leírjuk, hogy ameddig a víz nem túlságosan lúgos, (azaz a pH érték  $< 9,5$ ), addig az acél, öntöttvas és réz együttes alkalmazásával kapcsolatban a keringetett rendszerekben nem merül fel kétely. Sorozatunk következő kötetében, a vízellátási kérdések tárgyalásánál majd látjuk, hogy az ivóvíz vezetékek esetében az acél-réz sorrend megkötésének milyen okai vannak.

Ma már kapható a gyárilag előszigetelt rézcső köteg is. Kb. 22 mm átmérőig karikába hajtva árulják, és a szereléskor szükség szerint méretre vágható. Mindez csak fokozza a fent felsorolt előnyöket.

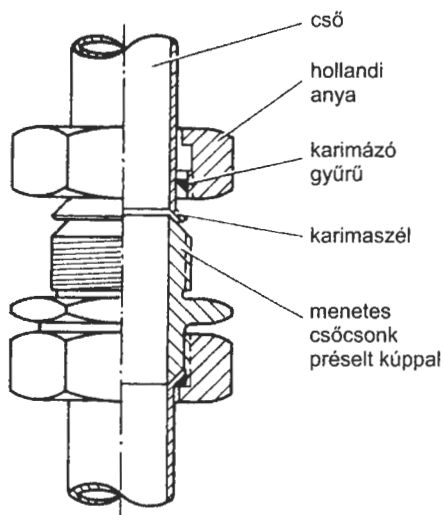


### 20.1.4. Rézcsövek összekapcsolása

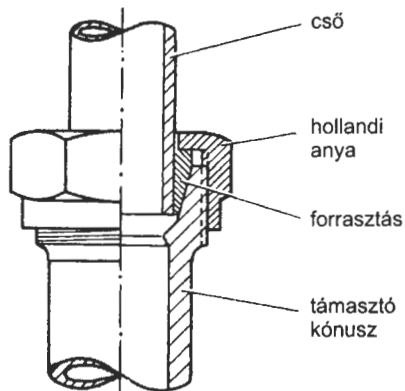
A rézcsövek kapcsolása az acélcövekhez hasonlóan szintén lehet oldható és oldhatatlan jellegű. Az oldható kapcsolás kisebb átmérőknél csavarozott megoldásokkal történik. Az ábra arra az esetre is megoldást mutat, amikor acélcövet és rézcsövet kell egymással összekapcsolnunk (20.3. ábra). Nagyobb átmérőknél szintén karimával oldják meg a csövégek, illetve a csövek és idomok összekapcsolását.



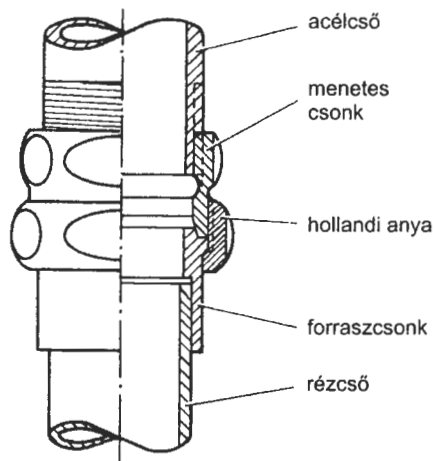
Vágógyűrűs csavarkötés



Karimázó összekötés



Forrasztásos kötés



Acél- és rézcső összekapcsolása

20.3. ábra. Rézcsövek oldható kötése

A nem oldható kötések kemény- illetve lágy forrasztással készülnek, nagyobb átmérőknél az egyik csővég kúposításával, illetve újabban úgynevezett kompressziós fittingekkel (presszfiting) kapcsolják össze a csöveket.

A forraszfitingek alkalmazása lényegében a kapillaris hatás elvén alapul. Az idom melegítése alatt ugyanis a forrasztanyag beáramlik, mintegy befut a fitting és a cső közötti kicsi (0,05–0,2 mm méretű) részbe. A tokozott idomok lehetnek T idomok, ívek, könyökök. Anyaguk réz, vörösoöntvény, vagy sárgaréz. Ez az úgynevezett lágyforrasztás igen gyakori, 110 °C hőmérséklet határig alkalmazható.

A keményforrasztás különleges, pálcaként, vagy tekercsben kapható ezüstforrasszal történik, hosszanti, vagy kehelyvarratokkal. Hegesztést csak nagyobb falvastagságú, (>1,5 mm) rézcsövek esetén alkalmaznak.

### 20.1.5. Műanyag csövek és csőkötések

A fűtéstechnika egyik legújabb, s talán egyik legnagyobb változást előidéző forradalma a műanyag csövek térhódítása. E gyártmányt századunk harmincas éveiben kezdte előállítani a kémiai ipar és elterjedése a fűtéstechnikában és a vízellátásban is igen gyors volt. Fűtéstechnikai alkalmazását egy ideig gátolta az, hogy kb. 80 °C vízhőmérsékletnél nagyobb hőmérsékletekre nem megfelelő, a padlófűtésekhez illeszkedő kis hőmérsékletek elterjedésével azonban ez az alkalmazási akadály is megszűnt. A padlófűtések tervezői később féltek az oxigén diffúziótól, azonban mára a különféle többrétegű csövek forgalomba hozatala, valamint a gyártási technológiák fejlesztése ezt a gondot is megoldotta. Minderről bővebben olvashatunk kötetünk „Padlófűtések” c. fejezetében.

Ezzel a kis bevezetéssel lényegében már fel is soroltuk a műanyag csövek hátrányait, tegyük hozzá azonban a legfőbb hátrányt, mely szerint a hőtágulási együttható értéke:

PVC csöveknél: 80 mm/m, 100 K, és PE csöveknél: 15–20 mm/m/100 K,

azaz átlag mintegy tízszerese, de egyes esetekben majdnem hússzorosa az acélcsövekre jellemző tágulásnak. Kötetünk „Sugárzó fűtések kialakítása és megoldása” c. fejezetében látjuk, milyen nagy előny az, hogy az acél alapanyag hőtágulási tényezője közel azonos a betonéval (ne feledjük, hogy ez lényegében a vasbeton készítésének egyik alapfeltétele is!), de rejtett szerelésre, hornyokban való csővezetésre gondolva sem nehéz felmérnünk a műanyag csövek hátrányának jelentőségét. Szokás ezenfelül még a csekély szilárdságot, hőmérséklettűrést és ütésállóságot is hátrányként emlegetni.

A műanyag csövek előnyei az acélcsövekkel szemben:

- a korrózióállóság és lerakódás mentesség, ezzel a higiénia,
- a könnyű szerelhetőség,
- az előnyös esztétikai megjelenés,
- a kedvező akusztikai tulajdonságok.

A műanyag csövek falvastagságának szilárdsági megfelelése a következő összefüggéssel ellenőrizhető:

$$v = pD/(2\sigma + p) \quad (20.1.)$$

ahol

$v$  falvastagság [mm],

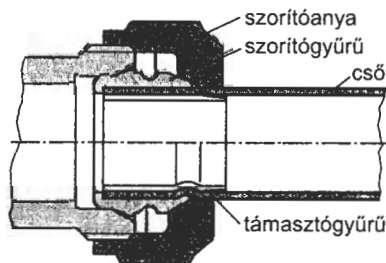
$p$  a belső nyomás [kPa],

$D$  a cső külső átmérője [mm],

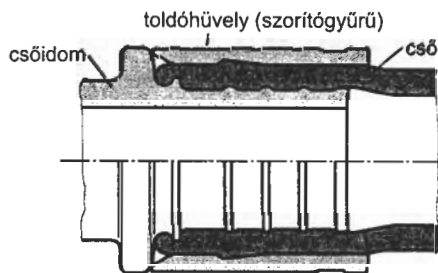
$\sigma$  a megengedett feszültség [kPa].

A műanyag csövek főbb fajtái:

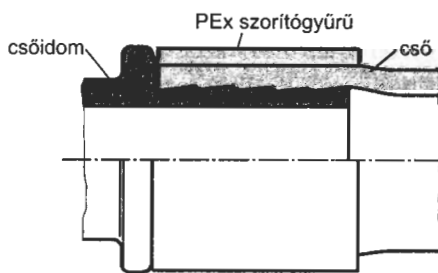
- **PVC (polivinilklorid):** fajlagosan a legolcsóbb és jó általános tulajdonságokkal rendelkező csőanyag, néhány kedvezőtlen tulajdonsága azonban korlátozza fűtéstechnikai alkalmazását: hőmérsékletállósága mérsékelt, emellett égésekor (tűz esetén) mérgező gázok szabadulnak fel. A csőkapcsolás ragasztással, hegesztéssel és idomokkal oldható meg.
- **CPVC (klórozott polivinilklorid):** hőállósága jobb, mint a hagyományos PVC anyagé, azaz nagyobb hőmérsékleteket tűr el anélkül, hogy szilárdságából veszítene. Kötésmódjai azonosak a PVC kötésével.
- **PB (polibutilén):** könnyű, rugalmas anyag, kb. 99 °C-ig alkalmazható. A csővégeket hőhatással kapcsolják egymáshoz. A szállítás és a szerelés megkönnyítésére az átmérő tízszeres méretét jelentő csőkiegészítőbe hajlítható. Padlófűtéshez igen előnyös.
- **PE (polietilén):** az épületen belül a műanyag vezetékek között a leggyakrabban használt csőanyag. A gyártás során térhálósítással eléri, hogy a cső egyetlen óriásmolekulává alakuljon át (PEX). A térhálósítás többféle módon is végezhető, így vegyszeres- és besugárzásos



Szorítógyűrűs kötés



Toldóhüvelyes kötés



Kötés PEX szorítógyűrűvel

20.4. ábra. Műanyagcsövek szokásos kapcsolása

eljárással. A különböző eljárások közül kiemelkedik az *Engel*-féle, amellyel különösen előnyös tulajdonságú csövek hozhatók létre.

A PEX vezetékek önállóan és védőcsőben egyaránt vezethetők. Az utóbbi, „cső a csőben” rendszer a hőtágulás felvétele céljából nagyon előnyös, hiszen a haszoncső nem érintkezik a fallal, vagy földemmel.

A polietilén csövek kötésére számos módszer terjedt el. Első generációs kötéstípusnak tekinthető az ún. szorítógyűrűs kötés, amikor a csőre fém anyát és réz szorítógyűrűt húznak, a csőbe pedig támasztóhüvelyt nyomnak. Az anya meghúzásakor a szorítógyűrű szilárd kötést ad. A megoldás előnye, hogy villáskulccsal szerelhető, hátránya viszont, hogy a kötés helyén keresztmetszet-csökkenésre kell számítanunk, ami áramlástani szempontból kedvezőtlen. Van olyan kötés is, amikor a cső anyaga maga adja a tömítést és a keresztmetszet nem szűkül le.

További lehetőség, hogy a csőre fémgyűrűt húznak, majd a csővéget feltágítva a csőbe bordázott tömlővégű csatlakozót nyomnak. A fémgyűrűt présfogóval ráhúzva a tömlővégre, biztonságos kötés jön létre.

Más megoldás az anyag „emlékező képességét” használja ki, azaz, hogy az alakváltozásnak kitett anyag egy idő után visszanyeri eredeti alakját. Ennél a megoldásnál saját anyagából készült gyűrűt húznak a csőre, majd a csövet és a gyűrűt együtt feltágítják. Az összehúzódó műanyag szilárdan ráfeszül a csőbe dugott, különleges bordázattal ellátott fém vagy műanyag idomra. (A PEX csövek néhány jellemző kötését a **20.4. ábra** mutatja).

- **PP (polipropilén):** e csövek is több kedvező tulajdonsággal rendelkeznek, elsősorban korrózió- és vegyszerállóságuk, kis áramlási ellenállásuk miatt. Hőtágulásuk a fémeknél nagyobb, de a PEX-csöveknél kisebb. A PP anyagú csőhálózatok terhelhetőségének meghatározásához célszerű az adott termék jellemzőit elemezni, amelyek a PP-granulátum összetételének függvényében is változnak.

A polipropilén csövek kötése eltér az előzőekben bemutatott módszerektől: a hőre lágyuló tulajdonságot kihasználva ún. polifúziós kötést használnak. Ennek lényege, hogy a cső külső és az idom belső felületét felmelegítik, majd a végeket egymásba dugva homogén kötést alakítanak ki.

#### 20.1.6. Többrétegű csövek és kötéseik

A többrétegű csövek felépítése belülről kifelé haladva például a következő: polietilén, kötőanyag, alumínium, kötőanyag, polietilén, azaz a cső ötrétegű. A többrétegű csövek előnye, hogy rendkívül ellenállóak, jól terhelhetők, hőtágulásuk kicsi, és emellett a belső műanyag réteg előnyös tulajdonságai is érvényesülnek. A külső UV-álló kemény polietilén réteg jó védelmet biztosít.

A többrétegű csövek kötése préseléssel végezhető, speciális szerszám segítségével. Kisebb méreteknél kézi prészszerző alkalmazható, nagyobb méretek esetében gépi préselés

szükséges. Az oldhatatlan, préselt kötés is nagymértékben hozzájárul ahhoz, hogy a kivitelezés időigényessége csekély, ami a szerelési költségeket nagymértékben csökkenti.

### 20.1.7. Hajlékony csőrendszerek

A szerelés kényelmesebbé és esztétikusabbá tétele érdekében ma már sokféle hajlékony csövet gyártanak, az alapanyag lehet például rozsdamentes acél, vagy acéldróttal megerősített fém. Különösen alkalmas radiátorkötések megoldására.

## 20.2. Csővezetékek megfogása

A csővezetékek megfogását elvileg a következő szempontok szerint osztályozhatjuk:

***a csővezeték helyzete szerint a csőmegfogás lehet:***

- vízszintesen haladó csövek esetében: függesztés, vagy alátámasztás,
- függőleges szakaszoknál: megfogás

***az axiális elmozdulás lehetőségének szempontjából a csőmegfogás lehet:***

- fix megfogás, mely nem engedi az axiális elmozdulást,
- csúszó, görgő, vezetékes megfogás, mely megengedi az axiális elmozdulást.

A megfogások méretezése és kialakítása során valamennyi lehetséges statikus és dinamikus hatást figyelembe kell vennünk, ezek között a legfontosabbak az alábbiak:

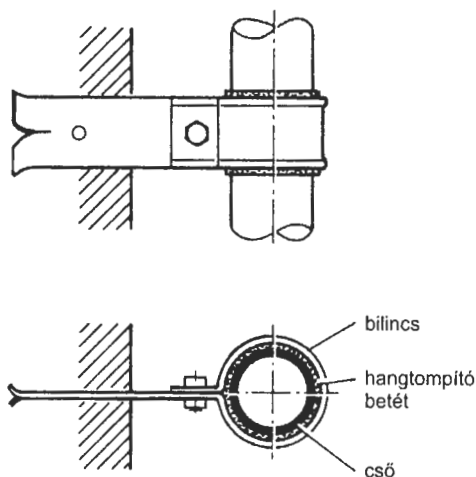
- a csővezeték és a hozzátartozó csőelemek, a szerelvények, a szigetelés és a folyadék-tartalom súlya,
- az esetlegesen, alkalomszerűen előforduló terhek: mint jég, szél, vagy földrengés esetén fellépő hatások,
- a csövek hőtágulásának és az összehúzódásának esetén keletkező erők, különös tekintettel a csőkönyökökre és az irányváltozásokra,
- az építészeti, épületszerkezeti táglási hézagoknál keletkező esetleges súrlódási, vagy rúgóerő,
- az alátámasztás és a cső között keletkező súrlódási erő,
- az esetleges egyéb terhek, mint vízütés, rezgés, biztonsági szelepek visszahatása,
- az üzembehelyezési vizsgálatoknál keletkező erők, feszültségek.

Ma már rendkívül ritkán fordul elő, hogy a fűtési rendszer tervezője, vagy kivitelezője újfajta, egyedi csőmegfogást, vagy alátámasztást alkalmaz. A gyártó cégek ugyanis e téren is hatalmas választékot bocsátanak az alkalmazók rendelkezésére.

## Javasolt felfüggesztési közök

## 20.5. táblázat

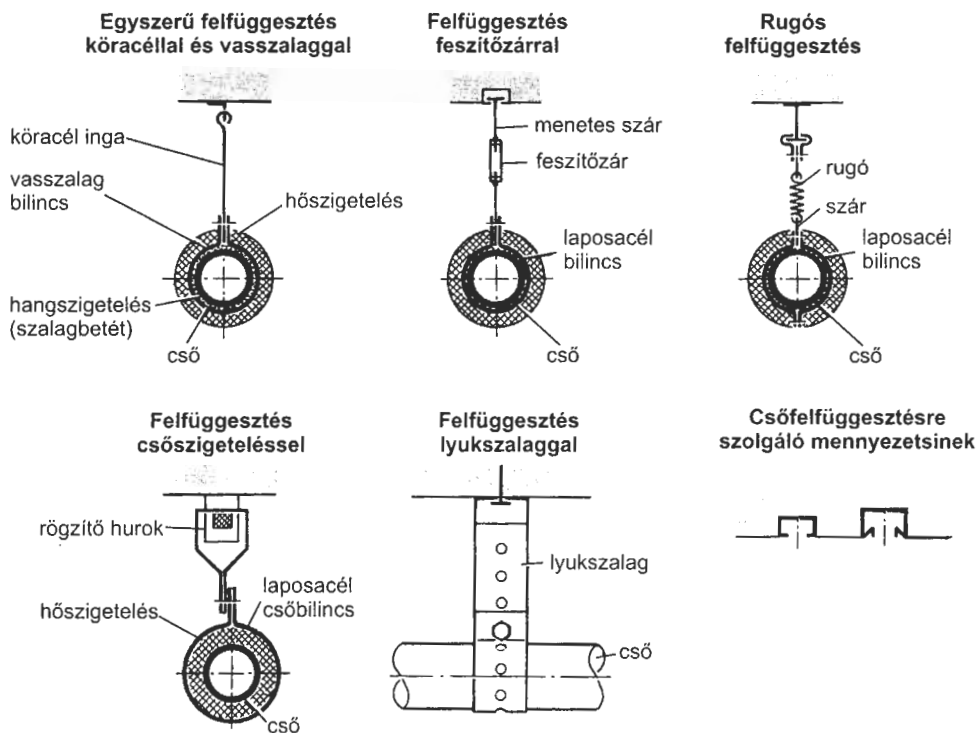
Névleges átmérő [mm]	Távolság [m]			Függesztés mérete [mm]
	Acélcső		Rézcső	
	Víz	Gőz	Víz	
15	2,1	2,4	1,5	6,4
20	2,1	2,7	1,5	6,4
25	2,1	2,7	1,8	6,4
40	2,7	3,7	2,4	10
50	3,0	4,0	2,4	10
65	3,4	4,3	2,7	10
80	3,7	4,6	3,0	10
100	4,3	5,2	3,7	13
150	5,2	6,4	4,3	13
200	5,8	7,3	4,9	16
250	6,1	7,9	5,5	19
300	7,0	9,1	5,8	22
350	7,6	9,8		25
400	8,2	10,7		25
450	8,5	11,3		32
500	9,1	11,9		32



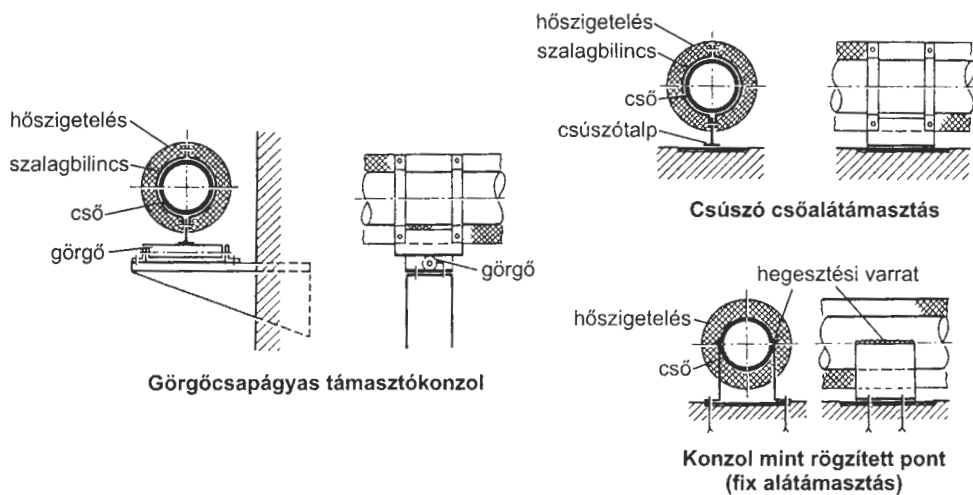
20.5. ábra. Cső rögzítése csőbilinccsel [2]

Ezért pusztán az eligazítás céljából mutatjuk be a csőmegfogások egymástól való távolságára jellemző, **20.5. táblázatot**, valamint néhány, a kivitelezés lehetőségeit bemutató ábrát. Ezek sorában a kis csőátmérők esetében alkalmazható, két részből álló megfogást láthatjuk a **20.5. ábrán**. A mennyezetbe beerősített különféle kampók esetét a **20.6. ábrán** részleteztük. A nagyobb átmérőjű csöveket konzolokra helyezik. Ilyen megoldást mutat a **20.7. ábra**. A fűtési vezetékeket gyakran kell falakon és egyéb határoló szerkezeteken átvezetnünk, ezt az esetet ábrázolja a **20.8. ábra**. Igen fontos az is, hogy két csőmegfogás közötti belógás ne akadályozza a vezetékek teljes leürítését (**20.9. ábra**).

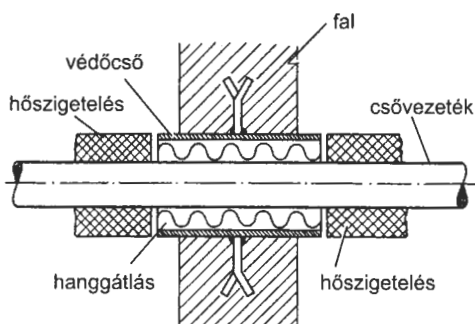
A csőmegfogások egész kérdéskörével kapcsolatban alapvető jelentőségű a fix és a csúszó megfogások megoldása, kialakítása és egymástól való távolsága. A fűtési rendszerek természetszerű velejárója ugyanis a hőmérsékletváltozás és ezzel együtt a hőtágulási jelenségek sora. Ezzel kapcsolatban felhívjuk a figyelmet arra, hogy a hőtágulással kapcsolatban zajjelenségekkel is számolnunk kell. Ezért a csővezeték és a megfogás közé filc-gumi, vagy hasonló lágy anyagot kell helyezni, ez különösen előnyös lehet a szivattyúk közelében, ahol lengés-és zajcsillapítóként is szolgálhat.



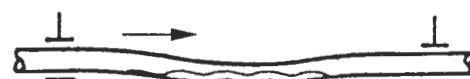
20.6. ábra. Csörögztés felfüggesztéssel [2]



20.7. ábra. Csörögztés konzolon [2]



20.8. ábra. Csővezeték fali átvezetése



**helytelen:**  
a kondenzátum összegyűlik, nem üríthető

**helyes:**  
a kondenzátum lefolyik, üríthető

20.9. Csővezeteki megfogás kialakítása [9]

A hőtágulási tényezők számszerűségéről a 20.1. pontban a különféle anyagú csövek esetében már említést tettünk. Az alkalmazandó fix megfogások számát, távolságát és megoldását a hőtágulásból eredő feszültségek felvételére szolgáló szerkezetek sorában ismer-tjük.

### 20.3. A hőtágulásból eredő feszültségek felvétele

A hőtágulás és a hőtágulásból eredő feszültségek felvétele súlyos kialakítási és anyagi következményekkel járó és meglehetősen bonyolult számítási, méretezési eljárást igénylő feladatsor. Ma már ezeknél a gyártmányoknál is az az eljárás érvényesül, hogy a gyártó cégek a fejlesztési részlegek által kidolgozott szoftvereket és részletes gyártmányismertetőket bocsátanak a tervezők, kivitelezők rendelkezésre.

A központi fűtési technika azonban az aránylag kicsi és szűk értékek között mozgó hőmérsékletváltozások és az előforduló kis csőméretek miatt ezen a téren közelítésekkel, elhanyagolásokkal él és egyszerűsítésekkel, majdnem ökölszabály jellegű összefüggésekkel dolgozik. Ezek használhatóságát a sokéves tapasztalat egyfelől messzemenően igazolta, másfelől a feszültségek felvétele a fűtéstechikában az esetek többségében megoldható az irányváltozások megfelelő alakításával és kihasználásával.

A hőtágulásból eredő feszültségek felvétele ugyanis elvileg kétféle módszerrel történhet:

- a csővezeték nyomvonalvezetésével,
- kompenzátor szerkezetekkel.

Vizsgáljuk tehát a fűtéstechikai szempontból jelentős nyomvonal kialakítási eseteket.



### 20.3.1. Hőtágulásból eredő feszültségek felvétele a nyomvonal alakításával

Mindenekelőtt nézzük meg adott csőszakasz hőtágulásból eredő hosszúság növekedésének mértékét:

$$\ell = \ell_0 [1 + \alpha \Delta t + \beta (\Delta t)^2] \quad (20.2.)$$

ahol

$\ell$  a csővezeték hossza a hőtágulás következtében való megnyúlás után, az áramló folyadék  $t_f$  hőmérsékletén [m],

$\ell_0$  a cső hossza a szerelési hőmérsékleten [m],

$\Delta t$  a folyadék  $t_f$  hőmérséklete és a szerelési hőmérséklet közötti különbség [K],

$\alpha, \beta$  anyagjellemző tulajdonságok [m/m, K, illetve m/m, K<sup>2</sup>].

Az  $\alpha$  hőtágulási együtthatót az előző pontban már bemutattuk az acél, a réz és a műanyag csövek esetére, a  $\beta$  értékét a fűtéstechikai számításoknál általában elhanyagoljuk.

#### L alakú kompenzátor

A 20.10. ábra mutatja az L alakú kompenzátor kialakítását. Az „AB” csőhossz tágulását felvevő „L” szár hossza az alábbi összefüggéssel számítható:

$$L = \sqrt{\frac{3 \Delta \ell D E}{\sigma}} \quad (20.3.)$$

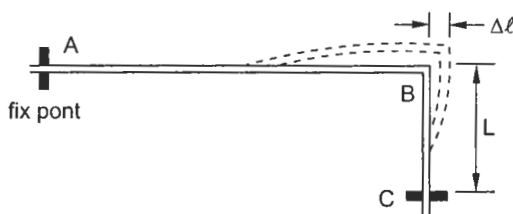
ahol

$\Delta \ell$  az AB hosszúságú szakasz megnyúlása, illetve összehúzódása [mm],

$D$  a cső külső átmérője [mm],

$E$  rugalmassági modulus [kPa],

$\sigma$  megengedett feszültség [kPa].



20.10. ábra. L kompenzátor [1]

Varrat nélküli acélcsövekre és rézcsövekre a következő közelítő összefüggés alkalmazható:

$$L = 75 \sqrt{\Delta \ell D} \quad (20.4.)$$

Vízszintes csövek esetén a cső mozgásának minimális ellenállás mellett kell megtörténnie, a csúszó alátámasztások tervezésekor erre figyelmet kell fordítani. Ha az L kompenzátornak vízszintes és függőleges szára is van, akkor a vízszintes szárat tartó felfüggesztésnek az egész csőszakasz súlyát hordoznia kell.

A fix pontra ható erő a következő összefüggéssel határozható meg:

$$F = \frac{12 E I \Delta \ell}{10^6 L^3} \quad (20.5.)$$

ahol az eddigi jelöléseken túl

$F$  az erő [kN],

$I$  a tehetetlenségi nyomaték [mm<sup>4</sup>].

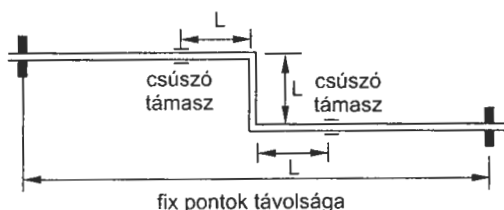
### Z alakú kompenzátor

A 20.11. ábra jelöléseivel a táglási feszültség felvételére alkalmas hosszúság:

$$L = 48,7 \sqrt{\Delta \ell D} \quad (20.6.)$$

A fellépő erő pedig, megfelelő közelitő pontossággal:

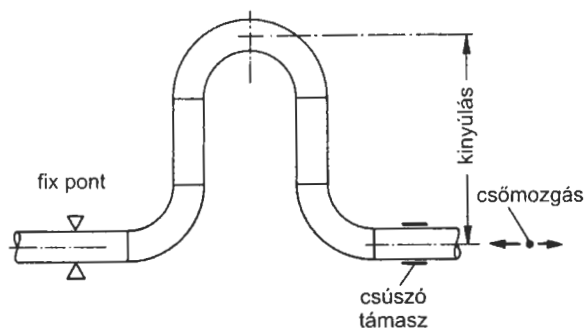
$$F = 101 \Delta \ell (D/L)^2 \quad (20.7.)$$



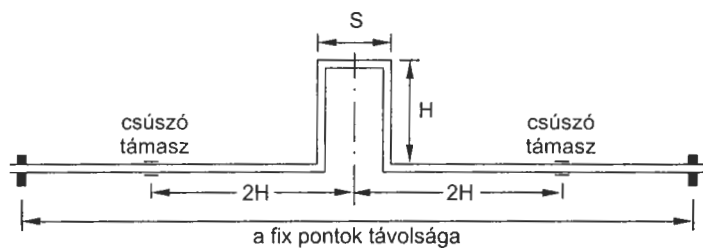
20.11. ábra. Z kompenzátor [1]

### U alakú kompenzátor

Az U alakú kompenzátor méreteire a 20.12. ábra és a 20.6. táblázat ad tájékoztatást. Erre az esetre nem tudunk egyszerű módszert ajánlani a keletkező erők számítására, de ezek értéke általában nem nagy. Egy igen egyszerű ökölszabály úgy számol, hogy minden milliméter átmérőre 35 N erő esik. (pl. 50 mm átmérőjű cső 1,75 kN erőt fejleszt és egy 300 mm átmérőjű cső 10,5 kN erőt hoz létre)

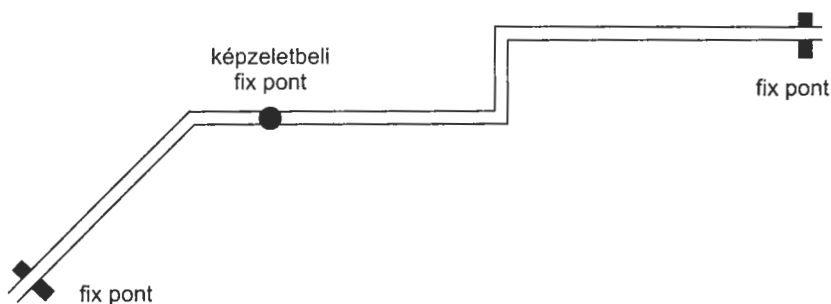


20.12. ábra. U kompenzátor [1]



Csőméret DN	A fix pontok távolsága [m]											
	50		100		150		200		250		300	
	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H
25	0,6	1,2	0,9	1,8	1,1	2,1	1,2	2,4	1,4	2,7	1,5	3,0
50	0,9	1,8	1,2	2,4	1,5	3,0	1,7	3,4	1,8	3,7	2,1	4,3
80	1,1	2,1	1,5	3,0	1,8	3,7	2,0	4,0	2,3	4,6	2,4	4,9
100	1,2	2,4	1,7	3,4	2,0	4,0	2,3	4,6	2,6	5,2	2,7	5,5
150	1,5	3,0	2,0	4,0	2,4	4,9	2,7	5,5	3,0	6,1	3,4	6,7
200	1,7	3,4	2,3	4,6	2,7	5,5	3,2	6,4	3,7	7,3	4,0	7,9
250	1,8	3,7	2,6	5,2	3,0	6,1	3,5	7,0	4,0	7,9	4,3	8,5
300	2,0	4,0	2,7	5,5	3,4	6,7	3,8	7,6	4,3	8,5	4,7	9,4
350	2,1	4,3	2,9	5,8	3,5	7,0	4,0	7,9	4,6	9,1	4,9	9,8
400	2,3	4,6	3,0	6,1	3,8	7,6	4,3	8,5	4,9	9,8	5,3	10,7
450	2,4	4,9	3,4	6,7	4,0	7,9	4,6	9,1	5,2	10,4	5,6	11,3
500	2,6	5,2	3,5	7,0	4,3	8,5	4,9	9,8	5,5	11,0	5,9	11,9
600	2,7	5,5	3,8	7,6	4,4	8,8	5,3	10,7	5,9	11,9	6,4	12,8

Meglévő csőalakzatok tágulásának felvételének meghatározására különféle számítógépes eljárások állnak rendelkezésre. Nem minden esetben szükséges azonban ez a bonyolult eljárás, hiszen elképzelt fix pontokkal a meglévő rendszer *L* és *Z* kompenzátorok eseteire bontható, és a felsorolt egyszerű összefüggésekkel vizsgálható (20.13. ábra).

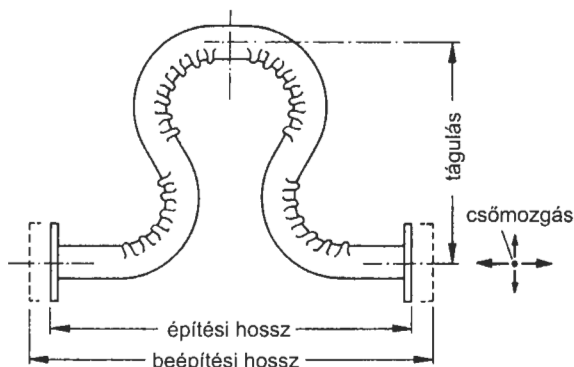


20.13. ábra. Nyomvonal felbontása [1]

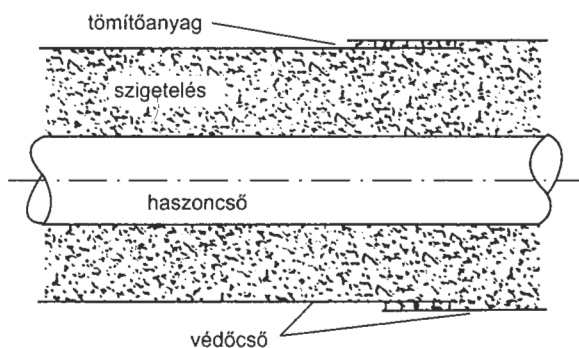
## Líra alakú kompenzátorok

A líra alakú kompenzátorok kialakítását a **20.14. ábra** mutatja. Méretezésére a gyártó cégek adnak eligazítást.

Ma egyre inkább elterjed a *szigeteléssel és a szigetelést védő köpennyel együtt gyártott és szállított csővezeték* (lásd még kötetünk „Távhőszolgáltatás” c. fejezete). Ebben az esetben értelemszerűen a köpenynek is van hőtágulása. Az ebből eredő feszültségek felvételét úgy oldjuk meg, hogy a köpenyt átlapolva („teleszkóposan”) készítik el, így a köpenyelemek egymáson el tudnak csúszni. Az így keletkező rést azonban jól kell tömíteni, nehogy a nedvesség behatolhasson (**20.15. ábra**).



20.14. ábra. Líra kompenzátor [1]



20.15. ábra. Előszigetelt, védőcsöves megoldás hőtágulása

### 20.3.2. Kompenzátor szerkezetek

A különféle kompenzátor szerkezetek általában: hullámlemezről, úgynevezett lencsék-ből, rugózó lemez elemekből, fémtömlőkből állnak. Alkalmazásukra esetleg a távhőszolgáltató rendszerekben kerülhet sor, bonyolultabb nyomvonalak, vagy nagy hőmérsékletek és nyomások esetén.

## 20.4. Szerelvények

Ahogy azt már fejezetünk bevezetésében említettük, a csőszerelvények fajainak száma napjainkra annyira megnövekedett és olyan széles választék áll rendelkezésünkre, hogy az osztályozás sem egyszerű feladat. Ezért a következőkben

- összefoglaljuk és igen röviden jellemezzük azokat a szerelvényeket, melyek alkalmazása általános, és egyáltalán nem kizárólagosan fűtéstechnikai jellegű, de e rendszerekben nélkülözhetetlenek és gyakran használatosak. E szerelvényeket ugyanis több más terület-

ről is ismerjük, és számos irodalmi forrásban fellelhetők [2], [3], [5], tehát részletes ismertetésükre nincs szükség.

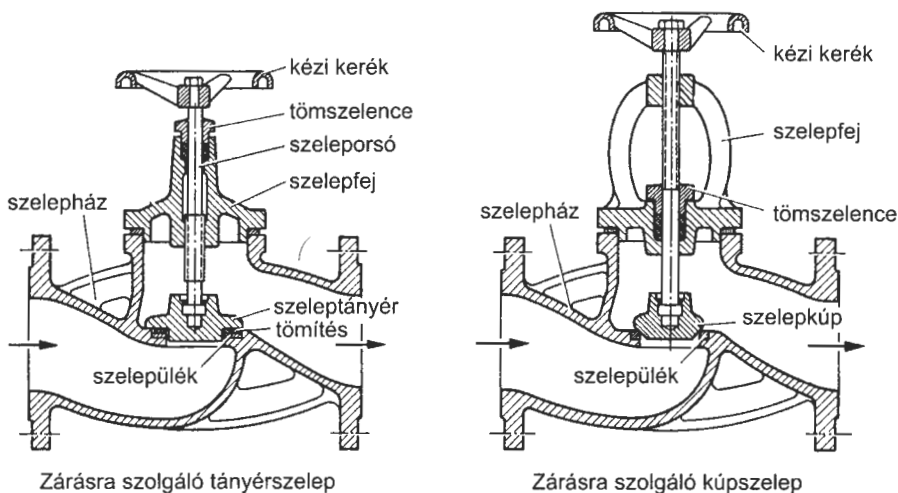
- másfelől az egyes fűtéstechikai megoldásokkal együtt részletesebben ismertetjük az adott rendszerhez illeszkedő szerelvényeket, lásd kötetünk fűtések kialakításáról szóló fejezeteiben.

#### 20.4.1. Általánosan alkalmazott szerelvények felsorolása

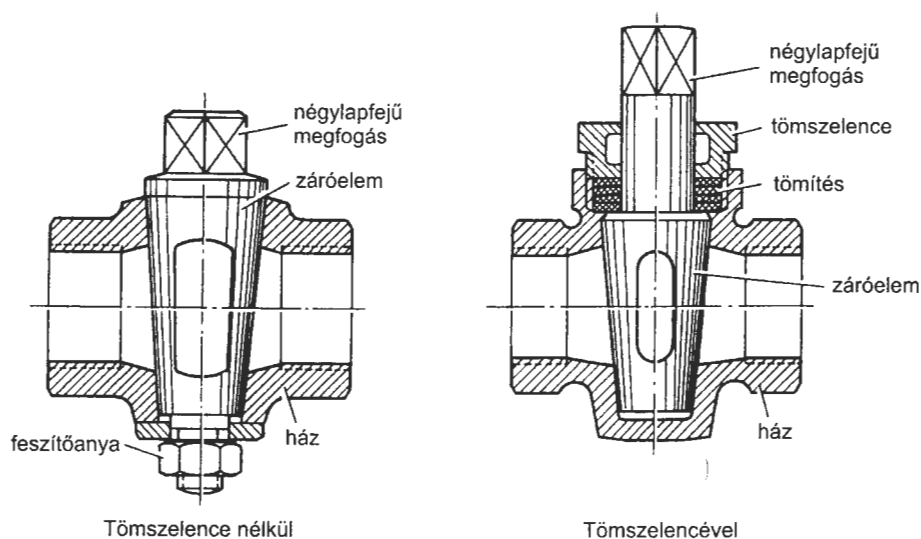
Nem törekedhetünk itt arra, hogy a szelepek valamennyi fajtáját, osztályozását, jellemzőjét és a méretezési, kiválasztási eljárásokat tárgyaljuk. Mindez a mai fejlettség mellett egy egész külön kötetet igényelne és teljesen szétfeszítené könyvünk kereteit, valamint a tárgyalás menetét is megszakítaná. Ezért azt kíséreltük meg, hogy a legfontosabb jellemzőket igen rövid és tömör formában összegezzük, s a felsőoktatás hallgatóit és olvasóinkat arra kérjük, hogy a részleteket a vonatkozó bőséges irodalmi forrásokban keressék [1], [2], [4], [5], [6], [9].

##### *Elzárószerelvények:*

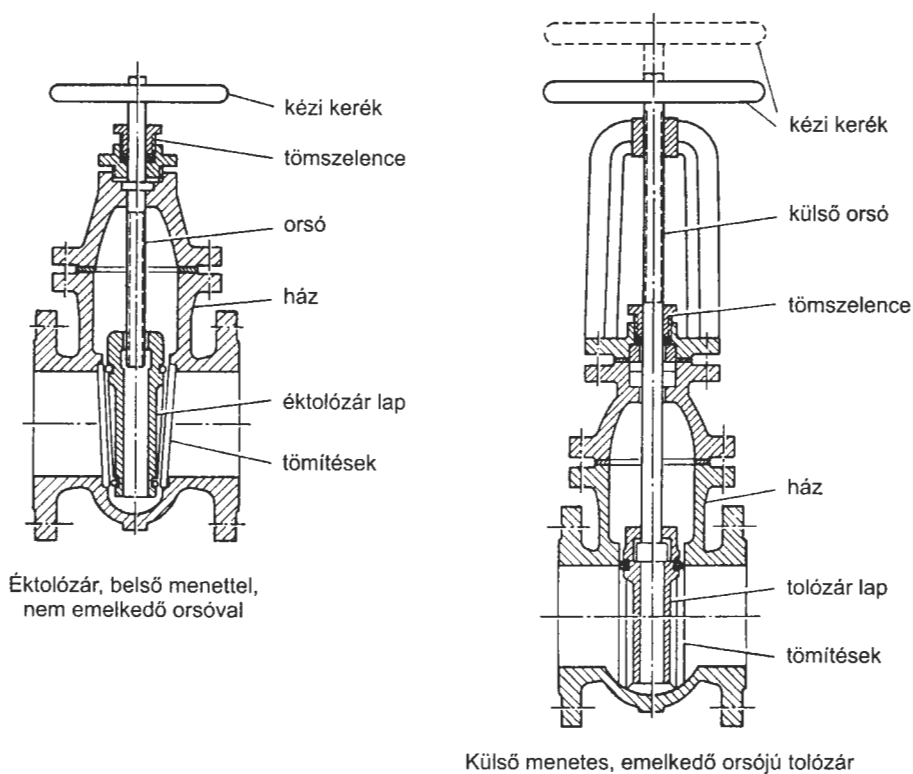
- működtetett elzárószerelvények: azaz szelepek, csapok, tolózárak, csappantyúk (20.16., 20.17., 20.18. és 20.19. ábra)
- önműködő elzáró szerelvények, azaz: biztonsági szelepek, visszacsapó szelepek (20.20. és 20.21. ábra)



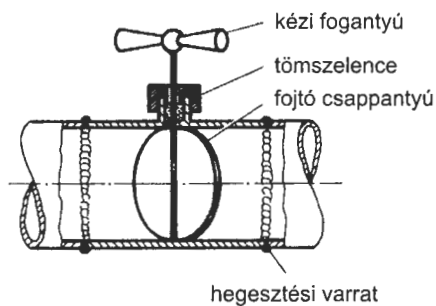
20.16. ábra. Szelepek



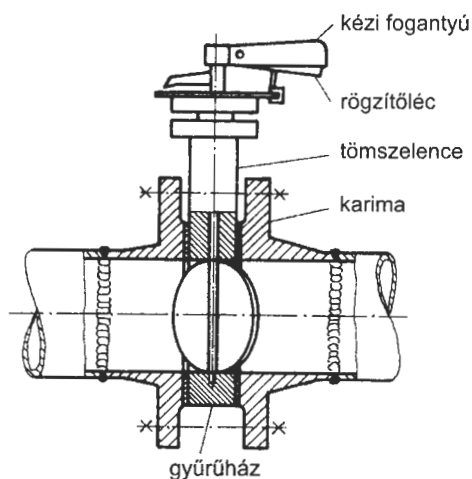
20.17. ábra. Csapok



20.18. ábra. Tolózárak

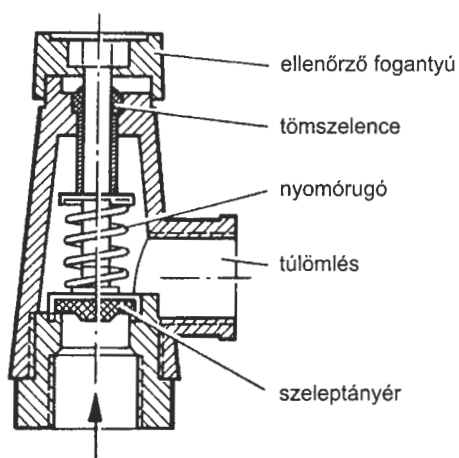


Hegesztett fojtócsappantyú

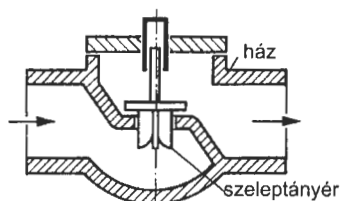


Gyűrűs fojtócsappantyú

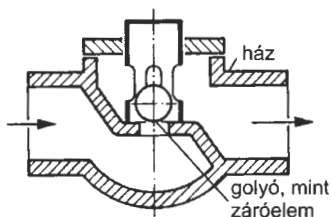
20.19. ábra. Csappantyúk



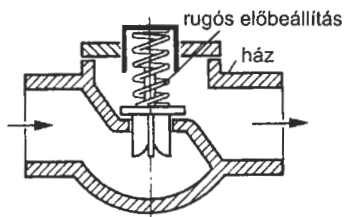
20.20. ábra. Biztonsági szelep



Tányéros visszacsapó szelep



Golyós visszacsapó szelep



Rugós visszacsapó szelep

20.21. ábra. Visszacsapó szelep

***Kiválasztásra, leválasztásra alkalmas szerelvények (különféle közegek):***

- vízleválasztók,
- légtelenítő és légbeszívó szelepek,
- olajleválasztók (ezek fűtési alkalmazása rendkívül ritka).

***Szabályozó szerelvények:***

- fojtó- és szabályozószelepek, keverőszelepek, mennyiségkorlátozók,
- nyomáscsökkentők,
- vízszint szabályozók.

E szerelvények szinte minden hidraulikai-hőtechnikai rendszerben általánosan használatosak, de speciális, célszerű kialakításuk az egyes fűtéstechnikai megoldásokban kitüntetett szerepet játszik a rendszer alapvető működési feltételeinek biztosítása során. Megemlítjük például a vízleválasztók közül a kondenzedények, vízszákcsovek szerepét a gőzfűtések, vagy a légtelenítés alapvető jelentőségét a melegvízfűtések esetében. Ezért e szerkezetek működését az alkalmazással együtt ismertetjük a rendszerek kialakításáról szóló fejezetekben.

***Azonos közegek összegyűjtésére és elosztására alkalmas szerelvények:***

- osztók,
- gyűjtők.

Ezek rendszerint nagyobb átmérőjű, vízszintes elrendezésű csövek, a csatlakozásoknak megfelelő leágazásokkal. Ma már a kompakt hőközpontok és előregyártott padlófűtési elemek esetében négyyszög keresztmetszettel is találkozunk, valamint az osztóval (gyűjtővel) egybeépített szivattyú és hőcserélő sem ritka. (ld. kötetünk „Padlófűtések” c. fejezete)

***Mérő és ellenőrző műszerek:***

- sebesség-és térfogat/tömegárammérők,
- vízállásmutatók,
- nyomásmérők,
- hőmérsékletmérők.

Mivel a mérőműszerek leírása is meghaladja könyvünk kereteit, ahol szükséges, a rendszerekkel kapcsolatban említjük a műszereket és a szükséges méréseket, egyébként olvasóink további tájékoztatását ebben az esetben is az irodalmi hivatkozásokkal próbáljuk meg megoldani [1], [2], [3], [4], [9].

A felsorolásban említett szerelvényeken túlmenő gyártmányok már többnyire csak a fűtéstechnika egy-egy speciális rendszeréhez, az abban alkalmazott hőhordozó közeghez csatlakoznak, és túlnyomórészt, jellemzően az adott rendszerben használatosak. Teljesen következetes, ismétléseket nem tartalmazó osztályozási rendszert e témakörrel kapcsolatban nem lehet készíteni, bármennyire is törekedtünk erre a fejezet összeállításánál. Ezért megelé-



szünk azzal az ésszerű gyakorlati eljárással, hogy egyazon szerelvényt ne említsünk kétszer, vagy többször. A legfontosabb rendszer-specifikus szerelvényeket az alábbiakban felsoroljuk, részletesebb ismertetésük pedig, – ahogyan ezt fentebb megírtuk – mindig az adott fejezetben kerül sorra. A rendszerekkel együtt egyébként valamennyi, alárendeltebb jelentőségű szerelvény is említésre kerül (ld. a különféle fűtési rendszerek kialakításáról szóló fejezeteket).

#### **20.4.2. A különféle fűtési rendszerekhez illeszkedő, fontosabb, különleges szerelvények felsorolása**

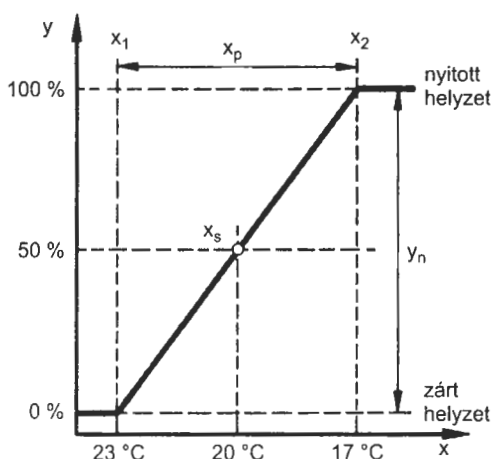
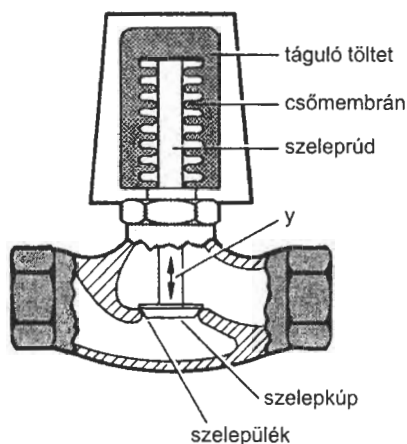
- Melegvíz fűtések (általában épületen belüli, központi fűtési rendszerek)
  - Keringető és keverőszivattyúk
  - Nyitott és zárt tágulási tartályok és a hozzájuk tartozó csőrendszerek és elemek
  - Töltő és ürítő szerelvények
  - Vízterfogat kiegészítő, hőmérséklet kiegyenlítő szerelvények
  - Keverő és elválasztó szerepet betöltő szabályozószelepek
  - Felszállók szabályozószelei
  - Kettősbeállítású radiátorszelepek (és csapok)
  - Termosztatikus radiátorszelepek
- Kisnyomású gőzfűtések (általában épületen belüli, központi fűtési rendszerek)
  - Biztonsági állványcsövek
  - Kondenzvíz tartályok és kiegyenlítők
  - Vízszákcsovek
  - Kondenzedények
  - Gőztorlók
  - Légtelenítés
  - Szűrők-szennyfogók
- Forróvíz távhőszolgáltatásnál (a házi rendszerrel összefüggésben), az eddigieken túlmenően:
  - Nyomástartó rendszerek és tartozékaik
  - Túláramszelepek
  - Hőmennyiségmérők
- Nagynyomású gőzhálózatoknál (a belső, ellátó rendszerekkel összefüggésben), az eddigieken túlmenően:
  - Vízleválasztó szerkezetek
  - Kondenzedények
  - Nyomáscsökkentő szelepek és állomások
  - Gőzhűtők

## 20.5. Szabályozó szelepek megválasztása és méretezése

A szabályozó szelepek méretezése és megválasztása a mai szabályozástechnikai irodalomban önmagában kötetnyi terjedelmet jelent. Saját céljainkra egyszerűsítve a rendelkezésre álló irodalmat, az alábbiakban összefoglaljuk a megválasztás alapvető szempontjait.

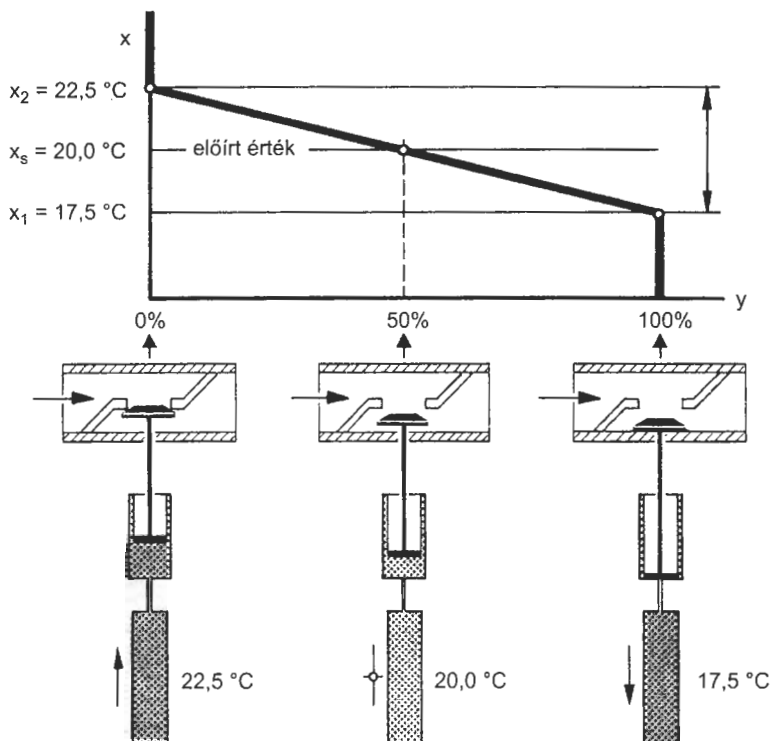
### 20.5.1. A megválasztás főbb szempontjai

- A szabályozó szelepeket osztályozhatjuk a működtetés szerint, és így lehetnek:
  - segédenergia nélkül működő szelepek, mint a „Fűtési rendszerek szabályozása” c. fejezetben részletesen ismertetett, termohidraulikus elven működő termosztatikus radiátorszelepek (lásd példaképpen a 20.22. és 20.23. ábrát);
  - segédenergiával működő: villamos, vagy pneumatikus üzemű, motoros, vagy mágnes-szelepek.



20.22. ábra. Termosztatikus fűtőtestszelep táguló folyadéköltettel

$y$  – a nyitás mértéke;  $y = 0$  – zárt állás;  $y = 100\%$  – teljesen nyitott állás;  $x_1$  – a zárt álláshoz tartozó hőmérséklet;  $x_2$  – a nyitott álláshoz tartozó hőmérséklet;  $x_s$  – az előírt értékhez tartozó hőmérséklet;  $x_p$  – a szabályozási tartomány



20.23. ábra. Termosztatikus fűtőtesszelep működési elve

- További, a kiválasztást, majd méretezést befolyásoló kritériumok lehetnek:
  - a névleges átmérő (DN),
  - a névleges nyomás (PN),
  - a szelepház és a szeleptülék anyaga,
  - a szelep és a csővezeték összekötése,
  - a szelepház beépítési formája,
 (lásd a csővezetékek névleges átmérőjének és nyomásának, anyagának, kapcsolásának és a szelepek alakjának ismertetéséről szóló, 20.1 és 20.4.1. számú pontokat)
- a szeleptülék és a szeleptányér formája (20.24. ábra),
- együlékes és kétülékes szelep (20.25. ábra),
- kétkapus – egyutú, háromkapus – kétutú, valamint négykapus – háromutú szelepek (20.26., 20.27., 20.28. ábra).



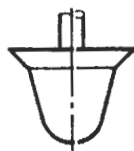
tányérszelep kúpos  
tömítőfelülettel



tányérszelep vezetőbordákkal

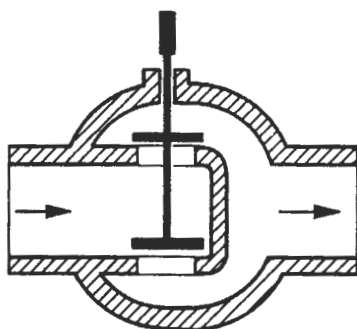


logaritmikus szelep

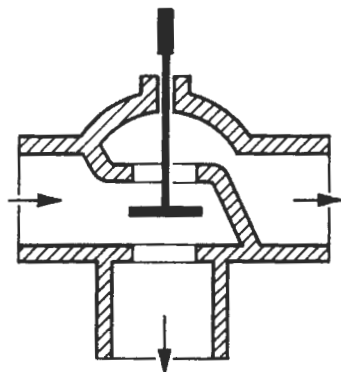


teljes kúp logaritmikus  
rááramlási profillal

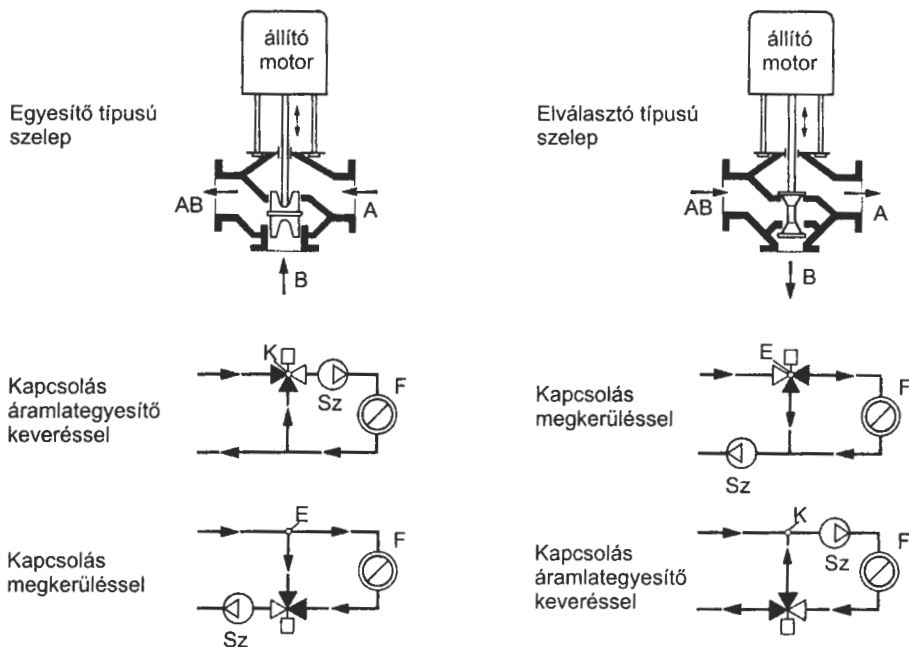
20.24. ábra. Példák különböző formájú szeleptányérokra



20.25. ábra. Egyutú, kétkapus szelep elve

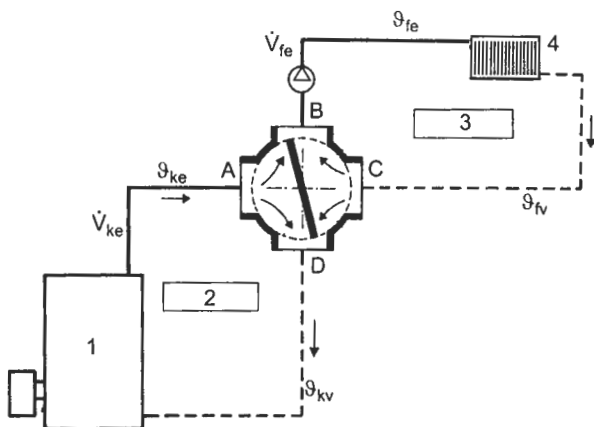


20.26. ábra. Kétutú, háromkapus („háromjáratú”)  
szelep elve



20.27. ábra. Kétutú, háromkapus szelepek felépítése

A – szabályozó kapu, azaz a szabályozandó térfogatáram be- vagy kimenete; B – bypasskapu (megkerülő kapu), azaz a váltakozó, de nem szabályozandó térfogatáram be- vagy kimenete; AB – az összegezett áram (összes térfogatáram) be- vagy kimenete; E – elválasztás helye; K – keverés helye; F – fűtési rendszer



20.28. ábra. Négyutas szelep (mint a fűtőkör hőmérséklet szabályozását és a visszatérő ág hőmérsékletének növelését szolgáló keverőelem)

1 – kazán; 2 – a kazánban keringő víz áramköre; 3 – a fűtési rendszerben keringő víz áramköre; 4 – fűtőtest; A és C – a szelep bemenő kapui; B és D – a szelep kilépő kapui;  $\dot{V}$  – térfogatáramok,  $\vartheta$  – vízhőmérsékletek;

$\dot{V}$  és  $\vartheta$  indexei: ke – kazánköri előremenő; kv – kazánköri visszatérő; fe – fűtési kör előremenő;

f<sub>v</sub> – fűtési kör visszatérő

A háromkapus kétutú szeleppel szemben a négykapus szelep csak keverő megoldásban kapható. A kazánkörü (primer) és fűtőkörü (szekunder) áramok keverési arányát egy állítómotor szabályozza. Ha a fűtendő helyiségben túl meleg van, akkor a szekunder kör önmagában kering mindaddig, míg a helyiség hőmérséklet be nem kerül a parancsolt érték alá. Másik szélső esetben a keringető szivattyú a teljes áramot átáramoltatja a kazánon.

Természetesen felsorolható lenne a továbbiakban egy sor egészen speciális szempont, de ezek részletezése nagyon messzire vezetne, ezért áttérünk a méretezési kérdésekre.

## 20.5.2. Szabályozószelepek méretezése

A szabályozó szelepek méretezésekor a következő szempontokat kell szem előtt tartanunk:

- a névleges nyomás,
- a megengedhető nyomáskülönbség,
- a  $k_v$  érték,
- a szelep jelleggörbe,
- a szelepautoritási görbe.

A névleges nyomást a 20.1 pontban már definiáltuk. A szelep előtt és után létrejövő maximális nyomáskülönbséget a gyártó cégek megadják, hiszen lényegében ettől függ a szelep zárásakor fellépő erő, amit a gyártmány méretezésekor kell meghatározni, nem volt azonban még szó az eddigiekben a  $k_v$  értékről.

## 20.6. A szelepek $k_v$ értéke

### 20.6.1. A $k_v$ érték fogalma és jelentése

A  $k_v$ -érték konstrukciótól, átmérőtől független jellemző, így a szelepek összehasonlítására, kiválasztására megalkotott és alkalmazott mutatószám.

A ma már összeolvasva, magyarul csak „kávé” értéknek nevezett szám lényegében a térfogat- (volumen) áteresztőképességet (kapacitást) jelenti. A magyar műszaki nyelv ezt a kifejezést a német nyelvből vette át, önálló magyar rövidítése nincs. Az angolszász nyelvterületen  $C_v$ -vel jelölik.\*

Németül a kapacitás szó: die Kapazität, a térfogat: das Volumen, angolul ugyanez: Capacity és Volume

A fogalom megértéséhez elevenítsük fel azt az áramlástanból ismert összefüggést, mely szerint a szelepen (vagy elméletileg bármely nyíláson, keresztmetszeten) időegység alatt átáramló folyadék mennyisége:

$$\dot{V} = A w \quad (20.8.)$$

A Bernoulli egyenletből számítható a sebesség (ld. „Alapismeretek” kötet „Áramlás-technika” c. fejezete)

$$w = \sqrt{\frac{2 \Delta p}{\rho}} \quad (20.9/a)$$

és a térfogatáram elvben:

$$\dot{V}_e = A \sqrt{\frac{2 \Delta p}{\rho}} \quad (20.9/b)$$

ahol

$\Delta p$  nyomáskülönbség a be- és kilépő csonkok között,  
 $\rho$  az áramló közeg sűrűsége.

Az összefüggés akkor alkalmazható, ha a nyomáskülönbség,  $\Delta p = konst$  és a sűrűség  $\rho = konst$  érték, és ebben az esetben az átáramló mennyiség csak és kizárólag a szabad keresztmetszet függvénye. Köztudomású azonban, hogy szelepeken, szűkítésekén átáramló közeg mennyiségének meghatározásakor figyelembe kell venni, hogy az átáramló folyadék nem tölti ki a teljes keresztmetszetet, az áramlási képet a fojtási keresztmetszet alakja is befolyásolja. Két azonos keresztmetszetű, de különböző kialakítású szelepen keresztül azonos nyomáskülönbség hatására azonos sűrűség esetén különböző lesz az átáramló térfogat, azaz megkülönböztetünk áramlási ( $A_\alpha$ ) és geometriai ( $A$ ) keresztmetszetet

$$A_\alpha = \alpha A \quad (20.10.)$$

ahol

$A_\alpha$  a szelep (nyílás) szabad áramlási keresztmetszete,  
 $\alpha$  a szelep (nyílás) konstrukciójától függő átfolyási (kontrakciós) tényező.

Az „ $A$ ” keresztmetszet értéke természetesen ismert, ezért az átáramló térfogat mérésével az „ $\alpha$ ” átfolyási tényező értékét meg lehet állapítani.

$$\dot{V} = A \alpha \sqrt{\frac{2 \Delta p}{\rho}} \quad (20.11/a)$$

$$\alpha = \frac{\dot{V}}{A \sqrt{\frac{2 \Delta p}{\rho}}} \quad (20.11/b)$$

Ezen az elven egyeztek meg a szelepgyártók és felhasználók az úgynevezett  $k_v$  tényező fogalmának bevezetésben. A tényező lényegében áramló térfogatot jelent, mert az előbbi szorzat értékéből származtatjuk, azaz: a „ $k_v$ ” érték adott „ $H$ ” szelepállás (szelepemelkedés) és  $10^4 \text{ N/m}^2$  (kb. 1,0 bar) nyomáskülönbség mellett áramló, 5–30 °C hőmérsékletű ( $1000 \text{ kg/m}^3$  sűrűségű,  $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  kinematikai viszkozitású) víz térfogatárama ( $\text{m}^3/\text{h}$ -ban mérve).

Ezzel az áramló térfogat:

$$\dot{V} = \text{Konstans} \cdot k_v \quad (20.12.)$$

$k_v$  jelentősége abban áll, hogy megteremti az összefüggést a szeleptányér állása (a keresztmetszet nyitottsága) és az áramló térfogat között.

Az SI mértékrendszerben kiszámított  $k_v$  értéket át kell számítanunk, ha angolszász mértékrendszerben dolgozunk (ahol a nyomáskülönbséget font/láb<sup>2</sup>-ben mérjük):

$$k_v = 0,86 C_v \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (20.12/b)$$

és

$$C_v = 1,17 k_v \quad [\text{gallon}/\text{min}] \quad (20.12/c)$$

A szelepen áramló mennyiséget a folyadék viszkozitása is befolyásolja. A viszkozitás hatása azonban, ha a kinematikai viszkozitás kisebb, mint  $0,2 \text{ m}^2/\text{s} = 20 \text{ cSt} \approx 2,9^\circ \text{E}$ , elhanyagolható. Ezért gyakorlati számításainkban a víz viszkozitásának változása a hőmérséklet függvényében figyelmen kívül hagyható.

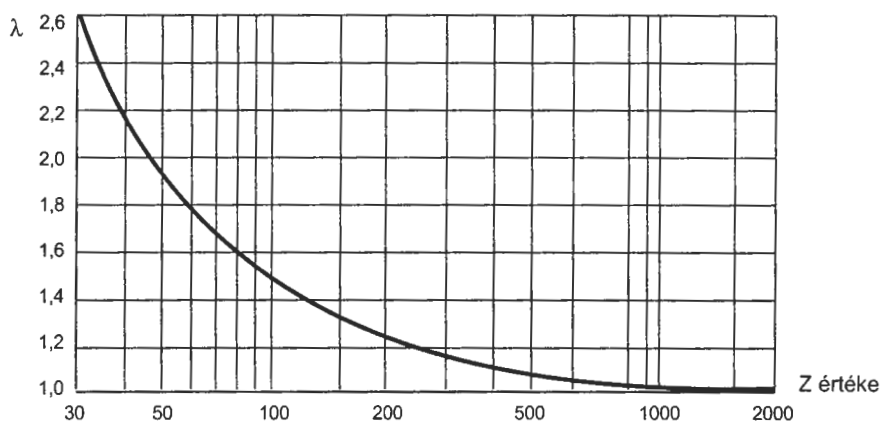


Nagyobb viszkozitású közegeknél (20 cSt felett), az adott folyadékmennyiség áteresztéséhez nagyobb  $k'_v$  értékre van szükség. A  $k'_v$  az eredetileg számított  $k_v$  értékből számítható.

$$k'_v = \lambda k_v \quad (20.13.)$$

A „ $\lambda$ ” korrekciós tényező a **20.29. ábrából** olvasható le, ahol

$$Z = 40700 \frac{\dot{V}_{max}}{v \sqrt{k_v}} \quad (20.13/a)$$



20.29. ábra. A viszkozitás hatását korrigáló  $\lambda$  tényező

A kinematikai viszkozitást cSt-ben kell helyettesíteni,  $\dot{V}_{max}$  pedig az adott nyomáskülönbség esetén átáramló maximális térfogatáram.

### 20.6.2. A $k_v$ tényező jellegzetes értékei

Az így megalkotott szelep jellemző három jellegzetes értéke ismert:

- $k_{vs}$  a szeleptípusok (gyártási sorozatok) jellemzésére megadott érték, amely a  $k_v$ -t teljes nyitáskor ( $H_{100}$  állásban) adja meg.
- $k_{v100}$  a szelepek egyedileg mért  $k_v$  értéke teljes ütközésig való nyitáskor ( $H_{100}$ ).

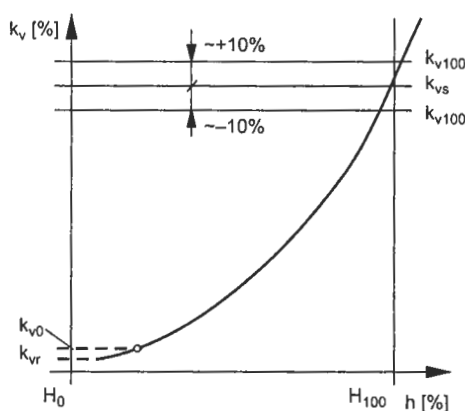
Ez az érték a sorozatra jellemző  $k_{vs}$  értéktől legfeljebb  $\pm 10\%$ -kal térhet el.

- $k_{v0}$  az egyedi szelep zárási helyzetében (jele  $H_0$ ) mért  $k_v$  tényező (áteresztés).

A három értéket a **20.30. ábra** tartalmazza. Igen fontos megértenünk azt, hogy a  $k_{v100}$  érték egy-egy meghatározott, azonosított szelepre jellemző érték. A  $k_{vs}$  érték ellenben a típust, a gyártmány sorozatot jellemzi, azt mondja meg, hogy a típusnak mennyi az áteresztő képessége a névlegesen nyitott helyzetnél. A két érték közötti kapcsolat összefüggés formájában az alábbi:

$$k_{v100} = (k_{vs} \pm 10\%) \quad (20.14.)$$

(egy adott szelep) (szeleptípus)



**20.30. ábra.**  $k_v$  értékek bemutatása  
 $h$  % – relatív szelepemelkedés  $= H/H_{100}$ ;  
 $H_0$  – teljesen zárt szeleppállás;  $H_{100}$  – teljesen  
 nyitott szeleppállás

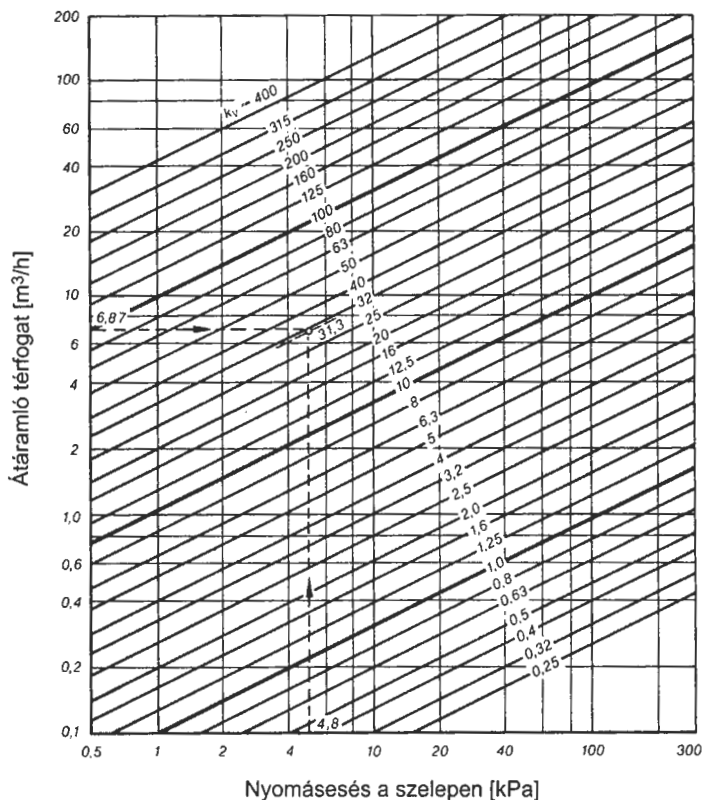
Itt jegyünk meg egy fontos, a fűtéstechnikai gyakorlatban igen gyakran alkalmazott tételt, mely szerint a szabályozószelepet nem szabad (és lényegében nem lehet) teljes zárásra használni! A zárási helyzetben ugyanis a  $k_{v0}$ -al jellemzett térfogatáram még átjut, és az erőltetett zárás tönkreteszi az igen költséges szabályozó szelepeket. Ezért látjuk a helyes kapcsolási rajzokon mindenhol az elzáró-szelepet is a szabályozószelep mellett.

Még egy sajátos értéket láthatunk az ábrán, éspedig a  $k_{vr}$  értéket. Mivel a zárt állapotban előálló, viszonylag nagy átömlés hátrányos, a jelleggörbe meredekségét egy ponton megszakítják, és új meredekséget szabnak meg a zárási átömlés szabályozásának érdekében (lásd még: 20.34. ábra).

### 20.6.3. A $k_v$ érték gyakorlati meghatározása

A térfogatáram ismert, a szelep ki-és belépő oldalán a nyomáskülönbség pedig előzetes megfontolások alapján felvehető. Általában a rendszeren kialakuló teljes nyomásesés 25–50%-át emésztheti fel a szabályozó szelep (Teljes nyomás alatt értjük a szivattyú nyomócsonkjától mérhető nyomásesést az előremenő gerincáramkörön, a felszállókon, a hőleadókon és a teljes visszatérő vezetéken keresztül a szivattyú szívócsonkjáig). Ezzel a gyártó cégek által megadott nomogramból (**20.31. ábra**), a szelep kiválasztható. Itt hívjuk fel a figyelmet arra, hogy mind a túlságosan szűk, mind pedig a túlságosan bő keresztmetszettel megválasztott szelep veszélyes, az előbbi a tartalék hiánya és a nagy nyomások miatt, az utóbbi pedig nem biztosítja a megfelelő szabályozási tartományt.

Ez a gondolat közelíthető a javasolt sebességek felől is. Víz esetén a javasolt maximális sebesség 2,0 m/s, gőzök és gázok esetén pedig 5,0 m/s.

20.31. ábra. Szelepek vízállítási jellege a  $k_v$  értéktől függően

## 20.7. A szabályozószelepek jelleggörbéi

Polytonos szabályozás esetén a közbelső szelephelyzetekben való átömlés ismerete is fontos. Ez a szelep jelleggörbéjéből állapítható meg.

A szerkezeti, vagy nyitási jelleggörbe megadja a szelep szabad áramlási keresztmetszetét a szelepelmelkedés függvényében:

$$A_\alpha = f(h) \text{ azaz } \beta = f(h) \quad (20.15.)$$

ahol

$$\beta = \frac{A_\alpha}{A_{\alpha,100}} \text{ a relatív keresztmetszet,}$$

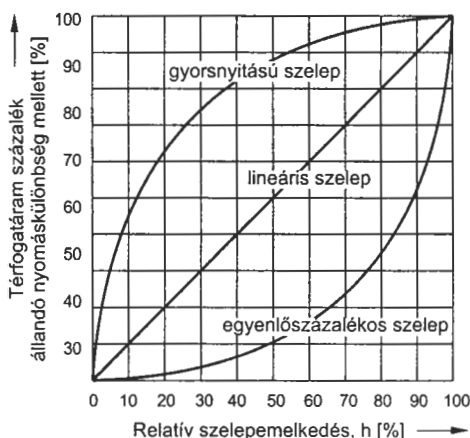
$$h = \frac{H}{H_{100}} \text{ a relatív szelepelmelkedés.}$$

A „100” index értelemszerűen a teljesen nyitott szelepre vonatkozik. Az összefüggés alapján kapcsolatot teremthetünk a záróelem geometriai alakja és a különféle nyitást eredményező szelepszár állások ( $H$ ) mellett keletkező szabad keresztmetszet között. A szabad keresztmetszet így matematikailag megfogalmazható összefüggésben van a záróelem alakjával (Lásd újra a 20.24. és 20.30. ábrát).

Az átfolyási jelleggörbe a relatív szelepemelkedés függvényében a szelepen átáramló relatív térfogatáramot adja meg, állandó nyomáskülönbség mellett, azaz

$$v = k_v/k_{v100} = f(h)$$

Az átfolyási jelleggörbét ezért  $k_v$ -jelleggörbének (vagy alapjelleggörbének) is nevezik. Az átfolyási jelleggörbe a kontrakciós tényező változását is figyelembe veszi, ezért jellemzőbb, mint a szerkezeti jelleggörbe.



20.32. ábra. Szelepek átfolyási jelleggörbéje

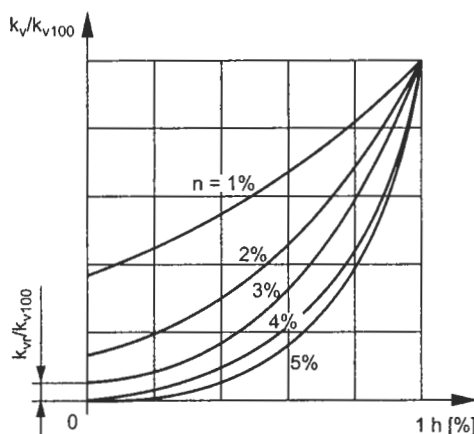
Az „egyenlőszázalékos” szelep a szelepállás függvényében exponenciálisan változtatja az átömli mennyiséget. Ezt a jelenséget a gyártó cégek úgy is felhasználják, hogy különféle kitevővel gyártják az egyenlőszázalékos szelepeket. A kitevő váltásának hatását a 20.33. és 20.34. ábrák mutatják.

A tipikus átfolyási jelleggörbét a 20.32. ábrán mutatjuk be.

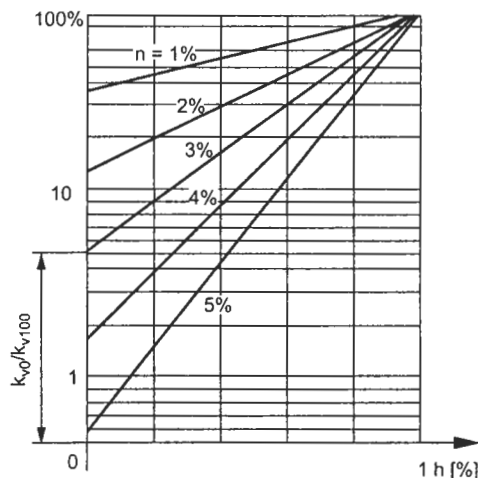
Az üzemi jelleggörbe a csővezetékrendszerbe épített szabályozószelepen időegység alatt átáramló közeget mennyiséget adja meg a szelepemelkedés függvényében.

Az ábra jól mutatja, hogy hogyan kell egyes alkalmazásokra szelepet választanunk. A gyorsnyitású szelep a zárt állapot után kismértékű szelepemelkedés mellett nagy térfogatáram változást eredményez. Ez a fajta szelep tehát a kétállású, „zár/nyit” célra alkalmas típus.

A lineáris jelleggörbe azonos szelepemelkedési % mellett azonos térfogatáram változást eredményez. Lényegében csak gőzfogyasztók elzárására, illetve víz rendszerekben a szabályozószelepek megkerülő ágában alkalmazható.



20.33. ábra. Egyenlő százalékos jelleggörbék



20.34. ábra. Egyenlő százalékos jelleggörbék féllogaritmikus koordináta-rendszerben

Írjuk fel az egyenlőszázalékos jelleggörbe meghatározását matematikai alakban is: (azonos záróelem helyzetváltozáshoz, a mindenkor  $k_v$  érték azonos százalékos változása tartozik.)

$$\frac{dk_v}{k_v} = n dh \quad (20.16/a)$$

és így:

$$k_v = k_{v0} e^{nh} \quad (20.16/b)$$

ahol „ $n$ ” arányossági tényező (féllogaritmikus koordináta rendszerben a jelleggörbe meredeksége)

$$n = \ln \frac{k_{vs}}{k_{v0}} \quad (20.16/c)$$

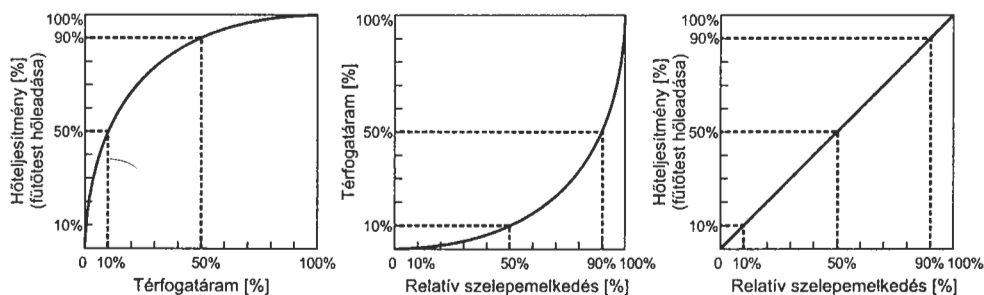
Az egyenlőszázalékos jelleggörbe definíciójából következik, hogy a szelep  $h = 0$  állásban elméletileg sem zár. A zárási átömlés százalékos értéke, mint a 20.34. ábra mutatja, annál nagyobb, minél kisebb az  $n$ . Ez a zárt állapotban levő, viszonylag nagy átömlés sok esetben hátrányos, ezért a szelepet úgy alakítják ki, hogy a jelleggörbét egy ponton megszakítva ( $k_{vr}$ ) értéknél meredeken zárjon. A jelleggörbe így  $k_{vs}/k_{vr}$  tartományra korlátozódik. Kis  $n$ -értékű szelepnél ez a zárási szakasz, ha nem akarunk kis beavatkozási viszonyt és a szelepet nagy  $h$  tartományban kívánjuk használni, nagyon meredek. Ezért leggyakrabban  $n = 3 \dots 4$  értékű szelepeket gyártanak (lásd még: 20.30. ábra).

Az egyenlő százalékos szelepek alkalmazásának szabályozástechnikai megfontolásból igen nagy előnye van. Ha ugyanis például a szelepszárat az 50%-os nyitástól a 70%-os

nyitásra mozdítjuk, az átáramló térfogat 10%-ról 25%-ra nő, azaz 250%-kal változik. Ha viszont például a szelepszár változása 80% és 100% között van, a térfogatáram változása 40%-ról 100%-ra mozdul, azaz ismét 250%. Ezt a nagy előnyt alkalmazzuk a fűtési rendszerek szabályozásánál.

További előny, hogy a motoros szelep különböző mechanizmusainak bizonyos mértékű és a használati idővel növekvő kotyogása (hiszterézis) %-os hatása egyenlőszázalékos szelep esetén az átömlésre minden szelepállásban egyforma nagy.

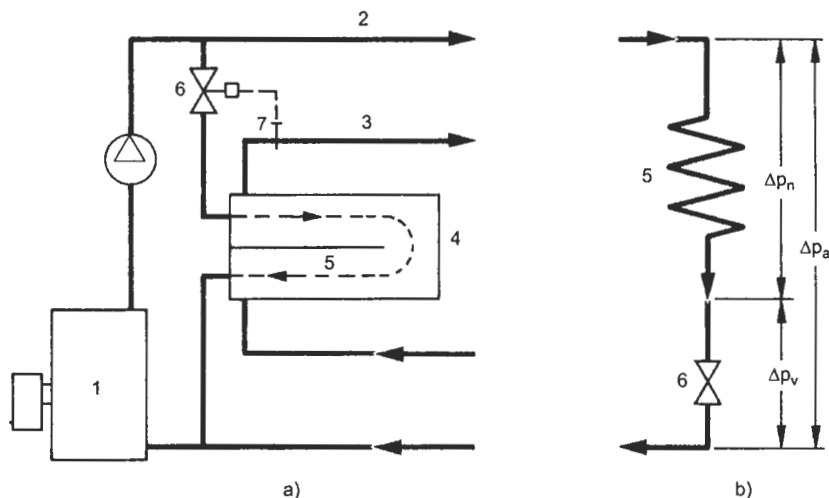
Az egyenlőszázalékos szelep fűtéstechnikai előnyeit még a **20.35. ábrán** mutatjuk be. Ha ismerjük a térfogatáram és a hőáram közötti összefüggést (lényegében a hőleadó karakterisztikáját, ld. „Hőleadók” c. fejezet) akkor megteremthető a szelepszár állása és a hőáram változása közötti összefüggés, ami a két karakterisztika jó párosítása esetén lineáris lehet!



20.35. ábra. Teljesítmény térfogatáram és szelepnýtás az egyenlőszázalékos szelepek esetén

## 20.8. A szelepautorítás

Eddig a szelep kiválasztásával foglalkoztunk. Amikor következı lépésként a szelepet a rendszerbe építjük, akkor azon is el kell gondolkoznunk, hogy mennyi is a szelep ellenállása a teljes rendszer ellenállásához képest. Ez az arány nyilvánvalóan változik attól függően, hogy a szelep mennyire nyitott állapotban van. Ez az arány tehát a szelepillesztés szempontjából fontos (**20.36. ábra**).



20.36. ábra. Térfogatáram változtatásával vezérelt fűtési kör

a) A teljes kör bemutatása; b) A hőcserélő csőkígyója és a szabályozó szelep, valamint a csőkígyón és a szelepen elhasznált nyomás;

1 – kazán; 2 – primer (kazán) kör; 3 – szekunder (belső hálózati) kör; 4 – hőcserélő köpenytere (szekunder kör); 5 – hőcserélő csőkígyója (primer kör); 6 – szabályozó szelep; 7 – hőmérséklet érzékelő;

$\Delta p_n$  – nyomásesés a csőkígyón;  $\Delta p_v$  – nyomásesés a szelepen;

$\Delta p_a = \Delta p_n + \Delta p_v$  – nyomásesések összege = állandó

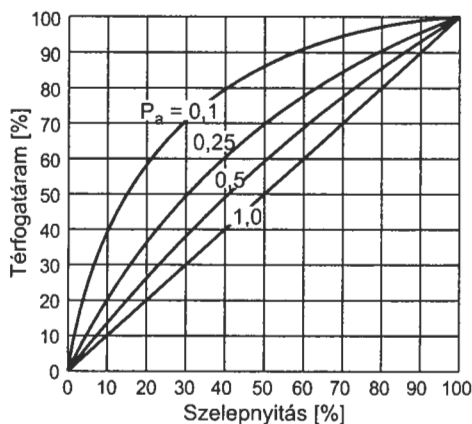
Az ábra jól mutatja, hogy a szeleppel sorbakötött csővezeték és fűtő csőkígyó ellenállása hogyan változik zárt, illetve különféle mértékben nyitott szabályozó szelepállás mellett. Ha a szelep nyit és megindul az áramlás, a csővezeték ellenállásának megfelelően, a szabályozó-szelepre egyre kisebb nyomásesés jut.

Az úgynevezett szelepautoritás a szelepre jutó ellenállás és a rendszer teljes ellenállásának viszonya:

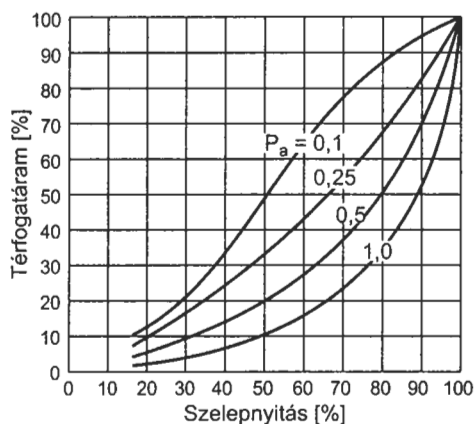
$$P_a = \Delta p_v / \Delta p_a = \Delta p_v / (\Delta p_v + \Delta p_n) \quad (20.17.)$$

A szelepre jutó nyomáskülönbség tehát működés közben változik, kis nyitás esetén az átfolyási jelleggörbéhez viszonyítva nagyobb tömegáram folyik át, mint pl. teljes nyitáskor: az átfolyási jelleggörbe torzul. Az ábrából látható, hogy minél kisebb a szeleppel sorbakötött áramlási ellenállás a teljesen nyitott szelep ellenállásához képest, annál kevesebbet változik a szelepre eső nyomáskülönbség a teljes szelepemelkedés befutása közben. Ha a sorbakötött csőrendszernek nincs áramlási ellenállása, az átfolyási és üzemi jelleggörbe azonos.

Az 20.37. és az 20.38. ábrák a lineáris és az egyenlőszázalékos szelep jelleggörbe torzulását mutatják a szelepautoritás függvényében. Az egész kérdéskört nyilván világosabbá teszi az a tény is, hogy szándékkal nem mutattuk a gyorsnyitású szelep torzulási görbét, hiszen az csak nyitásra és zárásra szolgál.



20.37. ábra. A szelepautoritás változása lineáris jelleg esetén  
 $P_a$  – szelepautoritás változása



20.38. ábra. A szelepautoritás változása egyenlőszázalékos jelleg esetén  
 $P_a$  – szelepautoritás változása

A szelepautoritás vizsgálata visszamutat ahhoz a kérdéshez, hogy hogyan is kell megválasztani a szelep bemenő és kimenő csoncja közötti ellenállást, amikor a szelepet a 20.31. ábrából kiválasztjuk, hiszen igen fontos a rendszer és a szabályozószelep ellenállásának helyesen meggondolt aránya.

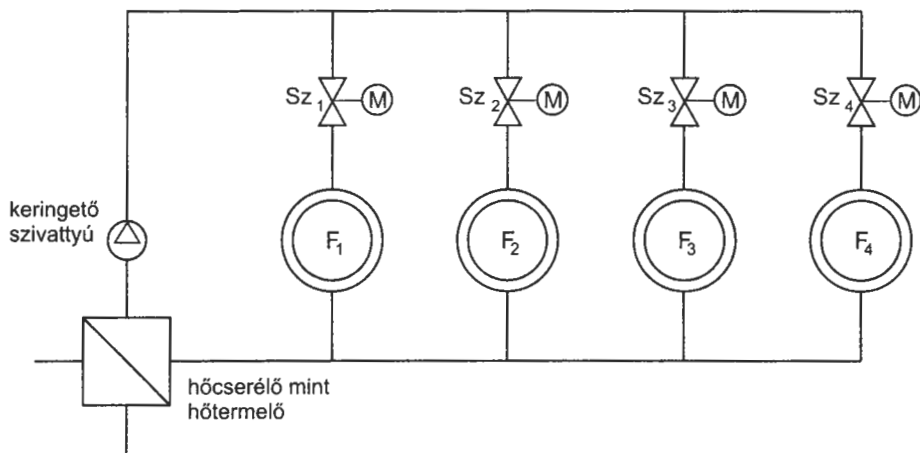
### 20.8.1. Az áramlási körbe épített szivattyú jelleggörbéjének hatása

A szabályozószelepet tartalmazó rendszerben általában szivattyú fedezi az áramlási veszteségeket. Ilyenkor, a szivattyú jelleggörbéjének megfelelően, a keringetett térfogatáram növelésével az emelőmagasság csökken és ezzel csökken a szelepre jutó nyomásesés is, ezért ilyen esetben lehetőleg lapos jelleggörbéjű szivattyúkat célszerű alkalmazni. Minderről bővebben olvashatunk a kötetünk „Melegvízfűtések szabályozása” c. fejezetben.

### 20.8.2. Hidraulikai rendszer párhuzamosan kötött szabályozószelepekkel

A gyakorlati esetek nagy részében rendszereink nemcsak a szivattyúból, szabályozószelepből és áramlási ellenállásokból sorbakötött egyszerű áramlási körök (20.39. ábra), hanem legtöbbször több szabályozószelep párhuzamos csatlakoztatása fordul elő. Erre jellemző példa a légfűtés sok párhuzamosan kötött kaloriferrel, a termosztatikus radiátorszelepekkel felszerelt fűtési rendszer, a változó vízmennyiséggel működő távfűtő rendszer stb.





**20.39. ábra. Párhuzamosan kötött szabályozószelepek**  
 $F_1, F_2, F_3, F_4$  – kaloriferek, fűtőtestek, vagy kisebb fűtési rendszerek;  
 $Sz_1, Sz_2, Sz_3, Sz_4$  – szabályozó szelepek

A szabályozószelepek ilyenkor egymás működését befolyásolják. Például, az 1 jelű szelep zár, csökken az elosztóvezetékben áramló mennyiség, így növekszik a 2 szelepre jutó nyomáskülönbség, a 2 szelepnél a szabályozott jellemző tartásához zárnia kell. A 2 szelep működése pedig visszahat az 1 szelepre. Szélsőséges esetben a párhuzamosan kötött szabályozókörök lengésbe jöhetnek.

A szabályozószelepek egymásra hatását csökkenti, ha a szállítóhálózatban levő nyomás változását korlátozzuk. Erre megoldás lehet a szivattyú munkapontjának szabályozása, a hálózat megfelelően kiválasztott pontján a nyomáskülönbség tartása, az egyes szabályozókra jutó nyomáskülönbség szabályozása (pl. távfűtési hőközpontok). Mindezek tárgyalása azonban már a rendszerek leírásával együtt kerül sorra.

## Irodalom

- [1] ASHRAE – Technical Committees and Task Groups:  
*Ashrae Handbook HVAC Systems and Equipment*  
ASHRAE Inc. Atlanta, USA, 1996.
- [2] BUDERUS  
*Handbuch für Heizungstechnik* (33. Auflage)  
Beuth Verlag GmbH, Berlin-Wien-Zürich, 1994.
- [3] Kiss, R. (főszerk.):  
*Távhőellátási zsebkönyv*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1977.
- [4] Menyhárt, J. (főszerk.):  
*Az épületgépészet kézikönyve*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1977.
- [5] Öri, R.:  
*Vegyipari csővezetékek*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1972.
- [6] Recknagel, H. – Sprenger, E. – Schramek E. R.:  
*Fűtés- és Klimatechnika 2000*  
Dialóg Campus Kiadó, Budapest-Pécs, 2000.
- [7] Schramek, E. R. (Recknagel-Sprenger):  
*Taschenbuch für Heizung+Klimatechnik 2000* (69. Auflage)  
R. Oldenbourg Verlag, München-Wien, 1999.
- [8] SPIRAX-SARCO GmbH:  
*Saját kiadvány, levelező hallgatóknak*  
Konstanz, 1990.
- [9] Schwaigerer, S.:  
*Rohrleitungen, Theorie und Praxis*  
Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1969.
- [10] Terplán, Z. (főszerk.):  
Pattantyús: *Gépész- és villamosmérnökök kézikönyve*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1961.
- [11] Turner, W. C.:  
*Energy Management Handbook*  
The Fairmont Press Inc. – USA, 1993.
- [12] MSZ EN ISO 6708:2000  
*Csővezetési elemek. A DN (névleges átmérő) fogalom-meghatározása és kiválasztása*
- [13] MSZ EN 1333:2000  
*Csővezetékek elemei. A PN fogalom-meghatározása és kiválasztása*

## 21. A csővezetékek és a szerelvények hőszigetelése

A csővezetési rendszerek hővesztesége három elemből áll:

- a csővezeték hővesztesége,
- a kapcsolódó szerelvények hővesztesége és a
- megfogások, alátámasztások hővesztesége.

### 21.1. A csővezetékek hővesztesége és hőszigetelése

A szigetetlen csővezeték folyóméterenkénti hővesztesége (az „Alapismeretek” kötet „Hőközlés” c. fejezetének megfontolása szerint) a következő összefüggés alapján számítható:

$$\dot{q}_{cs\ddot{o}} = k_{cs\ddot{o}} \Delta\vartheta = \frac{l}{R_{cs\ddot{o}}} \Delta\vartheta \quad [\text{W/m}] \quad (21.1.)$$

A hőellenállási, illetve hőátbocsátási tényező értéke:

$$k_{cs\ddot{o}} = \frac{l}{R_{cs\ddot{o}}} = \frac{\pi}{\frac{l}{\alpha_b d_b} + \sum_{i=1}^n \frac{l}{2\lambda_i} \ln \frac{d_{ki}}{d_b} + \frac{l}{\alpha_k d_{szig}}} \quad [\text{W/m, K}] \quad (21.2.)$$

ahol

$\Delta\vartheta$  a csőben áramló közeg és a fűtött környezet közötti hőmérsékletkülönbség [K],

$R_{cs\ddot{o}}$  a hővezetési ellenállás [mK/W],

$k_{cs\ddot{o}}$  a hőátbocsátási tényező [W/mK],

$\alpha_b$  hőátadási tényező a csőfal és az áramló fűtőközeg között [W/m<sup>2</sup>K],

$\alpha_k$  hőátadási tényező a külső csőfalról a fűtött környezetbe [W/m<sup>2</sup>K],

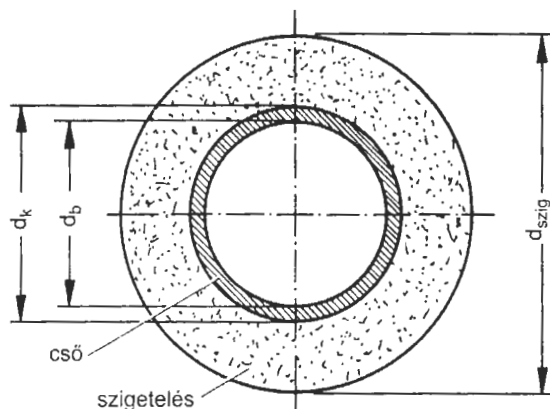
$\lambda_i$  a csővezeték falának, illetve a szigetelésnek hővezetési tényezője [W/mK],  
(az „i” index esetleges többrétű szigetelésre utal)

$d_b$  a cső belső átmérője [m],

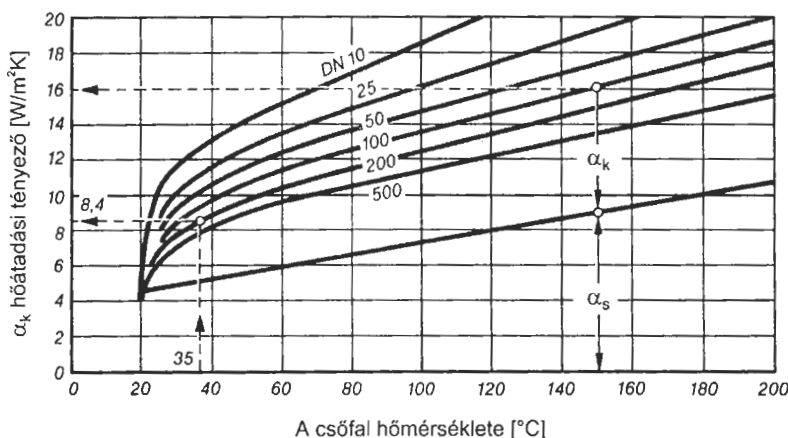
- $d_{ki}$  a cső külső/a szigetelés belső átmérője [m] (az „i” index esetleges többrétű szigetelésre utal),  
 $d_{sig}$  a szigetelés külső átmérője [m].

A jelölések értelmezése a **21.1. ábrán** látható.

A szigetetlen csővezetékek külső fala és a környezet közötti hőátadási tényezőt a **21.2. ábrán** foglaltuk össze. Az ábra megmutatja a csővezeték faláról konvekcióval, illetve sugárzással távozó hőáram mértékét és arányát is. Amennyiben a csővezetékeket nem szigeteljük, úgy lényegében a hőleadók szerepét töltik be, ezt a módszert tehát csak akkor engedhetjük meg, ha a csővezeték hőleadása hasznosítható (lásd még: kötetünk „Hőleadók” és „Fűtési rendszerek méretezése” c. fejezeteit).



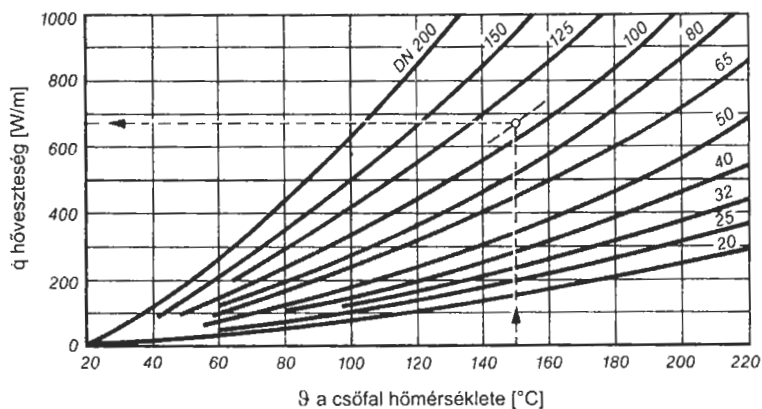
21.1. ábra. Átmérő arányok szigetelt csővezetékek esetében



21.2. ábra. Szigetetlen csövek konvekciós és sugárzási hőátadási tényezője 20 °C-os levegőben szabad áramlás esetén ( $C = 4,65 \text{ W/m}^2\text{K}^4$ )

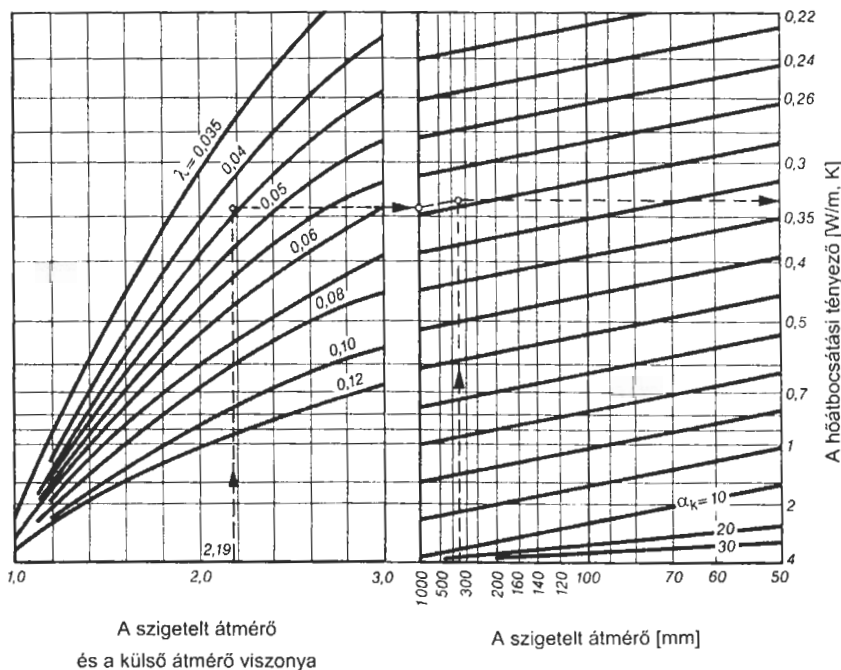
$\alpha_k$  – konvekciós,  $\alpha_s$  – sugárzásos hőátadási tényező

A szigetetlen csövek hővesztését a **21.3. ábra** alapján határozhatjuk meg.



**21.3. ábra.** Szigetetlen csövek hővesztése 20 °C-os nyugalomban lévő levegőben

A **21.1. és 21.2. táblázatban** összefoglaltuk a szőbajóhető hőszigetelő anyagok hővezetési tényezőit, és ezek figyelembevételével megszerkeszthető a hőátbocsátási tényező jellemzésére szolgáló **21.4. ábra** is. Így most már meghatározható a szigetelt csővezeték hővesztése is.



**21.4. ábra.** Szigetelt csövek hőátbocsátási tényezője

$\lambda$  – a szigetelőanyag hővezetési tényezője,  $\alpha_k$  – külső hőátadási tényező

Tiszta szigetelőanyagok közepes hővezetési tényezője,  $\lambda$  [W/m, K] [2]

21.1. táblázat

Szigetelő anyagok	Hőállóság °C-ig	Sűrűség kg/m <sup>3</sup>	$\lambda$ hővezetési tényező W/mK-ben az alábbi, °C-ban kifejezett átlagos hőmérsékleteken					
			0	50	100	150	200	300
Gyűrt alumíniumfólia, csővezetékeknél	500	3	0,046	0,056	0,062	0,066	0,007	0,091
Azbeszt, szabadon <sup>1</sup>	500	300	–	0,062	0,070	0,078	0,086	0,102
		400	–	0,099	0,105	0,111	0,117	0,130
		500	–	0,144	0,149	0,153	0,158	0,167
		600	–	0,199	0,203	0,208	0,214	0,224
Azbesztmatrac <sup>1</sup>	500	300	0,042	0,076	0,081	0,087	0,093	0,105
Habüveg	430	135	0,053	0,060	0,070	0,079	0,087	0,105
Üvegatta drótszöveten, hullámpapíron vagy hasonló anyagon steppelve	500	109	0,034	0,039	0,048	0,056	0,066	0,091
Üvegatta-lemezek	400	123	–	0,041	0,049	0,060	0,073	0,091 <sup>4</sup>
Üveggyapot drótszöveten, hullámpapíron vagy hasonló anyagon steppelve	600	119	0,033	0,039	0,048	0,057	0,067	0,091
Kovaföld lemezek, égetve	900	200	–	0,074	0,083	0,091	0,098	0,116
		300	–	0,083	0,091	0,099	0,107	0,123
		400	–	0,092	0,100	0,108	0,116	0,133
		500	–	0,101	0,112	0,120	0,128	0,144
		600	–	0,121	0,129	0,137	0,145	0,162
Parafalemezek, impregnálva és expandálva	150	100	0,037	0,045	0,053	–	–	–
		200	0,046	0,055	0,063	–	–	–
		300	0,056	0,064	0,072	–	–	–
Magnézia-idomdarabok <sup>2</sup> , gipsz-idomok	900	200	–	0,060	0,065	0,070	0,074	0,085
		300	–	0,072	0,077	0,081	0,085	0,094
		400	–	0,087	0,091	0,094	0,098	0,106
Kőgyapot, kitöltéses eljárással	800	225	0,040	0,048	0,053	0,060	0,067	0,081
Moltopren, kemény	80	45	0,023	0,026	–	–	–	–
Képlekeny kovaföld és magnézia <sup>2</sup>	500	200	–	0,049	0,055	0,060	0,066	0,078
		300	–	0,058	0,063	0,067	0,073	0,083
		400	–	0,069	0,073	0,078	0,083	0,090
		500	–	0,084	0,087	0,091	0,094	0,101
		600	–	0,102	0,106	0,108	0,112	0,117
		700	–	–	0,129	–	–	–
Köhöpor	900	400	–	0,063	0,066	0,070	0,074	0,083
		500	–	0,069	0,072	0,076	0,079	0,086
		600	–	0,077	0,080	0,084	0,087	0,094
Microtherm	950	240	0,017	0,019	0,020	0,021	0,023	0,026
Polisztirol-hab	70	20	0,033	0,041	–	–	–	–
Poralakú anyagok, mint kovaföld, magnézia <sup>2</sup> és köhőpor	900	100	–	0,043	0,050	0,057	0,065	0,079
		200	–	0,052	0,058	0,064	0,071	0,083
		300	–	0,060	0,066	0,072	0,078	0,088
		400	–	0,071	0,076	0,081	0,086	0,096
		500	–	0,080	0,085	0,090	0,095	0,106
		600	–	0,092	0,096	0,101	0,106	0,128
Kemény burkolatú zsinórok parafa tömessel vagy kovaföld tömessel	100	220	0,051	0,066	0,073	–	–	–
vagy azbeszt tömessel	100	475	0,076	0,081	0,087	–	–	–
	500	400	0,099	0,107	0,122	0,140	–	–
Kőgyapot								
lemezekben	250 <sup>3</sup>	100	0,035	0,043	0,052	0,064	0,078	–
matracban	250 <sup>3</sup>	120	0,035	0,041	0,048	0,056	0,066	–
Gázbeton, likacsos gipsz és aerokret-beton	450	300	–	0,072	0,081	0,091	0,111	0,117
		400	–	0,085	0,093	0,101	0,110	0,127
		600	–	0,120	0,128	0,136	0,144	0,127
		800	–	0,178	0,186	0,194	0,202	0,220

<sup>1</sup> – Az azbesztből készült termékek használatát egy sor nyugat-európai államban erősen korlátozták vagy teljesen betiltották! Ezért itt a helyi előírásokat kell figyelembe venni.

<sup>2</sup> – A magnézia csak 300 °C-ig hőálló. <sup>3</sup> – Kötőanyag nélkül 700 °C-ig. <sup>4</sup> – 250 °C közepes hőmérsékleten.

Vázás és kötőanyaggal előállított szigetelő anyagok üzemi hővezetési tényezője [W/m, K] [2] 21.2. táblázat

Szigetelő anyagok	Üzemi hőmérséklet max. °C-ig	Az üzemi hővezetési tényező felső határértékei W/mK-ben a szigetelőréteg alábbi közepes hőmérsékletén	
		50 °C	100 °C
Szigetelő zsinórok köpennyel együtt			
– szerves anyagokból, textillel körbefonva	100	0,058	–
– ásványi szálakból, dróttal körbefonva	350	0,070	0,081
Steppelt matracok ásványi szálakból			
– egy réteg hullámpapírral vagy kreppapírral	250	0,046	0,056
Steppelt matracok ásványi szálakból			
– egy réteg drótszövettel textilszalakkal steppelve	450	0,049	0,058
– egy réteg drótszövettel vékony drótszalakkal steppelve	450	0,053	0,063
– 2 réteg azbeszt vagy üvegszövet között azbeszt- vagy üvegszállal steppelve	450	0,046	0,056
– 2 réteg drótszövet között azbeszt- vagy üvegszállal steppelve	450	0,058	0,070
Kovaföld massa			
– agyag hozzáadása nélkül (könnyű kovaföld-massa)	500	0,074	0,079
– agyaggal kiegészítve	500	0,093	0,099
Parafa lemezek	150	0,045	0,055
Magnézia idomdarabok	300	0,058	0,064
Magnézium massa	300	0,058	0,064
Ásványi szálak idomdarabok			
– ragasztott ásványi szálakból			
szerves kötőanyag	250	0,046	0,056
szervetlen kötőanyagokkal	250	0,058	0,067
– szabad ásványi szálakból drótszövet-burokban, ahol az ásványi szálakat			
porlasztásos eljárással	450	0,052	0,064
fűvócsöves eljárással	450	0,057	0,069
pörgetős eljárással állították elő	450	0,058	0,070
Ásványi szálak kitöméses szigetelésekhez, amit			
– porlasztásos eljárással	450	0,052	0,064
– fűvócsöves- vagy pörgetős eljárással állították elő	450	0,058	0,070
polisztirol keményhab	–	0,040	0,045
poliuretán keményhab-lemezek			
– fedőréteg nélkül	–	0,035	–
– fedőlemezzel	–	0,030	–
Poliuretán-hab	–	0,035	–
Habüveg	–	0,060	0,065

### 21.1.1. A szigetelés hatásfoka

A fűtésteknikai számításokban igen gyakran használatos a „szigetelés hatásfokának” fogalma is. A számításokat, becsléseket, közelítéseket kétségkívül igen nagymértékben megkönnyítő fogalom nevét azért tettük idézőjelbe, mert klasszikus értelmezésben nem fedi a hatások fogalmát. Hatások alatt az eredeti meg gondolás szerint ugyanis köztudomásúan a kinyert és a betáplált energia hányadosát értjük. A szigetelés hatásfoka pedig azt jelenti, hogy a szigetelt cső hőleadása, hővesztése hány százaléka a szigeteletlen cső hőleadásának, azaz:

$$\eta_{\text{szig}} = \frac{\dot{q} - \dot{q}_{\text{szig}}}{\dot{q}} = 1 - \frac{\dot{q}_{\text{szig}}}{\dot{q}} \quad (21.3.)$$

ahol

$\dot{q}$  a szigeteletlen cső folyóméterenkénti hővesztése [W/m],

$\dot{q}_{\text{szig}}$  a szigetelt cső folyóméterenkénti hővesztése [W/m].

Ezt a tényezőt táblázatosan is összefoglaltuk, példaképpen a **21.3. táblázat** mutatjuk be.

A szigetelés hatásfoka különböző átmérőjű csővekre a szigetelés vastagsága, hővezetési tényezője és a hőmérsékletkülönbség függvényében [4]

**21.3. táblázat**

Cső mérete	A szigetelés vastagsága  [mm]	A fűtőközeg és a környezet hőmérsékletének különbsége											
		50°			100°			120°			150°		
		Szigetelőanyag hővezetési tényezője W/m, °C (adott hőmérséklet mellett)											
		0,04	0,08	0,12	0,04	0,08	0,12	0,04	0,08	0,12	0,04	0,08	0,12
3/8"-1/2"	20	77	59	46	79	63	50	79	64	51	80	65	52
	30	80	64	51	82	67	55	82	68	56	83	69	57
	40	82	67	54	84	70	58	84	71	59	85	72	60
3/4"-1"	20	77	61	47	79	64	52	80	65	53	80	66	54
	30	82	66	53	83	69	57	84	70	58	84	71	55
	40	83	69	58	85	72	61	85	73	62	86	74	63
	50	85	72	60	86	75	65	87	75	65	87	76	66
5/4"-51,5 mm	20	78	63	49	79	65	53	80	65	54	80	66	54
	30	82	68	56	83	71	60	84	71	61	84	72	61
	40	85	72	61	86	74	64	86	75	65	86	75	66
	50	86	75	64	88	77	67	88	77	68	88	78	69
	60	88	77	67	89	79	70	89	79	70	89	80	72
57,5-70,0 mm	20	78	64	51	80	66	56	80	66	57	81	67	55
	30	83	70	59	84	72	62	84	72	63	85	73	64
	40	86	74	65	87	76	66	87	76	68	87	77	68
	50	87	76	68	88	78	69	89	79	70	89	79	71
	60	89	79	71	89	80	72	90	81	72	90	81	73
76,5-100,5 mm	20	79	65	43	80	67	57	81	67	58	81	67	56
	30	84	71	61	85	73	64	85	73	65	85	73	64
	40	86	75	66	87	77	69	88	78	69	87	77	68
	50	88	77	69	89	79	72	89	80	72	89	79	72
	60	89	80	72	90	82	74	90	82	75	90	82	74

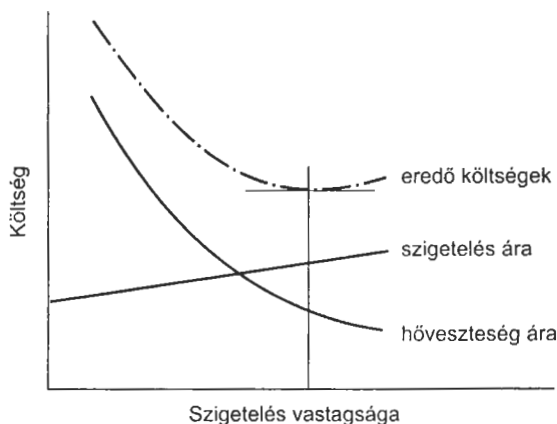


Most már az a kérdés merül fel, hogy milyen vastag is legyen a hőszigetelés, mennyi is legyen a szigetelés vastagsága?

### 21.1.2. A gazdaságos szigetelési vastagság

Az energiagazdálkodás mai felfogása szerint, amikor az energiatakarékosság egyre inkább előtérbe kerül, és még mindig az energiaárak növekedésének vagyunk szemtanúi, értelemszerűen igen fontos kérdés a csővezeteki hőszigetelés egész problémaköre. Ezért, ameddig korábban az úgynevezett gazdaságos szigetelési vastagság meghatározásával csak a távhőszolgáltatás területén foglalkoztak, ahol értelemszerűen nagyobb átmérőkről és lényegesen nagyobb külső-belső hőmérsékletkülönbségről van szó, addig ma ez a megfontolás a központi fűtéstechnika területén is egyre inkább előtérbe kerül.

A 21.5. ábrán azt mutatjuk be tehát, hogy ameddig a hőszigetelés és ennek ára értelemszerűen csökken a szigetelési vastagság függvényében, addig nyilvánvalóan a szigetelés beruházási költsége és ennek amortizációja ugyanezen tényezővel növekszik. Így szigetelőanyag fajtanként és csőátmérőnként meghatározhatjuk az úgynevezett gazdaságos szigetelési vastagságot.



21.5. ábra. Gazdaságos hőszigetelési vastagság meghatározása

A gazdaságos szigetelési vastagság értékeire ajánlást kaphatunk a [6] nyomán közölt 21.4. táblázatból.

Ugyancsak ajánlasként alkalmazható az előszigetelt csövek szigetelési átmérője is.

A gazdaságos szigetelési vastagság értékei

21.4. táblázat

	A csővezetékek vagy szerelvények névleges átmérője (DN)	A hőszigetelés legkisebb vastagsága, 0,35 W/m,K hővezetési tényezőre vonatkoztatva
1	DN 20-ig	20 mm
2	DN 22 – DN 35	30 mm
3	DN 20 – DN 100	DN-nel egyenlő
4	DN 100 felett	100 mm
5	Az 1–4 sorok szerinti csővezetékek és szerelvények fal- és fűdémáttörések esetében, kereszteződésnél, összekötésnél, elpárolgásnál, 8 m-nél rövidebb csőszakaszok esetén	Az 1–4 sorban megjelölt értékek fele

### 21.1.3. Az előszigetelt csövek

Ahogy ezt már kötetünk 20.1. számú, a csővezetékek leírásával foglalkozó pontjában említettük, manapság egyre gyakoribbak az előszigetelt csövek, mint gyártmányok. Ezek esetében a szigetelési vastagság adott, és ez, mint ajánlás kiterjeszthető a többi, szerelés után, a helyszínen szigetelt csővezetékre is (lásd a 21.4. táblázatot). Tájékoztatásul közöljük az ily módon szigetelt csövek külső felületének nagyságát a **21.5. táblázatban**.

Különleges esetekben érdemes a réz- és az acélcsövet egymástól megkülönböztetnünk. A rézcsövek hőveszteségére ad tájékoztatást a **21.6. ábra**.

Megjegyezzük, hogy a csőhálózatok hőveszteségének elemzése és tárgyalása általában a távhőszolgáltatás témakörébe tartozik, mert

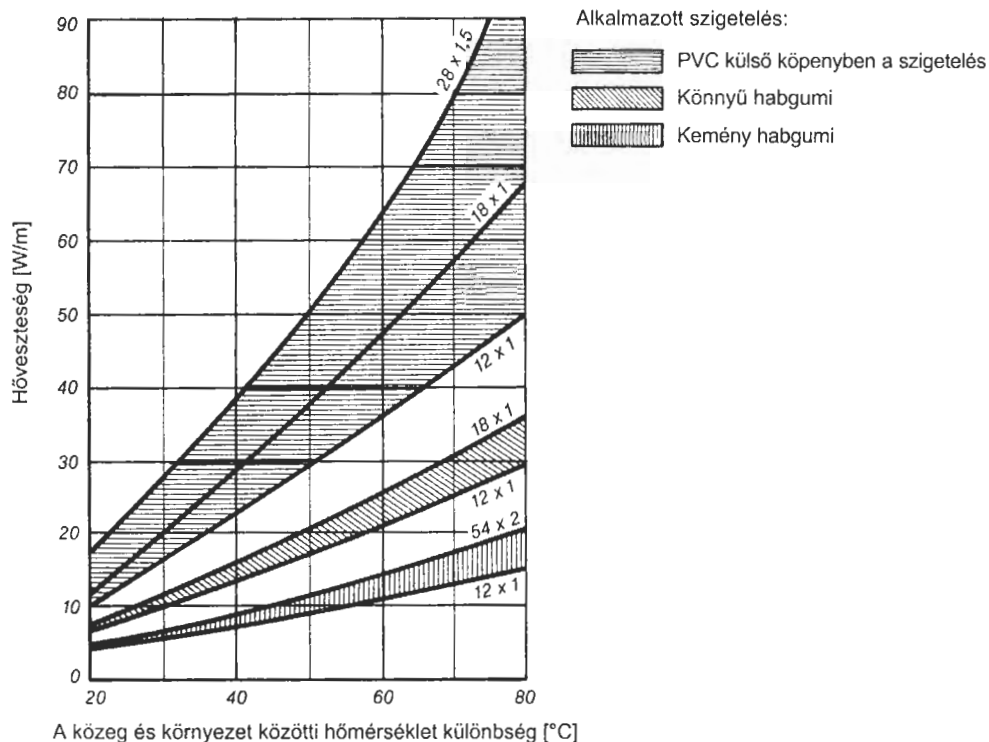
- egyfelől ott lényegesen nagyobb átmérőkről és nagyobb hőmérsékletkülönbségekről van szó,
- másfelől a különféle csőfektetési módszerek igen sajátos, egyedi, sok esetben kutatás-fejlesztési feladatot igénylő hőveszteségszámítási eljárások kidolgozását igénylik.

A gondolatkörre „Távhőszolgáltatás” c. fejezetünkben tehát még visszatérünk.



(a 21.5. táblázat folytatása)

Névleges átmérő DN	Külső átmérő $d_a$ [mm]	Külső felület, $m^2/m$ -ben, ahol a szigetelés vastagsága mm-ben									
		20	30	40	50	60	65	70	80	100	120
150	168,3	–	–	–	–	–	–	–	–	1,157	1,283
	177,8	–	–	–	–	–	–	–	–	1,187	1,313
	193,7	–	–	–	–	–	–	–	–	1,237	1,363
200	219,1	–	–	–	–	–	–	–	–	1,317	1,442
	244,5	–	–	–	–	–	–	–	–	1,396	1,522
250	273	–	–	–	–	–	–	–	–	1,486	1,611
300	323,9	–	–	–	–	–	–	–	–	1,646	1,772
350	355,6	–	–	–	–	–	–	–	–	1,745	1,871
400	406	–	–	–	–	–	–	–	–	1,904	20,29
450	457	–	–	–	–	–	–	–	–	2,004	2,190
500	508	–	–	–	–	–	–	–	–	2,224	2,350
	559	–	–	–	–	–	–	–	–	2,384	2,510



21.6. ábra. Szigetelt récsövek hővesztése nyugalomban lévő levegő esetén

## 21.2. A szerelvények hőszigetelése

A legkülönbözőbb alakú csőszerelvények hőveszteségét igen nehéz pontosan megállapítani. A legegyszerűbb közelítés az, ha az egyenértékű csőhosszúság hőveszteségével számolunk. Erre ad tájékoztatást a **21.6. táblázat**.

Csővezeték-szerelvények által okozott járulékos hőveszteségek

21.6. táblázat

Szerelvény	Névleges átmérő DN	Egy hőszigetelt cső egyenértékű csőhosszúsága m-ben az alábbi közeg hőmérsékletek esetén [°C]				
		50	80	100	150	300
Csőfelfüggesztés	–	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Karima-pár						
– hőszigetelés nélkül	25	1,1	1,5	1,8	2,2	3,2
	50	1,2	1,7	2,1	2,6	3,7
	100	1,4	2,0	2,6	3,3	4,8
	200	1,8	2,5	3,4	4,5	6,6
	300	2,5	3,6	4,6	6,0	8,8
– szigetelősapkával szigetelve	25	0,2	0,3	0,4	0,6	1,0
	50	0,3	0,4	0,6	0,9	1,5
	100	0,5	0,7	1,0	1,4	2,5
	200	0,9	1,3	1,8	2,5	4,4
	300	1,5	2,3	3,0	4,4	7,0
Szelep és tolózá						
– szigetelés nélkül	25	3,0	4,8	6,2	9,8	14,1
	50	3,4	5,3	6,9	10,8	15,2
	100	4,0	6,1	7,9	12,0	16,9
	200	4,8	7,3	9,4	14,4	20,0
	300	5,9	8,8	11,3	17,2	24,3
– burkolással szigetelve	25	0,5	0,8	1,0	1,4	2,5
	50	0,7	1,1	1,5	2,1	3,5
	100	1,2	1,8	2,5	3,3	5,2
	200	1,9	3,1	4,1	5,2	7,6
	300	3,0	4,6	6,0	7,9	12,0

## 21.3. Alátámasztások és felfüggesztések

Amennyiben az e szerkezeteknek vezetéssel átadott hő jelentősnek ítéljük, úgy a hőveszteséget a rendszer hőveszteségének %-ában kell megbecsülni.

**Irodalom**

- [1] ASHRAE – Technical Committees and Task Groups:  
*Ashrae Handbook HVAC Systems and Equipment*  
ASHRAE Inc. Atlanta, USA 1996.
- [2] BUDERUS  
*Handbuch für Heizungstechnik* (33. Auflage)  
Beuth Verlag GmbH, Berlin-Wien-Zurich, 1994.
- [3] Kiss, R. (főszerk.):  
*Távhőellátási zsebkönyv*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1977.
- [4] Menyhárt, J. (főszerk.):  
*Az épületgépészet kézikönyve*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1977.
- [5] Őri, R.:  
*Vegyipari csővezetékek*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1972.
- [6] Recknagel, H. – Sprenger, E. – Schramek E. R.:  
*Fűtés- és Klimatechnika 2000*  
Dialóg Campus Kiadó, Budapest-Pécs, 2000.
- [7] Schramek, E. R. (Recknagel-Sprenger):  
*Taschenbuch für Heizung+Klimatechnik 2000* (69. Auflage)  
R. Oldenbourg Verlag, München-Wien, 1999.
- [8] SPIRAX-SARCO GmbH:  
*Saját kiadvány, levelező hallgatóknak*  
Konstanz, 1990.
- [9] Schwaigerer, S.:  
*Rohrleitungen, Theorie und Praxis*  
Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1969.
- [10] Terplán, Z. (főszerk.):  
*Pattantyús: Gépész- és villamosmérnökök kézikönyve*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1961.
- [11] Turner, W. C.:  
*Energy Management Handbook*  
The Fairmont Press Inc. – USA, 1993.

## 22. A fűtési rendszerek gazdaságossága

Mai felfogásunk és a korszerű irodalom [2], [4] szerint a fűtési rendszerek megítélését három szempontsorozat befolyásolja, s ugyanezen kritériumokat kell végiggondolnunk, egy-egy rendszer megválasztásánál, vagy ajánlásánál is.

A kritériumok az alábbiak:

- a komfortkritériumok,
- a gazdaságossági kritériumok és
- a környezetvédelmi kritériumok.

A komfort témakörével az „Alapismeretek” kötet „Hőérzet” c. fejezetében bőségesen foglalkoztunk. A környezetvédelmi kérdések fűtéstechikai vonzatai, azaz a zajhatás, az égéstermékek hatása, a hulladékok elégetése kötetünk különféle fejezeteiben már tárgyalásra kerültek. Ezért jelen fejezetünkben a fűtések gazdaságosságának önmagában is igen komplex gondolatkörét mutatjuk be.

A fűtési rendszer teljes gazdaságossági vizsgálata az alábbi tényezők elemzését igényli:

- beruházási költségek és az amortizációs tényező
- üzemeltetési költségek:
  - a felhasznált energia és a felhasznált tüzelőanyag költsége és a segédenergia (pl. villamos energia) költsége,
  - az üzemeltetés (a karbantartás és a tisztítás) költsége,
  - a távozó égéstermékkel és emisszióval kapcsolatos mérésekkel, és a kémények tisztításával, karbantartásával kapcsolatos költségek.

E költségek részletesebb felsorolását mutatja a **22.1. táblázat**.

## Költségnemek felsorolása

## 22.1. táblázat

Egyszeri (beruházási) költségek $K_K$	
Hőtermelő berendezés	Tüzelőanyag-tárolás, beleértve az anyagmozgató berendezéseket, mint szivattyúk és kompresszorok, adagoló-, hamu- és poreltávolító berendezések
Tüzelő berendezés	Szívó szellőző berendezések
Elosztó állomások	Kémény- és füstgázberendezések
Hőcserélők, amennyiben a hőtermelő berendezéstől el vannak választva	Építészeti megoldások, pl. fűtőhelyiségek, kazánházak, légtechnikai berendezések elhelyezésére szolgáló helyiségek (a helyiség-szellőző- és klíma-berendezések kivételével)
Cső- és csatornavezetékek*, amennyiben a hőtermelő berendezéshez és az elosztóállomásokhoz tartoznak	Hang- és hőszigetelő megoldások
Hőelosztó berendezések, a továbbító eszközökkel (keringető szivattyúk, ventilátorok, stb.) együtt	Járulékos építészeti megoldások az elosztóállomásokban, vezetékek-csatornáknál és földcsatornáknál fellépő hőveszteségek csökkentésére
Fűtőfelületek (helyiség fűtőtestek és radiátorok)	Külső energiák nyomásszabályozói, trafó- vagy átdadóállomásai
Hőtárolás szivattyúk, szolárberendezések égőfejei, csővezetékei és csatornái	A nyilvános energia-ellátó hálózatokra történő becsatlakozás költségei
Vízmelegítők, használati melegvíz-elosztó állomásokat is beleértve	
Szellőző és klímaberendezések	
Elektromos berendezések, meghajtó motorok, kapcsolótáblák és vezetékek, amennyiben a hőtermelő- szellőztető-, klíma- és gazdasági hő-előállító berendezésekhez tartoznak	

Energiafogyasztási költségek $K_E$	Üzemeltetési költségek $K_U$
Tüzelőanyag- és távhőszállítás energia-költségei (a hő beszerzési költségei)	Kezelési és karbantartási tevékenységek (időfelhasználás szerint)
A hőtermelésnél, hőelosztásnál, hőszabályozásnál és a tüzelőanyag-tárolásnál használt meghajtó-berendezések üzemeltetéséhez szükséges segédenergiák költségei	Minden üzemi helyiség és berendezés tisztítása (anyag- és személyi költségek)
Az esetleges szellőztető berendezések üzemeltetésének költségei	Karbantartás és vevőszolgálat (anyag-, személyi és utazási költségek)
Kazánházak, mellék helyiségek, tárolóhelyiségek stb. megvilágításának költségei	Tartályok tisztítása (anyag- és személyi költségek)
Hűtővízköltségek	Tartályok ellenőrzése (anyag- és személyi költségek)
Egyéb adalék-, kenőanyagok rozsdagátlás, festékek és kisebb anyagok költségei	Kéményseprési költségek
Tüzelőanyagok szállítási és tárolási költségei	Emisszió-ellenőrzés
Égési maradványok tárolási és elszállítási költségei	Füstgázellenőrzés
	Fűtőolaj kárbiztosítás
	Üzemeltetési engedély és egyéb engedélyek költségei
	Üzemeltetési engedély és egyéb ellenőrzési- vagy engedélyeztetési költségek

\* alkatrészekkel és szereléssel együtt



## 22.1. A beruházási költségek

A fűtőberendezések beruházási költségét nem elemezhetjük eléggé részletesen a szak-könyvünkől megkövetelt szűkszerűség és általánosítási követelmények szintjén. A gondolatmenet gyakorlati megvilágítása és a becslések elősegítése érdekében tájékoztatásul mutatjuk be a **22.2. táblázat**ot.

Egyébként további beruházási költségek és az amortizáció, az élettartam meghatározása érdekében a szakkatalógusokhoz, gyártmányismertetőkhöz kell fordulnunk. Folytassuk tehát a gondolatmenetet az energiafelhasználás részletesebb tárgyalásával.

Fűtőberendezések elemeinek élettartama (év) és a karbantartási költségek hányada

22.2. táblázat

Berendezés, kivétel	Használati idő $n$ (évek száma)	Karbantartási költségek az 1 évre eső beszerzési költség %-ában kifejezve $k_i$ %/év
<b>Olaj- és gáztüzelésű kazánok:</b>		
120 kW alatti kazán kondenzáció nélküli üzemmódban és nyári leállással (növelt visszatérő hőmérséklettel) öntöttvas vagy acél	20	1
120 kW alatti kazán növelt visszatérő hőmérséklettel, egész éves üzemmel (pl. használati melegvíz előállítására) öntöttvas vagy acél		
120 kW feletti kazán olaj- ill. gázégővel, természetes huzatú vagy túlnyomásos üzemmódban, öntöttvas vagy acél	20	1
Kazán olaj ill. gázégővel, változó vagy állandó kazánvíz-hőmérséklettel, kondenzáció nélküli üzemmódban, mint kishőmérsékletű kazán, öntöttvas vagy acél	20	1
Ventilátoros égőjű kazán, időszakos kondenzációs üzemeltetéssel, öntöttvasból	15	2
<b>Átállítható vegyestüzelésű kazán</b> szilárd, folyékony és gáz tüzelőanyagokhoz valamint <b>szilárd</b> tüzelőanyaggal működő új kivételű öntöttvas tagos kazán, a visszatérő hőmérséklet növelése nélkül, csak fűtési célra	20	1
Acél kazán hasonló kivételben, a visszatérő hőmérséklet növelése nélkül, csak családi ház fűtésére	15	2
Öntöttvas tagos kazán vagy növelt visszatérő hőmérsékletű és 65 °C feletti kazánvíz-hőmérsékletű acélkazán, fűtési célra, használati melegvíz előállítással vagy anélkül	20	1
<b>Gáz-tüzelőkészülékek</b> atmoszférikus égővel, mint		
Átfolyó vízmelegítő	18	2
Kombinált átfolyó vízmelegítő	18	2
Tárolós vízmelegítő	18	2
Gázkazán	20	1
Családi házak vagy egyszintű fűtések légfűtő készülékei	15	1,5

(a 22.2. táblázat folytatása)

Berendezés, kivétel	Használati idő $n$ (évek száma)	Karbantartási költségek az 1 évre eső beszerzési költség %-ában kifejezve $k_i$ %/év
<b>Elektromos hőtermelő készülékek</b>	25	1
Nagyvízterű és vízcsöves kazánok	25	2
<b>Égők</b>		
Gázégők	20	1
Olajégők (Porlasztós típus)	12	12
<b>Hőszivattyúk</b>		
Villamos üzemmel		
50 kW alatt	18	3
50–500 kW között	18	2
<b>Hőcserélők</b>		
Forróvíz/forróvíz	20	2
Forróvíz/használati melegvíz	12	2
<b>Használati melegvíz termelő</b>		
Központi, tárolóval	15	2
Átfolyós	15	3
<b>Keringető szivattyúk</b>		
Alapra építve	18	2
Csőszivattyú	10	2
<b>Szerelvények általában</b>	20	1,5
<b>Tágulási tartályok</b>		
Zárt, membrános	15	0
Nyomáspárnával	25	2
<b>Csővezetékek</b>		
Gázvezeték, vízvezeték	40	1
Kondenz vezeték	8	5
<b>Fűtőtestek</b>		
Öntöttvas radiátor	30	1
Acéllemez radiátor	20	1
Konvektor	20	2
Padlófűtés	20	1
<b>Mérő- és szabályozószervezetek</b>	12	3
<b>Vízkezelő rendszerek</b>	20	4

## 22.2. A fűtési rendszerek energiaköltségének összetevői és elemzése

*Egy épület, vagy létesítmény fűtéséhez szükséges energiafelhasználás függ:*

- az épület hőtechnikai tulajdonságaitól;
- a földrajzi hely éghajlatától;
- az épületben az üzemidő alatt fenntartandó hőmérséklettől;
- az üzemidőn kívül megengedhető hőmérséklet ingadozástól;
- a szakaszos üzem energiafelhasználás csökkentő lehetőségének kihasználásától;
- és számos egyéb, a számítás finomítását szolgáló tényezőtől.

*A felhasznált tüzelőanyag mennyisége függ:*

- az alkalmazandó tüzelőanyagtól (ld. „Alapismeretek” kötet „Tüzeléstechnika” c. fejezet);
- az alkalmazott tüzelőszervezettől (gondoljunk a hagyományos, kishőmérsékletű és kondenzációs kazánokra!);
- a tüzelés hatásfokától.

*Természetesen a tüzelőanyag felhasználáson túlmenően a villamos energia költségével is foglalkoznunk kell, gondoljunk itt*

- a szivattyúzás,
- a csappantyúmozgatás,
- az egyéb segédberendezések

villamos energia felhasználási költségére.

### 22.2.1. A fűtési energiafelhasználás meghatározása

A fűtésre szánt energia felhasználását az „Alapismeretek” kötet „Épületfizika” c. fejezetében az (5.40.) és (5.41.) összefüggéssel már jellemeztük. Az összefüggés világosan mutatja, hogy a fűtési energiafelhasználás alapvetően a hőfokhíddal kifejezhető meteorológiai viszonyoktól és az épület hőfizikai jellemzőit összefoglaló hőkarakterisztikától függ, azaz valamely időszakra (pl. fűtési időnyre) vonatkoztatott hőfelhasználás:

$$Q_{\text{időszak}} = V \cdot C \cdot G_{\text{időszak}} \cdot \dot{q} \quad \text{Joule/időszak,} \\ \text{(vagy a gyakorlatban: kWh/időszak)} \quad (22.1.)$$

ahol

$V$  váltószám: s/nap,

$C$  az időszak alatt érvényesülő hőnyereség hatását jellemző tényező (ld. „Alapismeretek” kötet 5.8. táblázata),

$G_{\text{időszak}}$  az időszakra vonatkozó hőfokhíd: K nap/időszak,

$\dot{q}$  az épület hőkarakterisztikája J/K s/nap.

Az ismertetett összefüggés módot nyújt arra is, hogy a fűtési energiafogyasztást bármely időszakra értelmezzük, például meghatározzuk a havonként elfogyasztott energiát, és így megfelelően gazdálkodhassunk. Értelemszerűen ugyanis az egyes hónapok várható fűtési energiafogyasztása arányos az egyes hónapok hőfokhídjával.

Az arányszámokat például Budapestre megállapítva kapjuk, hogy a téli időnyre szükséges fűtési energiafelhasználás 6%-át októberre, 14,5%-át novemberre, 20%-át decemberre, 21,5%-át január, 18%-át február, 14%-át márciusra és végül 6%-át áprilisra kell beosztani, és ennek megfelelően fizetni.

Ez az arány általában egyenlő mindazon magyarországi helységeken, ahol a hőfokhíd Budapestével azonos, vagy attól csak kis mértékben tér el. (ld. „Alapismeretek” kötet „Időjárás, éghajlat” c. fejezete.)

Bármely más helység havi közepes hőmérsékletének ismeretében megszerkesztett hőfokhíd görbe alkalmas arra, hogy fenti arányokat az illető helységre érvényesítsük és kiterjesszük.

Az így levezetett energiaszükséglet számítását és meghatározást a fűtéstechnikai feladatok sokfélesége miatt tovább szükséges és tovább is szoktuk finomítani.

### 22.2.2. A különféle használatú épületek fűtési energiafelhasználása

A magyar szakkönyvek [5], [7], [8], hagyományosan azt a módszert alkalmazzák, hogy az üzemidő alatt fenntartandó hőmérséklet, valamint az üzemidőn kívül megengedhető hőfok-ingadozás függvényében épülettípusokat különböztet meg. Ezek szerint:

- Az első csoportba tartoznak azok az épületek, amelyekben  $22\text{ °C}$  belső hőmérsékletet kell az üzemidő alatt tartanunk, s ennek megfelelően a fűtést akkor kell elkezdenünk, amikor a külső hőmérséklet napi átlaga  $14\text{ °C}$ -ra száll le. Ilyen napok száma:  $z_{14} = 212$  és az évi hőfokhíd Budapesten fent körvonalazott hőmérsékletviszonyok mellett  $G_{22/14} = 3680$ . E típusba tartozó épületek pl. kórházak, szanatóriumok, különleges laboratóriumok stb., ahol üzemszüneti időkben bekövetkező lehűlést a hőfokhíd 10%-os csökkentésében engedhetjük meg. Ha pl. a fűtés leállításakor azaz üzemszünet megkezdésekor a hőfokhidat  $G_v$ -vel jelöljük, s az üzemszünet végén  $G_e$ -vel, akkor a lehűlés mérvét a

$$\psi = \frac{G_v - G_e}{G_v} = 1 - \frac{G_e}{G_v} \quad (22.2.)$$

összefüggéssel fejezhetjük ki. Ha például egy kórházban a fűtés leállításakor a belső hőmérséklet  $t_b = 22\text{ °C}$ , a külső hőmérséklet  $t_k = -7\text{ °C}$ , úgy  $G_v = 22 - (-7) = 29\text{ °C}$  nap/nap.

Ha a lehülés megengedett mértéke

$$\psi = 1 - \frac{G_e}{G_v} = 0,1 = 10\%$$

akkor az üzemszünet végén a hőfokhíd:

$$G_e = G_v (1 - \psi) = 29 (1 - 0,1) = 26 \text{ [}^\circ\text{C nap/nap]}$$

Mivel a külső hőmérséklet változatlanul  $-7^\circ\text{C}$ , a belső hőmérséklet az üzemszünet végén  $t_b = 26 - 7 = 19^\circ\text{C}$ .

- A fűtéstechikai számítási eljárások ismeretében mindez természetesen csak durva közelítés, de összehasonlítás és a szemlélet kialakításának céljára megfelelő.
- A második épülettípusba tartoznak általában a lakóházak, amelyekben üzemidő alatt  $20^\circ\text{C}$  belső hőmérsékletet kell tartani, s ennek megfelelően a fűtési üzemet akkor kell elkezdni, ha a külső hőmérséklet napi átlaga  $+12^\circ\text{C}$ -ra száll le. Ilyen napok száma Budapesten  $z_{12} = 189$  a hőfokhíd  $G_{20/12} = 3090$ , a lehülés maximális mértékét  $1 - G_e / G_v = 0,2$ -ben, azaz 20% értékre vehetjük fel.
- A harmadik típusú csoportba tartoznak a periodikusan használt épületek, mint középületek, iskolák, gyárépületek irodái, stb. ahol az üzemszüneti időben még nagyobb lehülést, más szóval még hosszabb üzemszünetet engedhetünk meg. Ennek maximális mértékét  $1 - G_e / G_v = 0,3$  azaz 30%-ban állapíthatjuk meg. Ezeknél az épületeknél az a fontos, hogy a használat ideje alatt a megkívánt belső hőmérsékleteket biztosítsuk, viszont a belső hőmérsékletnek az üzemen kívüli ingadozása nem játszik jelentős szerepet.
- A negyedik típusú épület a nagy munkacsarnokok, raktárak, garázsok stb. sora, melyekben a belső hőmérséklet  $15, 10, 5^\circ\text{C}$ , s ennek megfelelően a fűtési határhőfok  $8, 5, 3^\circ\text{C}$  is lehet. A fent megadott hőmérsékletviszonyoknak megfelelő hőfokhíd és fűtési napok száma Budapestre vonatkozóan a következők:

$$\begin{array}{ll} G_{15/8} = 1950; & z_8 = 145; \\ G_{10/5} = 1100; & z_5 = 124; \\ G_{5/3} = 500; & z_3 = 93. \end{array}$$

Az építményekben a lehülés mértékének határt szab az a körülmény, hogy a helyiségben  $0^\circ\text{C}$ , vagy annál kisebb hőmérséklet ne álljon elő. Ettől eltekintve átlagosan a lehülés maximális mértéke

$$1 - \frac{G_e}{G_v} = 0,4 \text{ azaz } 40\text{-is lehet.}$$

Az eddigiekből számítással követhető, hogy mennyi energia takarítható meg a belső hőmérséklet csökkentésével, a fűtési időszak lerövidítésével, vagy a fűtési üzem ingadozásával. Ez utóbbi elvezet bennünket a szakaszos fűtési megoldás értékeléséhez.

### 22.2.3. A szakaszos fűtéssel elérhető megtakarítás

A (22.1.) összefüggésben meghatároztuk a bármely időszakra érvényes energiafelhasználást, ha és amennyiben az üzem folyamatos, ennek értelmében:

$$Q_{\text{időszak, folyamatos}} = V \cdot C \cdot G_{\text{időszak}} \cdot \dot{q} \quad [\text{J/időszak}]$$

A szakaszos fűtési üzem értékelésének érdekében vezessük be a következő jelöléseket: legyen  $\tau_{\text{szün}}$  a fűtés megszakításának időtartama,  $\tau_{\text{felf}}$  a felfűtés időtartama.

A felfűtés ideje alatt nyilván pótolnunk kell azt az energiát is, amely az üzemszünetben eltávozott az épületből, ezt formailag úgy vesszük figyelembe, mintha a hőfokhid megnövekedett volna, tehát  $G_{\text{időszak}}$  hőfokhid helyett  $nG_{\text{időszak}}$  hőfokhidakkal számolunk ( $n > 1$ ), „ $n$ ” tehát az üzemszünet után, a felfűtés érdekében pótlendő energiatöbblet hányada.

Így a felfűtés  $\tau_{\text{felf}}$  ideje alatt az energiafogyasztás

$$Q_{\text{felf}} = n \cdot \tau_{\text{felf}} \cdot G_{\text{időszak}} \cdot \dot{q}$$

A teljes fogyasztást most már felírhatjuk. A stacioner fűtési üzemben, melynek időtartama  $24 - (\tau_{\text{felf}} + \tau_{\text{szün}})$  óra; a fogyasztás:

$$Q_{\text{áll}} = [24 - (\tau_{\text{felf}} + \tau_{\text{szün}})] \cdot G_{\text{időszak}} \cdot \dot{q}$$

és így a fogyasztás a  $Q_{\text{áll}} + Q_{\text{felf}}$  összege:

$$\begin{aligned} Q_{\text{időszak, szak}} &= \{ n \tau_{\text{felf}} + [24 - (\tau_{\text{felf}} + \tau_{\text{szün}})] \} \cdot G_{\text{időszak}} \cdot \dot{q} = \\ &= [24 + \tau_{\text{felf}} (n - 1) - \tau_{\text{szün}}] \cdot G_{\text{időszak}} \cdot \dot{q} \end{aligned} \quad (22.3.)$$

Bizonyítható, hogy a  $\tau_{\text{felf}} (n - 1) < \tau_{\text{szün}}$ , ami arra a szemlélet alapján is világos tényre mutat, hogy a megszakításos üzem energiaszükséglete feltétlenül kisebb, – de nem időarányosan kisebb – a folyamatos fűtési üzem energiafelhasználásánál.

Meg kell jegyeznünk, hogy egy folyamatos üzemű rendszernek nyilván kisebb a beruházási költsége, mint a megszakításos üzemű rendszeré. A felfűtési tényezővel jellemzett többletfűtés ugyanis elvileg csak többlet beépített teljesítménnyel valósítható meg. Az „elvi-  
leg” szót azért kell itt hangsúlyoznunk, mert évtizedeken keresztül hazai fűtési rendszereink

rendkívüli túlméretezéssel készültek, és a túlméretezésből eredő teljesítmény és felület többlet bőségesen fedezte a felfűtési igényeket.

Napjainkban viszont egyre gyakoribb az a megoldás, hogy a kazán mellett tárolót létesítenek, és a többlet igényeket a tárolóból elégítik ki.

A klasszikus esetekre, amikor tehát a szakaszos üzem miatt többlet teljesítményt építünk a rendszerbe, azt kell megállapítanunk, hogy ha a berendezés elegendően sok évig üzemel, úgy az energiamegtakarítás megtérítheti a szakaszos üzemű fűtőrendszer beruházási többletköltségét. Ezt természetesen gazdaságossági számítással kell eldönteni.

A  $[24 + \tau_{\text{felf}}(n-1) - \tau_{\text{szűn}}]$  tényezőt formailag a „ $V \cdot C$ ” jelű, időjellegű állandóval szokás összevonni. A tényező számszerűen egyfelől az épületben megengedhető, és az előbbieken  $\Psi$ -vel jelölt lehűlés mértékének függvénye, másrészt nyilvánvalóan az épület hőtechnikai tulajdonságaitól, azaz hőtárolókéességétől függ, harmadrészt bizonyos fokig befolyásolja az alkalmazott fűtőberendezés is. A jellemző számokra készített összefoglalást a **22.3. táblázat** mutatja.

Szakaszos fűtés jellemzése [7]

22.3. táblázat

Épüle csoport	$t_b$ °C	$t_{\text{határ}}$ °C	Fűtési napok		$\Psi$	Időjellegű tényező	
			száma $z$	hőfokhídja $G_{\text{évi}}$		óra/nap	s/nap
Kórház, szanatórium	22	14	212	3680	0,1	16,5	59468
Lakóépület	20	12	190	3090	0,2	15,0	54062
Iroda, iskola munkaszüneti napok nélkül	20	12	190	3090	0,3	14,7	52980
Iroda, iskola munkaszüneti napokkal	20	12	190	3090	0,3	13,6	49016
Csarnokok, raktárak munkaszüneti napok nélkül	15	8	145	1950	0,4	14,3	51539
Csarnokok, raktárak munkaszüneti napokkal	15	8	145	1950	0,4	13,3	47935

$t_b$  = előírt belső hőmérséklet

$t_{\text{határ}}$  = az a külső hőmérséklet, ahol a fűtés abbamarad

Hasonló összeállítást jellemez a német szokások szerint készült **22.4. táblázat** is.

Kazán-terhelési tényezők (irányértékek) különböző típusú és célú épületekben

22.4. táblázat

Épülettípus	Az épület napi fő használati ideje  [h/nap]	Napi üzemidő		Közepes kazán-terhelési tényező $\varphi^{**}$	
		fűtési üzem [h/nap]	csökkentett üzem [h/nap]	fűtési üzem	csökkentett üzem
Lakóépületek, általános célú épületek laktanyák	15	17	7	0,84	0,66
Lakóépületek, energiatakarékosan fűtve	15	16	8	0,80	0,40
Irodaépületek	10	12	12	0,95	0,79
Iskolák, egyműszakos üzemben	6	9	15	0,98	0,75
Iskolák, kétműszakos üzemben	12	14	10	0,88	0,82
Kórházak	24*	24*	–*	0,90	–

\* Néhány helyen (18+6 óra) h teljes-üzemű és csökkentett-üzemű üzemidő-beosztással dolgoznak

\*\*  $\varphi = (t_b - t_k) / (t_{b,mér} - t_{k,mér})$  ahol:  $t_b$  – a mindenkori belső hőmérséklet;  $t_k$  – a mindenkori külső hőmérséklet;  
 $t_{k,mér}$  – a méretezési külső hőmérséklet;  $t_{b,mér}$  – az előírt belső hőmérséklet

#### 22.2.4. A fűtési energiafogyasztás további csökkentési lehetőségei és a számítási eljárás pontosítása

Korunkban, amikor az energia megtakarítás és ezzel az energiafelhasználás számítási pontosságának fontosságát és jelentőségét nem lehet eléggé hangsúlyozni, már nem elégedhetünk meg a nagyon sok általánosítást tartalmazó, eddig bemutatott eljárással. Napjainkban már folyik az a szabványosítási munka, amivel az európai előírásokat a magyar mérnöki gyakorlatban elfogadottá, sőt kötelezővé tesszük. A honosítás során nyilván különös fontossággal bírnak majd azok a szabványok, melyek az épületek fűtési energiafogyasztásának számítási eljárását pontosítják. Addig is nagy vonalakban a német eljárást mutatjuk be, nyilván ezt tekinti majd mintának a hazai eljárás is [9], [10].

$$Q_{évi} = f_1 f_2 f_3 f_4 f_5 24z \frac{t_{b,k} - t_{k,k}}{20 [^\circ \text{C}] - t_{k,mér}} \quad (22.4.)$$

ahol:

$Q_{évi}$  az éves fűtési energiafelhasználás,

$f_1$  a légtechnikai rendszerek figyelembevételére szolgáló tényező;  $f_1 = 1 + f_1 / \dot{q}_f$ ,

$f_1 = 0$  normális,  $f_1 = 6,8$  fokozott,  $f_1 = 13,6$  erős ablak szellőztetés esetén,

$\dot{q}_f$  a felületi hőterhelés: hagyományos épületek esetében:  $\dot{q}_f = 70\text{--}130 \text{ W/m}^2$   
új épületek esetében:  $\dot{q}_f = 30\text{--}70 \text{ W/m}^2$ ,

$f_2$  a csökkentett fűtési üzem figyelembevételére szolgáló tényező az építési mód, a fűtési rendszer, a fűtési üzemszünet, a szabályozási megoldás függvényében.



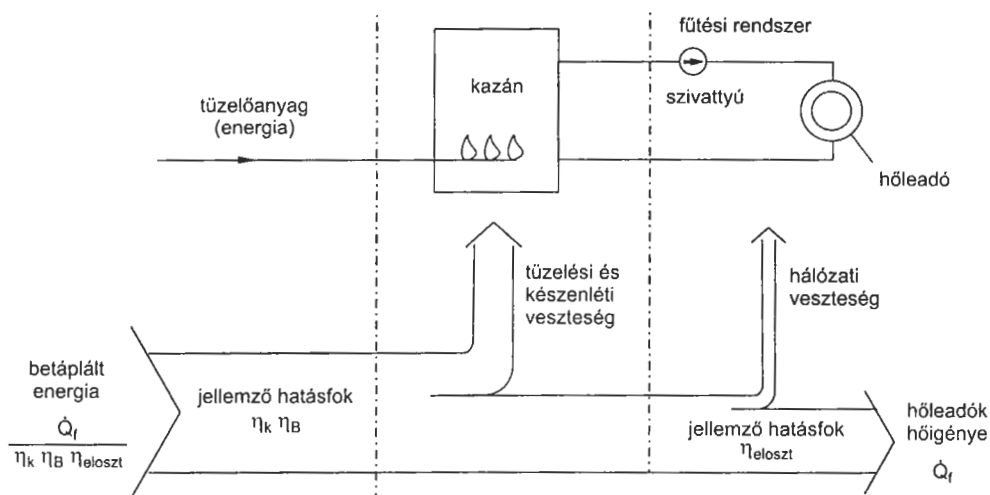
- Tipikus esetek: családi ház, éjszakai fűtési szünettel:  $f_2 = 0,92$   
 társasház éjszakai csökkentett fűtési üzemmél:  $f_2 = 0,95$   
 irodaépület, munkanapokon 12 órás fűtéssel:  $f_2 = 0,77$ ,  
 $f_3$  az egyes helyiségek csökkentett fűtési üzemét figyelembe vevő tényező:  
 $f_3 = 1,00 - 0,34 a_r$   
 $a_r$  értéke például lakóépületben: 0,3,  
 $f_4$  a szabályozás megoldását figyelembevevő tényező. Tipikus értékek:  
 kézi szabályozás:  $f_4 = 1,15$  időjárás követő előremenő hőmérséklet szabályozás és  
 termosztatikus radiátorszelep:  $f_4 = 1,05$ ,  
 $f_5$  Az előírt értéktől eltérő belső hőmérsékletet figyelembe vevő tényező:  
 $f_5 = 1,07$  megnövelt belső hőmérséklet esetén  
 $f_5 = 0,93$  csökkentett belső hőmérséklet esetén,  
 $f_6$  további tényező, mellyel az üvegezési arányt, az épület tehetetlenségét és a  
 további, hasonló tényezőket vesszük figyelembe, mint például:  
 – a fűtési napok száma,  
 – az előírt belső hőmérséklet,  
 – a méretezési külső hőmérséklet,  
 – hőveszteség, a hőnyereségek nélkül,  
 – külső hőnyereség (napsugárzás),  
 – belső hőnyereség (benntartózkodó személyek, villamos berendezések).  
 $z$  a fűtési napok száma,  
 $t_{b,k}$  az évi közepes belső hőmérséklet (éves átlag) [°C],  
 $t_{k,k}$  az évi közepes külső hőmérséklet (éves átlag) [°C],  
 $t_{k,mér}$  a méretezési külső hőmérséklet [°C],  
 $20^\circ\text{C}$  az előírt belső hőmérséklet.

## 22.3. Az éves tüzelőanyag felhasználás

Eddigiekben a hasznos energiafelhasználást tárgyaltuk. Ha áttérünk a tüzelőanyag-fogyasztás számítására, úgy

- egyrészt tekintettel kell lennünk a kazán és a csővezeték, illetve az egyéb felületek (pl. hőcserélő, tartály, szerelvények) hőveszteségére is,
- másrészt figyelembe kell vennünk a tüzelőanyag fűtőértékét (égéshőjét), valamint a tüzelőszerkezet megoldását és hatásfokát.

A leírtak megértésének elősegítése érdekében mutatjuk be a **22.1. ábrát**. Az összefüggések elemzése érdekében fellapozhatjuk a „Központi fűtések kazánjai” c. fejezet (6.5.), (6.6.) és (6.7.) összefüggését.



22.1. ábra. A fűtési rendszer hőigénye és veszteségei

Egy évre, vagy egy időnyire vetítve a hatások:

$$\eta_e = \frac{\text{éves fűtési energiafelhasználás}}{\text{éves tüzelőanyagfelhasználás}}$$

Az éves fűtési energiafelhasználás:

$$Q_{\text{évi},f} = V \cdot C \cdot G_{\text{időszak}} \cdot b_{vk} \cdot \dot{q} \quad [\text{kg/év}], [\text{m}^3/\text{év}] \quad (22.4/a)$$

ahol  $b_{vk}$  a valóban fűtéssel töltött üzemórák száma évenként.

Az éves tüzelőanyagfogyasztás:

$$K_{\text{évi},\text{tűz}} = V \cdot C \cdot G_{\text{időszak}} \cdot b_{vk} \cdot q \cdot \frac{1}{\eta_k \cdot \eta_B \cdot \eta_{\text{eloszt}} \cdot H_a} \quad [\text{J/év}], [\text{kWh/év}] \quad (22.5.)$$

így

$$\eta_e = \eta_k \cdot \eta_B \cdot \eta_{\text{eloszt}} \quad (22.6.)$$

ahol:

$\eta_k$  a közepes hatások,

$\eta_B$  a készenléti hatások,

$\eta_{\text{eloszt}}$  az elosztó rendszer hatásfoka,

$H_a$  alsó fűtőérték  $[\text{J/kg}]$ ,  $[\text{J/m}^3]$  vagy  $[\text{kWh/kg}]$ ,  $[\text{kWh/m}^3]$ .

### 22.3.1. A fűtési rendszerek kihasználási foka

Az éves kihasználási fok fogalmának megalkotása és bevezetése a központi fűtési rendszerek gazdaságossági értékelésének egészen új eleme. Ha fellapozzuk a klasszikus, hagyományos fűtéstechikai irodalomban található, a tüzelőanyag-fogyasztás meghatározására vonatkozó számítási eljárásokat, azt találjuk, hogy ezek az egész fűtési idényre nézve egy átlagos hatásfokkal, vagy még inkább a névleges teljesítményhez tartozó névleges tüzelési hatásfokkal számolnak. Ez értelemszerűen igen torz képet ad arról a fűtőberendezésről, mely

- szakaszosan, vagy időnként csökkentett üzemmel működik,
- az üzemszünetben, vagy a csökkentett üzem során készenléti vesztesége van, (itt utalunk kötetünk „A központi fűtések kazánjai” c. fejezetére, ahol levezettük a készenléti idő és a készenléti veszteség fogalmát),
- a külső hőmérséklet függvényében változó teljesítményt változó hatásfokkal szolgáltatja.

Mindezen, a korszerű, energiatakarékos fűtési rendszerekre jellemző tényezőket veszi figyelembe az az elmélet, ami a hatásfok helyett az éves kihasználási fokkal számol.

Az éves kihasználási fok kiszámítására igen részletes és kifinomult számítási eljárásokat dolgoztak ki. Mi itt, a gondolatmenet megértését szolgáló összefoglaló eljárást mutatjuk be. Ahogy az előbb láttuk:

$$\eta_e = \eta_k \cdot \eta_B \cdot \eta_{eloszt}$$

A közepes kazánhatásfok értékelését kötetünk „A központi fűtések kazánjai” c. fejezetében találjuk.

Az elosztórendszer kihasználási fokának, (amit a magunk szóhasználatával elosztási hatásfoknak nevezhetünk) értékére Magyarországon nem könnyű számszerű értéket mondunk, hiszen együtt élünk a maitól gyökeresen eltérő gazdasági körülmények között épített, és igen gyenge minőséggel szigetelt rendszerekkel. Annyit bátran leírhatunk, hogy új rendszereinknél ennek az értéknek 0,8–0,95 között kell mozognia. (Id. kötetünk „A csővezetékek hőszigetelése” c. fejezete (21.3.) összefüggés és a kapcsolódó táblázat).

A készenléti idő kihasználási foka attól függ, hogy a kazánnak mennyi az üzemszünet alatti sugárzási és égéstermék vesztesége. (lásd még: „Alapismeretek” kötet „Tüzeléstechika” c. fejezete). E tényező megfogalmazása érdekében vezettük be a kazán évi összes üzemóra számának ( $b_{vk}$  óra/év) és annak az időtartamnak fogalmát, amikor a kazán teljes teljesítménnyel üzemel ( $b$  óra/év), valamint a jelöljük a tüzelés teljes teljesítményét  $Q_f$ -el.

A készenléti idő kihasználási foka ezzel felírható:

$$\eta_B = \frac{b_{vk} \dot{Q}_f}{b_{vk} \dot{Q}_f + (b - b_{vk}) q_B \dot{Q}_f} = \frac{1}{(b / b_{vk} - 1) q_B + 1} \quad (6.5.)$$

ahol  $q_B$  a készenléti idő alatt létrejövő veszteséget jelenti.

Ezzel a módszerrel bármely időszakra, kívánt finomítással határozhatjuk meg a felhasznált tüzelőanyag mennyiségét. A korszerű szakirodalom [3] táblázatos módszereket kínál a számítás elvégzésére. A táblázatos számításban tetszés szerinti rövid időkre (általában napokra) bontható a fűtési idény, és így kellő finomsággal vehető figyelembe a változó terhelés, változó veszteség és változó hatásfok.

Ürlap a kazánberendezés éves kihasználtsági fokának kiszámítására

22.5. táblázat

Időszak	Időjárási adatok			Kazán adatok				Számítási adatok						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Az oszlopok jelentése:

- 1 – megfigyelési időszak (intervallum);
- 2 – napi külső középhőmérséklet °C;
- 3 – fűtési kör terhelése %;
- 4 – az intervallum évi gyakorisága nap/év;
- 5 – kazán igénybevétel %;
- 6 – közepes kazánvíz-hőmérséklet °C;
- 7 – a kazán mért hatásfoka %;
- 8 – mért üzemi készenléti-veszteség %;
- 9 – napi fűtési hőmennyiség kWh/nap;
- 10 – napi fűtési hőmennyiségek éves összege kWh/év;
- 11 – napi égési üzemidő h/nap;
- 12 – napi égésszüneti idő h/nap;
- 13 – napi égési hőmennyiség kWh/nap;
- 14 – napi égési hőmennyiségek éves összege kWh/év;
- 15 – napi kihasználtsági fok %,  $\eta_{napi}$

## 22.4. A felhasznált tüzelőanyag költsége

Az éves tüzelőanyag költség ezek után értelemszerűen a

$$Költség_{évi} = K_{évi,tüz} \cdot Költség_{tüz} \quad [Ft/év] \quad (22.7.)$$

összefüggéssel számítható, ahol  $Költség_{tüz}$  tüzelőanyag költsége [Ft/kg], vagy [Ft/m<sup>3</sup>] dimenzióban mérve.

## 22.5. A teljes energiafelhasználás értékelése

Ahogy már említettük, a fűtési rendszerek nem kizárólag tüzelőanyagot fogyasztanak, hanem ehhez villamos energiafogyasztás is járul. Ennek értékelésére vezették be a rendszer „éves fűtési számát”, mint jellemző számot.

Az éves fűtési szám meghatározása az alábbi összefüggéssel történhet:

$$\xi_{rendszer, \text{évi}} = \frac{Q_{\text{évi, tüz}}}{\eta_{rendszer, \text{évi}} + \frac{(P_{T-\ell} + P_{ker} + P_{kaz} + P_{kev}) \cdot \tau_{rendszer, \text{évi}} + P_{mot} \cdot \tau_{mot, \text{évi}}}{\eta_{vill, \text{évi}}}} \quad (22.8.)$$

ahol

$Q_{\text{évi, tüz}}$	az éves, tüzelőanyagból fedezett energiafelhasználás [kWh/év],
$\tau_{rendszer, \text{évi}}$	az éves tüzelési üzemórák száma [óra/év],
$P_{T-\ell}$	a tüzelőanyag és az égéshez szükséges levegő szállításához és keveréséhez igényelt villamos teljesítmény [kW],
$P_{ker}$	az energiahordozó keringtetéséhez szükséges villamos teljesítmény [kW],
$P_{kaz}$	a kazánon belüli keringtetéshez szükséges teljesítmény [kW],
$P_{kev}$	a keveréshez szükséges villamos teljesítmény [kW],
$P_{mot}$	az állítómotorok és a csappantyúk mozgatásához igényelt villamos teljesítmény [kW],
$\tau_{mot, \text{évi}}$	az állítómotorok éves működési ideje (üzemóra száma) [óra/év],
$\eta_{rendszer, \text{évi}}$	a tüzelőanyagból előállított hőáram éves hatásfoka [%],
$\eta_{vill, \text{évi}}$	a villamos energia felhasználás éves átlagos hatásfoka [%].

Az ilyen módon megfogalmazott hatásfoknak igen nagy jelentősége van a különféle fűtési rendszerek összehasonlítása esetén. Gondoljunk például az összehasonlítás fontosságára abban az esetben, ha választhatunk, hogy ugyanazon belső fűtési rendszert kazánról, vagy hőszivattyúval működtessük (ld. „A hőszivattyúk alkalmazása a fűtéstechikában” c. fejezet).

## 22.6. A fűtési rendszerek gazdaságosságának jellemzése

Nem is olyan könnyű megfogalmaznunk, hogy mi is a fűtési rendszerek gazdaságosságának jellemzésére alkalmas mutatószám. Ez a döntés és választás ugyanis mindig függ a gazdaságossági számítást elvégzettető megrendelő szemléletétől és szempontjaitól.

A példa kedvéért vegyük azt a közkedvelt és közérthető esetet, amikor valaki egy autót vásárol. Egyesek számára nyilván a sebesség és a gyorsulás, másoknak az alkatrész utánpótlás, vagy a csekély javítási költség, a benzinfogyasztás, a kilométerenkénti összköltség, ismét

másoknak a karbantartás, vagy a kényelem a legfőbb szempont akkor, amikor döntenek az adott típus megvásárlásáról.

Ezért a leginkább használatos és kidolgozott meghatározások három csoportba sorolhatók:

- költség-haszon elv,
- népgazdasági hasznosság és
- termodinamikai hasznosság.

A költség-haszon alapú számítás elve az, hogy a pénzben mért haszon nagyobb legyen a beruházási, fenntartási, karbantartási költségek összegénél, azaz a beruházás megtérüljön. Ez a mutató igen korlátozott jelentőségű, relatív szám. Adott esetben ugyanis a költség-haszon elv szempontjából olyan rendszer mutatkozhat előnyösnek, ami következő két szempontunknak egyáltalán nem tesz eleget, vagy adott esetben például rendkívül csúnya.

A népgazdasági hasznosság azt vizsgálja, hogy a rendszer eleget tesz-e a környezetvédelmi feltételeknek, megfelel-e az adott ország import és export érdekeinek, teljesíti-e a saját erőforrások kihasználására irányuló törekvéseket, stb.

A termodinamikai hasznosság azt az elvet vizsgálja, hogy a fosszilis energiakincs felhasználása során mennyi a megtermelt villamos energia aránya, s mi az a hányad, amivel csupán a környezet felmelegítését szolgálta (ld. „Alapismeretek” kötet „Energiagazdálkodás” c. fejezete).

Nagyobb beruházásokat az úgynevezett statikus, vagy dinamikus gazdaságossági mutatók kidolgozása és összehasonlítása alapján bíráltnak el. A statikus gazdaságosság mutatója:

$$n_{\text{év}} = \frac{\Delta k}{\Delta k_e - \Delta k_{ii} - \Delta k \cdot p / 100} \quad [\text{év}] \quad (22.9.)$$

ahol

$n_{\text{év}}$  az amortizációs idő [év],

$\Delta k$  az összehasonlításra kerülő berendezések beruházási költségében jelentkező különbség [Ft],

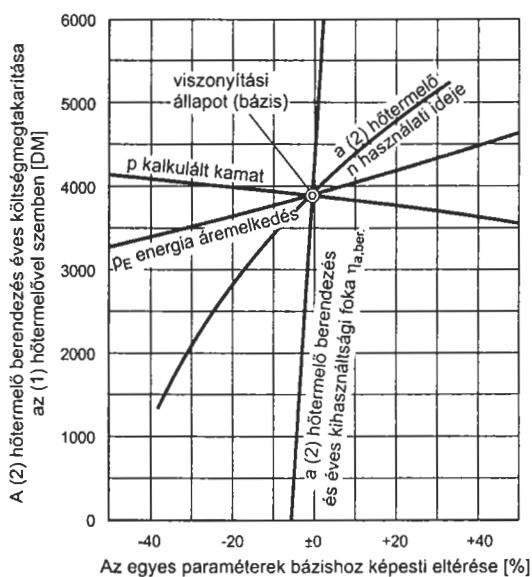
$\Delta k_e$  a felhasználásra kerülő energiahordozók ára közötti különbség [Ft/év],

$\Delta k_{ii}$  az üzemeltetési/karbantartási költségek közötti különbség [Ft/év],

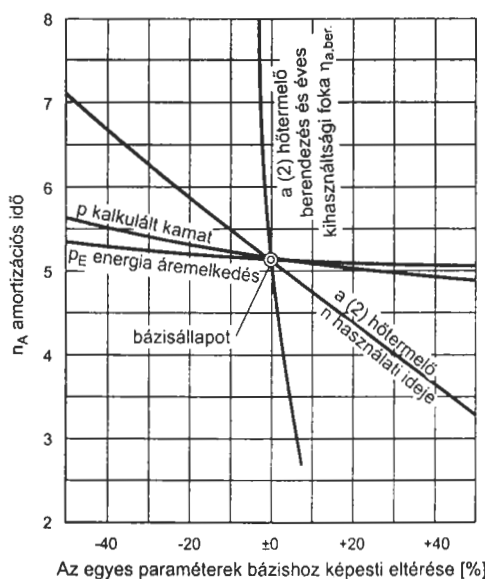
$p$  a kamattényező [%].

A dinamikus eljárás ehhez képest figyelembe veszi az évente változó árakat és kamatos kamattal számol.

A szemléltetés kedvéért mutatjuk be egy ilyen számítás eredményeit a **22.2.**, **22.3.** és **22.4. ábrákon**.



22.2. ábra. A dinamikus évi törlesztés érzékenységi vizsgálata [3]



22.3. ábra. A dinamikus amortizáció-számítás érzékenységi vizsgálata [3]





## Irodalom

- [1] *ASHRAE – Technical Committees and Task Groups:*  
*Ashrae Handbook HVAC Systems and Equipment*  
ASHRAE Inc. Atlanta, USA, 1996
- [2] Bauer, M.:  
*Methode zur Berechnung und Bewertung des Energieaufwandes für die Nutzenübergabe bei Warmwasserheizanlagen.* Doktori értekezés  
Universität Stuttgart IKE Lehrstuhl für Heiz-und Raumluftechnik, 1999.
- [3] BUDERUS  
*Handbuch für Heizungstechnik* (33. Auflage)  
Beuth Verlag GmbH, Berlin-Wien-Zürich, 1994.
- [4] Eisenmann, G.:  
*Entwicklung einer allgemeinen Bewertungsmethode für Heiz- und Trinkwassererwärmungssysteme am Beispiel einer Wohnung in einem Mehrfamilienhaus.* Doktori értekezés  
Universität Stuttgart IKE Lehrstuhl für Heiz-und Raumluftechnik, 1997.
- [5] Homonnay, Gyné:  
*Fűtéstechnika II.* Főiskolai jegyzet  
Kossuth Lajos Tudományegyetem – Műszaki Főiskolai Kar kiadása,  
Debrecen, 1996.
- [6] Homonnay, Gyné:  
*EU előírások és szabványok használata*  
Magyar Mérnöki Kamara tanfolyama és kiadvány, (CD lemez), 2000.
- [7] Homonnay, Gyné – Molnár, Z.:  
*Fűtéstechnika*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.
- [8] Macskásy, Á. és szerzőtársai:  
*Központi fűtés I. és II.*  
Tankönyvkiadó, Budapest, 1975.
- [9] Recknagel, H. – Sprenger, E. – Schramek E. R.:  
*Fűtés- és Klimatechnika 2000*  
Dialóg Campus Kiadó, Budapest-Pécs, 2000.
- [10] Schramek, E. R. (Recknagel-Sprenger):  
*Taschenbuch für Heizung+Klimatechnik 2000* (69. Auflage)  
R. Oldenbourg Verlag, München-Wien, 1999.

## 23. Központi fűtési rendszerek

A központi fűtési rendszerek jellemzője, hogy a **hőtermelést** valahol a fűtendő helyiségeken kívül, **központilag oldjuk meg**, és közvetítő, **hőhordozó közeggel** juttatjuk a hőleadókhoz.

Hőhordozóként a gyakorlatban

- víz,
- gőz,
- levegő

alkalmazható.

A központi fűtések előnyei az egyedi fűtésekkel szemben:

- a tökéletesített hőkomfort érzet biztosítása;
- a tökéletesített szabályozás lehetősége;
- a tüzelési helyek és kémények számának csökkenése, és ezzel a tűzveszély csökkenése;
- a környezetszennyezés csökkenése;
- a tüzelőanyag- és hamuszállítás, mozgatás útjának rövidülése;
- a tüzelőanyagok gazdaságosabb felhasználása;
- kisebb helyfoglalás a hasznos lakó-dolgozó-oktató- stb. terekben;
- az emberi munka- és munkaidő megtakarítása.

A központi fűtési rendszerek 1, legfeljebb 2-3 épület fűtését látják el. A teljesítmény kb. 10 és 500 kW között mozog.

Érdekes megfigyelnünk, hogy nagyobb léptékben ugyanezen szempontok vezették a technikai élet fejlesztőit később, a távfűtések elterjesztése során, lásd kötetünk „Táv hőszolgáltatás” c. fejezetét.

Megemlíthetjük a központi fűtések hátrányait is, bár ezeket helyesebb „nehézségek”, „akadályok” vagy „megoldandó feladatok” címszóval illetnünk, mert az előbb felsorolt előnyök nem vitathatók. Az így értelmezett „hátrányok”:

- nagyobb beruházási- és üzemeltetési költség,
- a hőelosztás hővesztése,
- több lakás együttes fűtésénél meg kell oldani a fűtési költség megosztását.

A továbbiakban a hőhordozó közeg szerinti csoportosítást követve, a víz, majd a gőzfűtésekről beszélünk. A légfűtésekét követünk a „Különleges fűtések” sorában tárgyalja.

### 23.1. Vízfűtések jellemzése

*A vízfűtések előnyei:*

- a közeg úgyszólván korlátlanul rendelkezésre áll;
- üzemi hőmérsékleten nem túlságosan veszélyes (nem mérgező, nem gyúlékony és nem robbanékony);
- nagy a fajhője és így kis térfogat is nagy hőtartalmat képvisel;
- nagy az üzemi biztonság;
- könnyen automatizálható a fűtés;
- a hőleadók kis felületi hőmérséklete miatt kellemes közérzetet biztosító, jól elosztott fűtőrendszer létesíthető;
- a központi szabályozás hőmérsékletváltozással jól megoldható;
- az egyedi, hőleadónkénti szabályozás a termosztatikus szelepekkel szintén könnyen keresztülvihető;
- szabályosan kialakított rendszer esetében kicsi a korróziós veszély és emiatt hosszú az élettartam.

*A vízfűtések hátrányai:*

- a nagy hőtehetetlenség miatt a felfűtés és lehűlés aránylag hosszú időt vesz igénybe,
- aránylag nagy a beruházási költsége,
- fagyveszélyes.

Mindazonáltal a korlátlan rendelkezésreállítás, az olcsóság, és az a tény, hogy a víz, mint fűtőközeg folyékony halmazállapotban igen változatosan és gazdaságosan alkalmazható, a zárt fűtési körökben felhasználását utolérhetetlenné teszi. Ugyanakkor a komfort célját szolgáló, valamint az úgynevezett lakossági-kommunális célú fűtéseknel (lakás, iroda, oktatási-, egészségügyi létesítmények, stb.) alkalmazása ma már szinte egyedülálló.

### 23.2. Gőzfűtések jellemzése

*A gőz hőhordozó előnyei:*

- kis hőtehetetlenség, gyors felfűtés;
- kisebb a fagyveszély lehetősége;
- a mérés a kondenzátum mennyiségének mérése révén aránylag egyszerűen és pontosan megoldható;
- a fűtési rendszer aránylag olcsó.

*A gőz hőhordozó fűtéstechnikai alkalmazásának hátrányai:*

- a központi szabályozás megoldhatatlansága, szinte állandó túlfűtés, és energiapazarló üzem;
- a nagy felületi hőmérséklet miatt porlerakódás jelentkezik a fűtőfelületeken, kedvezőtlen a közérzet és higiéniaiag kísérték a megoldás;
- a nagy felületi hőmérsékletek miatt nagy a hőveszteség azokban a helyiségekben, ahol fűtésre nincs szükség;
- korrózióveszély jelentkezik a szükségszerűen légtelenítendő kondenzvezetékek miatt;
- acéllemez fűtőtesteket nem lehet alkalmazni, öntöttvas radiátorok, illetve fűtőtestek alkalmazására van szükség, emiatt a rendszer nagykiterjedésű és súlyos;
- a fűtési rendszernek ügyszólván nincs tehetetlensége, igen hamar kihűl;
- gyakran kényszerülünk mély pincék és alagsorok létesítésére annak érdekében, hogy a fűtési rendszert megfelelően kialakíthassuk [10], [11], [30], [44], [51].

Mindezek miatt a gőzfűtések eredeti, kizárólagos és klasszikus formájukban komfort célokra már nem is alkalmazzák. Ma már új gőzfűtést csak a következő esetekben létesítünk:

- időlegesen, vagy szakaszosan használt helyiségekben, célszerű fűtőtestekkel (mint például vásárterületek csarnokai, vagy kiállítótermek, különösen abban az esetben, ha az időszaki használat miatt fagyveszély is jelentkezik),
- nagykonyhák, mosodák, és egyéb technológiák esetében, ahol a fűtésen túl egyéb célokra csak gőzt lehet alkalmazni,
- általában ipari, vagy mezőgazdasági csarnokokban.

Hangsúlyozzuk tehát, hogy nagyméretű ipari és mezőgazdasági csarnokok szakaszos és ideiglenes, általában nem komfort célú fűtésére, gyümölcsök és főzelékek konzerválására, autógumik vulkanizálására, benzinnek a nyersolajból való előállítására, textil- papír- bőripari technológiákhoz, mosodákhoz és ipari méretű vasaláshoz, továbbá turbina- és szivattyú hajtáshoz és még egy sereg célra a gőz a modern technika, a civilizált világ nélkülözhetetlen eleme.

### 23.3. Légfűtések jellemzése

A légfűtés ugyan energetikai szempontból nem előnyös és általában meglehetősen nagy a helyigénye, mégis számos technikai-felhasználási indok van az alkalmazásra. Ezek közül felsorolásra érdemesek az alábbiak:

- Természetesen igen sok ipari és mezőgazdasági folyamat, de az egészségügyi létesítmények előírásai, és számos egyéb technológia is igényli az állandó frisslevegő ellátást. Ha pedig a frisslevegő ellátásra szükség van, akkor a légfűtés bizonyos, legalább részleges alkalmazása már nem lehet vitatható.

- Olyan zárt terekben, ahol a fajlagos hőveszteség aránylag nagymértékű, az embert körülvevő tér aránylag kicsi és szűk, és gyors felfűtésre van szükség, gyakran nincs más megoldás, mint a légfűtés alkalmazása. Tipikus példa erre a járművek fűtése.
- Gyakran van szükségünk olyan olcsó, gyorsan szerelhető, fagyveszélymentes, és gyors felfűtést biztosító fűtési eljárásokra, melyek szakaszosan és ideiglenesen is működtethetők. Gondoljunk például a ma olyan divatos, felfújható sátrakkal betakart sportpályákra.
- Azon éghajlatok alatt, ahol a nyári klimatizálás messze fontosabb, mint a téli fűtés (trópusi jellegű, valamint forró és száraz éghajlatok), a kismértékű téli fűtést ugyanazon légtechnikai rendszerrel oldják meg, mint a nyári hűtést. Általában a klimatizálás jelenléte és szükségessége természetesen jelentheti azt az egyszerűsítést, hogy ugyanazon rendszerrel légfűtésre is használjuk, még akkor is, ha ez a tisztán fűtéstechikai szempontok szerint nem kedvező megoldás [45], [46].

Ez a felsorolás azt mutatja, hogy

- egyfelől ma is megvan a légfűtések területe, és létjogosultsága, s ez a jövőben is megmarad, csak bizonyos fűtéstechikai tapasztalatra, elemző- és összehasonlító készségre, energetikai és gazdaságossági vizsgálatokra van szükség ahhoz, hogy megfelelő helyre válasszuk meg, és megfelelően alkalmazzuk ezt a megoldást [10], [56].
- másfelől kiegészítésképpen sugárzó, vagy részben sugárzó fűtésekkel együtt is működhet légfűtés, pl. oly módon, hogy a frisslevegő ellátást lég-, a hőveszteség pótlását pedig egyéb fűtéssel oldjuk meg.

A következőkben rendre tárgyaljuk a vízfűtések, gőzfűtések és légfűtések különféle kérdéseit és eseteit.

## Irodalom

A 23–35. fejezetek irodalomjegyzékét lásd egyesítve a 35. fejezet után!

## 24. Gravitációs melegvízfűtések

A melegvízfűtések alapvetően aszerint csoportosítjuk, hogy mi is a fűtővíz áramlásának, keringésének hajtóereje. E szerint megkülönböztetünk:

- gravitációs és
- szivattyús fűtések.

Meg kell jegyeznünk, hogy ma már úgyszólván kizárólag szivattyús fűtések létesítenek. Könyvünkben azonban mégsem nélkülözhetjük a gravitációs fűtések tárgyalását, mert:

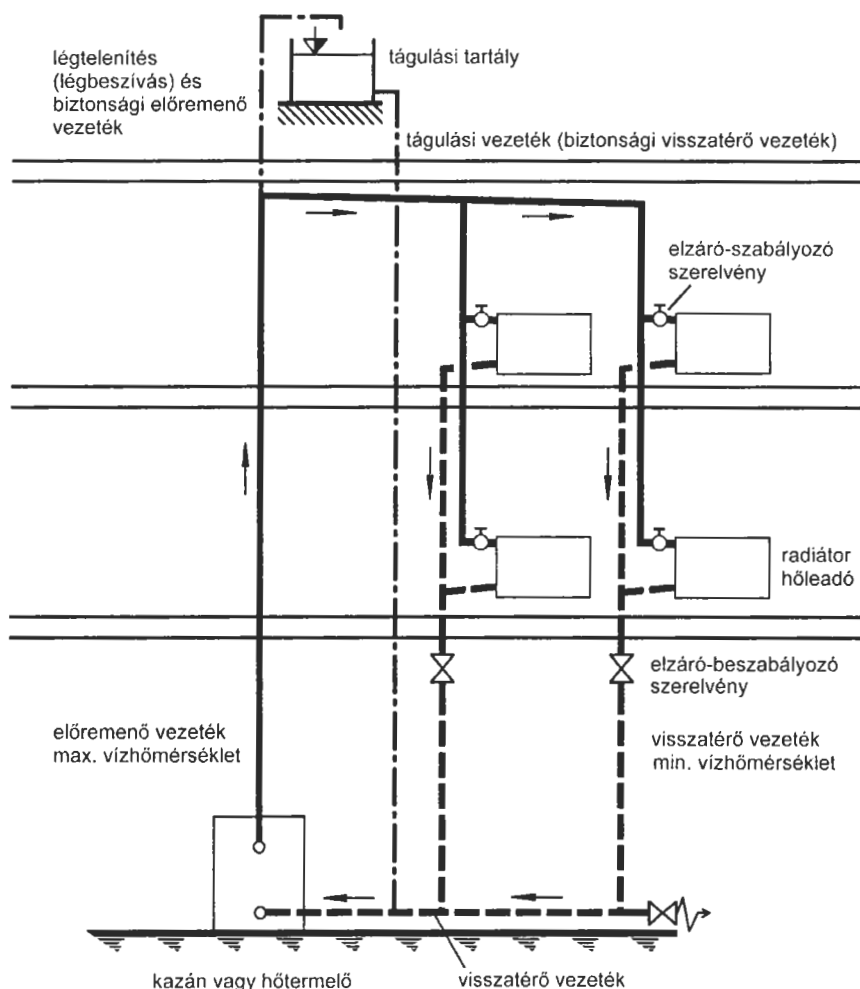
- a történelmi fejlődés során a gravitációs fűtések megelőzték a szivattyús fűtések, és értenünk kell a meglévő rendszerekhez is,
- egyszerűségük miatt sok kialakítási és működési kérdés bemutatására és magyarázatára mód és alkalom nyílik, ezek birtokában sokkal könnyebb a korszerű, bonyolult fűtések megértése,
- a gravitációs fűtéseknel tárgyalt jelenségek sora a víz fizikai tulajdonságaiból következik, tehát szivattyús fűtéseknel is észlelhető és számbaveendő.

Itt jegyezzük meg, hogy az épületgépészet és ezen belül a *fűtéstechnika* sajátos rajzi nyelvvvel rendelkezik és *sajátos ábrázolási módot igényel*. Ez a kifejezési eszközrendszer országonként kissé változik, és a komputeres rajzolás is sok módosítást hozott e téren az utóbbi időben. A rajzi kérdések részletes tárgyalására e könyvben nincs helyünk, de arra törekszünk, hogy az adott jelölési rendszerrel minél jobban megértessük a jelenségeket. A **24.1/a ábra** egyben egy gravitációs fűtés alapvető alkotóelemeit és a főbb kifejezéseket is tartalmazza.

### 24.1. A működés elve, hátrányok és előnyök

Nézzük most a **24.1/b ábrát**, ahol azonnal látjuk, hogy kizárólag hőtermelőből, csővezeték-ből és hőleadókból nem lehet fűtési rendszert építeni. A fűtési rendszert ugyanis:

- fel kell tölteni, és le kell üríteni,
- a töltéskor az előzőleg a rendszerbe zárt levegőt el kell távolítani,



24.1/a ábra. A gravitációs fűtési rendszer elemei

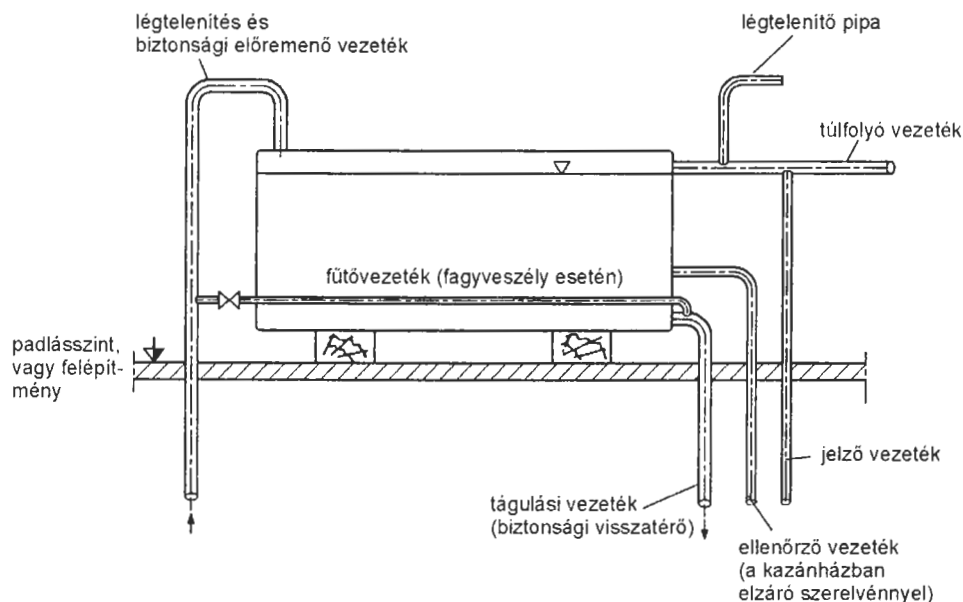
- üritéskor biztosítani kell azt, hogy a rendszerbe levegő juthasson a távozó víz helyére,
- a töltés-ürítés biztosítására a vezetékeket enyhe lejtéssel kell szerelni,
- ha a feltöltött berendezésben a vizet melegíteni kezdjük, akkor biztosítanunk kell azt, hogy a felmelegedett víz megváltozott térfogatát felfogjuk és tároljuk,
- az e célra alkalmazott, nyitott, úgynevezett tágulási tartály beépítése azt is maga után vonja, hogy ezekben a fűtési rendszerekben maximálisan  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$  lehet az előremenő hőmérséklet.

### 24.1.1. A tágulási tartály, a vízfűtések nélkülözhetetlen eleme

A vízközegű fűtési rendszerek nélkülözhetetlen eleme a tágulási tartály. Elsődleges feladata a rendszerben lévő víz térfogatváltozásának felvétele, valamint a kazán és a teljes rendszer biztosítása. Védi a berendezést a túlnyomás, és nyitott rendszer esetén a kiégés ellen. Víztartálékot képez a rendszer számára, így alkalmas az üzemelés során fellépő, korlátozott mennyiségű vízvesztesség pótlására, továbbá megakadályozza, hogy gőzölgés a rendszer legmagasabb pontján bekövetkezzék. Bekötési helye meghatározza a rendszerek állandó, üzemszüneti nyomású pontját.

A jelen fejezetünkben tárgyalt, hagyományos rendszerek még kizárólag nyitott tágulási tartállyal készültek, és úgynevezett nyitott rendszerek voltak.

Nyitott vízfűtésről beszélünk, ha a rendszernek van egy olyan pontja, mely a légkörrel érintkezik. Ez a hely általában a tágulási tartály helye. A nyitott tágulási tartályt a rendszer legmagasabb pontja fölé kell helyezni. Ez azt is jelentheti, hogy adott esetben az épület fűtetlen padlásterében kerül elhelyezésre, így a szigeteléséről és/vagy fűtéséről gondoskodni kell. A tartályt és a hozzá tartozó vezetékeket részletesen a **24.1/b ábra** szemlélteti. Itt említjük meg, hogy kötetünk 21. számú fejezetében csak a fűtéstechnika legáltalánosabban használt szerkezeti elemeit ismertettük. A speciális szerelvények tárgyalása az alkalmazással együtt kerül sorra, ezért foglalkozunk itt a nyitott tágulási tartállyal. A tartály csatlakoztatását a későbbi, 24.4. és 24.5. ábrsorozat, valamint a 25.8., 25.9., 25.11., 25.12., 25.13. és 25.14. ábra mutatja.



24.1/b ábra. Nyitott tágulási tartály és csatlakozásai



A gravitációs fűtési rendszer úgy működik, hogy a kazánban felmelegített víz a csővezetékben kisebb, a hőleadókban nagyobb mértékben lehül, lehülése során sűrűsége megváltozik, és a sűrűségkülönbségből keletkező felhajtóerő legyőzi a cső súrlódási és alaki ellenállását, és így a fűtővíz mindaddig folytatja körforgását, ameddig a kazánban fenntartjuk a tüzelést és melegítjük a vizet. Az előnyök és hátrányok sora pontosan ebből a működésből fakad. Ezek felsorolása előtt azonban a következőket kell jól megértenünk: a nyitott tágulási tartály megszabja az alkalmazható maximális víz hőmérsékletet, hiszen  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$  felett fennáll az elgőzölgés veszélye. A  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$  hőmérsékletű víz sűrűsége:  $978\text{ kg/m}^3$ . Ahhoz, hogy a gravitációs hatásos nyomás a gyakorlatban alkalmazható és elfogadható csőméretek mellett elegendő legyen a súrlódási és ütközési ellenállások fedezésére, a víznek legalább  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra le kell hűlnie (a  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  hőmérsékletű víz sűrűsége  $965\text{ kg/m}^3$ ). Így kapunk minden  $1\text{ m}$  magasságon kb.  $130\text{ Pa}$  nyomást, amely mellett még elfogadható sebességgel és átmérővel tervezhetjük a fűtési rendszert. Ez az egyik oka annak, hogy a vízfűtések oly soká uralkodó módon  $90/70\text{ }^{\circ}\text{C}$  előremenő-visszatérő hőmérséklettel készültek. Tekintve, hogy a gravitációs fűtés ma divatjamúltnak számít, a hátrányok sorolásával kezdjük a jellemzést.

A gravitációs fűtések hátrányai:

- rossz a szabályozási lehetőség, ezért a korszerű gáz- és olajtüzelésekkel nem működtethetők eléggé ésszerűen;
- a kis hatásos nyomás miatt egyfelől korszerű hőcserélőre nem kapcsolható, és emiatt távfűtéssel nem működtethető;
- másfelől nagy csőkeresztmetszetekre van szükség, ezért nehéz és drága; valamint nagy a csövek hővesztesége, és ez a veszteség nem mindig hasznosítható;
- a csővezetés nyomvonalra és helye erősen behatárolt.

Mindezek miatt ma alig-alig fordul már elő, hogy gravitációs fűtések terveznénk. Amilyen elavultnak tűnt a múlt század harmincas-negyvenes éveiben az, hogy minden egyes helyiségben külön-külön kályhákat helyezünk el, és minden helyiséghez külön kémény tartozzék, olyan elképzelhetetlen ma az számunkra, hogy a korszerű építőanyagok felhasználásával épülő, nagykiterjedésű, sokfunkciós, korszerű épületeket gravitációs fűtéssel lássunk el. Mai szemünkkel egy szén- vagy koksztüzelésű kazánteaggal működő gravitációs fűtési rendszer éppenúgy múzeumi jellegű fűtés, mint a kastélyok kandallói és díszes kályhái. Van azonban egy döntő különbség a tanulmányok szempontjából. Nevezetesen az, hogy *a gravitáció, mint jelenség* a szivattyús fűtésekénél is fennáll, és az, hogy a szivattyús fűtések különféle rész megoldásai a gravitációs fűtésekéből szervesen fejlődtek. Emiatt sok elemet, megoldást érdemes megtanulnunk, hogy eredeti működését ismerve értékeljük a gravitációs fűtések szerepét a ma is elfogadott szivattyús rendszerekben.

A gravitációs fűtés igazi előnye az tehát, hogy átmenetet alkotott az egyedi- és a központi fűtés között úgy, hogy nem volt szükség állandóan a villamos energiára, és hogy áthidalta azt az időszakot, amikor sem korszerű szivattyúk, sem a szivattyúk karbantartásához szükséges szakképzett kezelőszemélyzet nem állt még rendelkezésre.

Meg kell még említenünk, hogy a gravitációs fűtések sorában kiemelkedő szerepet kapott az egy-egy lakás fűtését szolgáló, úgynevezett *etázsűtés* (a francia „etage” szóból eredően, mely emeletet jelent), ahol egyszerűsége, és az, hogy nem igényelt szakszerű kezelést, soká nagyon kedvelté tette. Ez az a terület, ahol a gravitációs fűtések alkalmazása ma is indokolt lehet.

## 24.2. A gravitációs felhajtóerő és a gravitációs nyomásdiagram

Képzeljük el a 24.2. ábrán bemutatott stilizált fűtési rendszert. A rendszer egyes szakaszait magasságuk szerint beméreteztük. A víz hőmérséklete, és ezzel sűrűsége folyamatosan változik a csövek mentén, azaz

$$\rho = \rho(h)$$

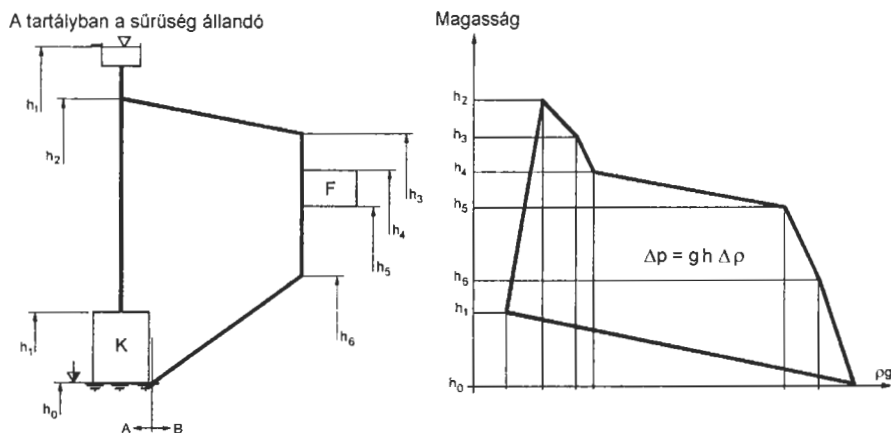
A változó sűrűségű vízoszlop nyomását a *Bernoulli tétel*ből nyert (ld. „Alapismeretek” kötet „Áramlástechnika” c. fejezet (3.11.) és (3.12.) összefüggés)

$$\Delta p = g \int \rho(h) dh \quad (24.1.)$$

összefüggésből számíthatjuk ki.

Válasszuk ki a rendszer legmélyebben fekvő pontját, és írjuk fel e pont bal illetve jobb oldalán a vízoszlopok nyomásának különbségét:

$$\Delta p = p_A - p_B \quad (24.2.)$$



24.2. ábra. A gravitációs felhajtóerő elvi ábrázolása [5]

Fejtsük ki most már a (23.1.) összefüggés mintájára  $p_A$  és  $p_B$  értékét

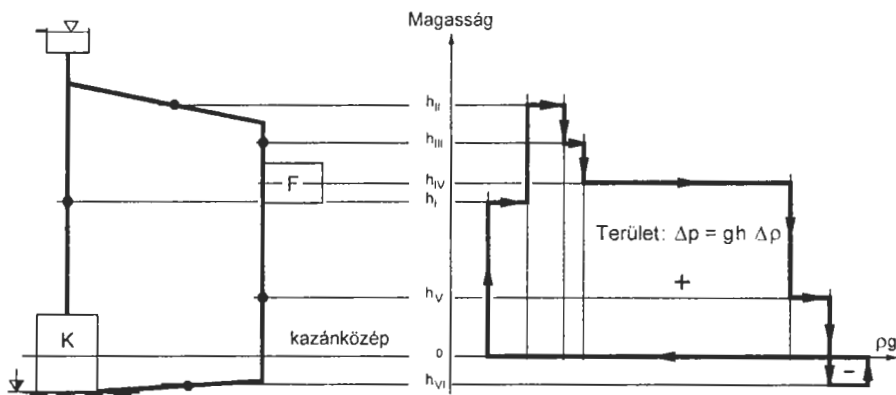
$$p_A = g \int_{h_0}^{h_I} \rho(h) dh + g \int_{h_I}^{h_2} \rho(h) dh + g(h_I - h_2) \rho_t \quad (24.3.)$$

$$p_B = g \int_{h_0}^{h_6} \rho(h) dh + g \int_{h_6}^{h_5} \rho(h) dh + g \int_{h_5}^{h_4} \rho(h) dh + \\ + g \int_{h_4}^{h_3} \rho(h) dh + g \int_{h_3}^{h_2} \rho(h) dh + g(h_I - h_2) \rho_t \quad (24.4.)$$

Emlékezzünk vissza az integrálási határok megváltoztatásának szabályára, melynek eredménye azonos azzal, mintha az egész összefüggés negatív értékét vennénk figyelembe. Helyettesítsük be a (24.3.) és (24.4.) összefüggést a (24.2.) összefüggésbe és kapjuk:

$$\Delta p = p_A - p_B = g \left[ \int_{h_0}^{h_I} \rho(h) dh + \int_{h_I}^{h_2} \rho(h) dh + \int_{h_2}^{h_3} \rho(h) dh + \int_{h_3}^{h_4} \rho(h) dh + \right. \\ \left. + \int_{h_4}^{h_5} \rho(h) dh + \int_{h_5}^{h_6} \rho(h) dh + \int_{h_6}^{h_0} \rho(h) dh \right] = g \oint \rho(h) dh \quad (24.5.)$$

A fűtéstechnikai gyakorlatban ezt az összefüggést úgy alkalmazzuk, hogy a lehűléssel járó sűrűségváltozást az egyes csőszakaszok magasságának geometriai közepébe koncentráljuk. Ezt a geometriai középpontot a kazán középvonalától számítva mérjük, ami azt jelenti, hogy a felmelegedést a kazán középvonalában képzeljük el. Így kapjuk a 24.3. egyszerűsített ábrát.



24.3. ábra. A gravitációs felhajtóerő ábrázolása a gyakorlatban [51]

A negatív terület értelemszerűen azt jelenti, hogy a visszatérő vezeték a kazán középvonala alatt helyezkedik el. A kazánban a víz melegszik, tehát a sűrűség csökken, és így visszajutunk a kiindulási ponthoz, azaz az ábrán az origóhoz. Az ábrán jól látható, hogy az egész fűtési kör nyomása az egyes szakaszokon keletkező nyomásokat ábrázoló téglalapok területének összegeként határozható meg. Ebben a felfogásban tehát a körintegrált egyszerűen szummával, azaz a téglalapok geometriai összegével helyettesítjük:

$$\Delta p = \sum_{i=1}^n g h_i \Delta \rho_i \quad (24.6.)$$

Vezessük be a fajlagos sűrűségváltozás, azaz az  $IK$  hőmérséklet megváltozásához tartozó sűrűségváltozás fogalmát.

$$\varepsilon = \frac{\Delta \rho}{\Delta t} \quad (24.7.)$$

Ez az érték a hőmérséklet függvénye, de ahogyan majd még a méretezés ismertetésénél látjuk, hőmérséklettartományonként jó közelítéssel állandónak tekinthetjük. A (24.7.) összefüggésben  $\Delta t$  értéke az egy-egy fűtési csőszakaszon létrejövő hőmérsékletváltozás. Így a felhajtó erőt, vagy más néven hatásos nyomást a

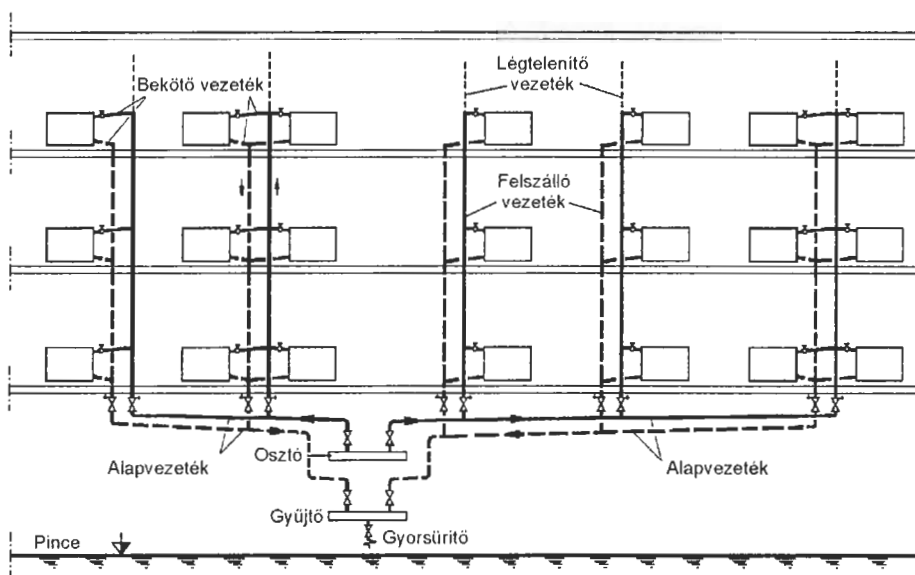
$$\Delta p = \sum_{i=1}^n g \varepsilon_i h_i \Delta t_i \quad (24.8.)$$

összefüggéssel számíthatjuk, és ezt az összefüggést alkalmazzuk a gyakorlati számításoknál.

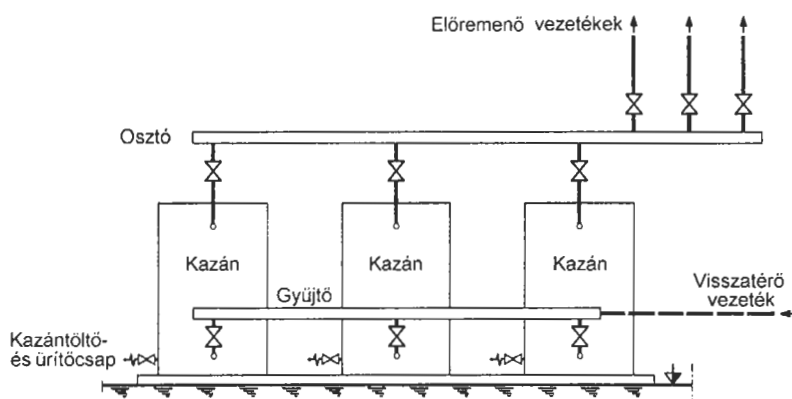
## 24.3. Gravitációs fűtések kialakítása

A **24.4. ábrásozat** azt szolgálja, hogy jól megértsük a gravitációs fűtésekkel kapcsolatos fogalmakat. A gravitációs fűtések kialakításához tartozó szakkifejezéseket a **24.4/a ábrán** mutatjuk be. Mivel a központi fűtések története a gravitációs fűtésekkel kezdődött, ugyanezen kifejezéseket használhatjuk a mai, korszerű rendszerekben is.

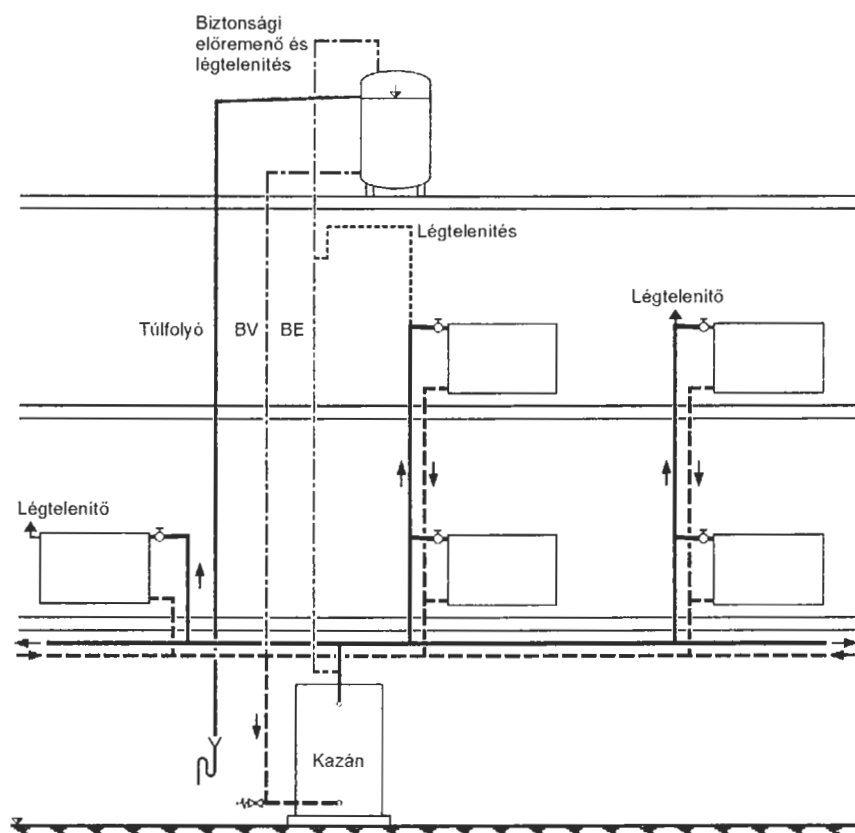
Ahogy ezt már említettük, a fűtőberendezéseket *elsősorban fel kell tölteni, és termésként le is kell üríteni*. A feltöltéskor az előzőleg a rendszerbe zárt levegőt el kell távolítani, ürítéskor pedig biztosítani kell azt, hogy a rendszerbe levegő juthasson a távozó víz helyére. A **24.4/b ábrán** bemutatott rendszeren látjuk, hogy egyfelől kazánonként alkalmaznak egy-egy kisméretű töltő- és ürítőcsapot, mely a kazán töltés-ürítésére szolgál. A teljes rendszert az úgynevezett gyorsürítőn át töltik-ürítik, ehhez a vezetékeket enyhe lejtéssel kell szerelni. A légtelenítést a biztonsági előremenő vezeték segítségével, központi légvezetékkel és légszakkal, vagy egyedi légtelenítőkkel lehet megoldani. (**24.4/c ábra**)



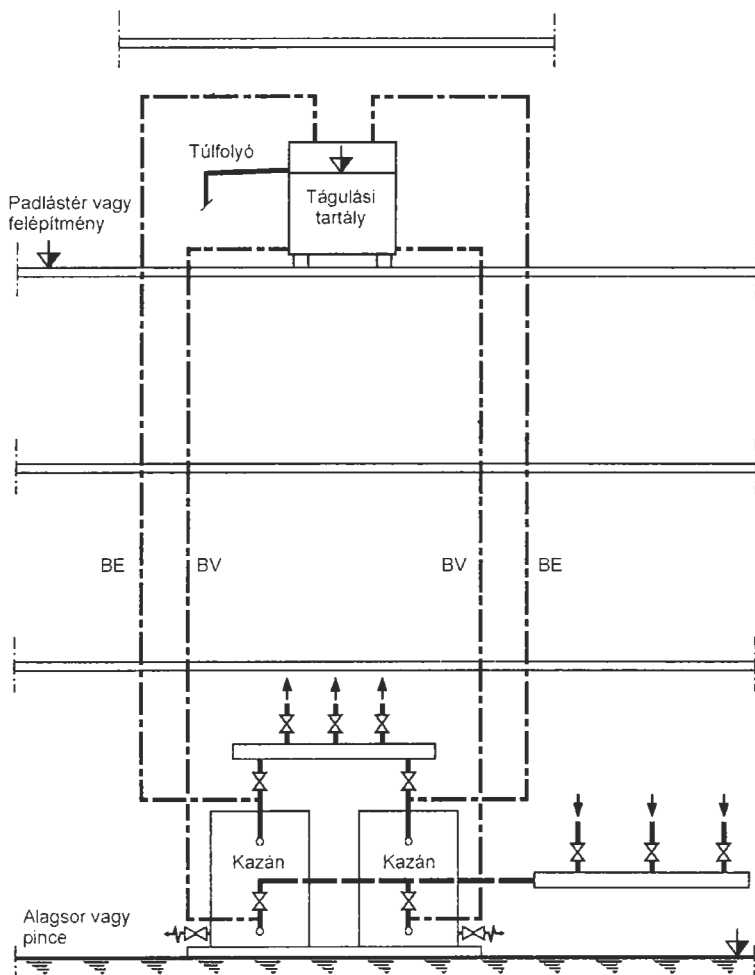
24.4/a ábra. A fűtési vezetékek elnevezése



24.4/b ábra. Több kazán töltése, ürítése



24.4/c ábra. Légtelenítési módok



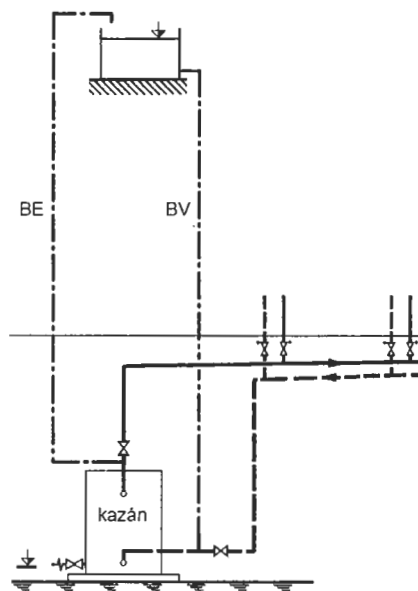
24.4/d ábra. Biztonsági vezetékek szakkifejezése, és elrendezése [51]

Itt és a következő ábrákon: BE – biztonsági előremenő; BV – biztonsági visszatérő (tágulási vezeték)

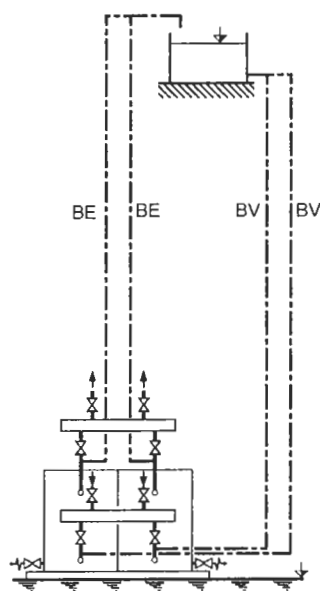
*Másodsorban meg kell oldanunk a biztosítást.* Ez azt jelenti, hogy biztosítanunk kell a víz szabad tágulását, a tágult víztérfogatot tárolnunk kell. Ha a felfűtéskor esetleg gőz keletkezne, annak a kazánvíz, illetőleg a tágulási tartályban tárolt víz kiszorítása nélkül kell eltávoznia; biztosítani kell, hogy ha a kazánból víz távozik el, az eltávozott vizet a visszatérő csonton át pótoljuk. A tágulás és a biztosítás így vázolt feladatkörét a gravitációs fűtésnél a nyitott tágulási tartály, a csatlakozó tágulási (biztonsági visszatérő) vezeték és a biztonsági előremenő vezetékrendszer oldja meg.

Amennyiben a fűtési rendszert több kazánról látjuk el, természetesen minden egyes kazánszerkezetet egyenként, és a kazánok együttes üzemét is azonos módon kell biztosítani. A folytonos üzem fenntartása érdekében az esetleg sérült kazánokat az üzemből ki kell iktatni,

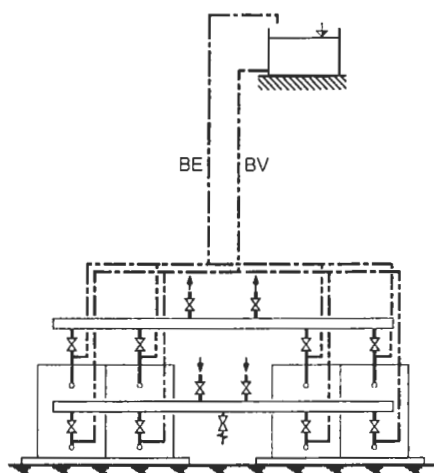
és ennek javítása-karbantartása alatt a többi kazánnal az üzemet fenn kell tartani. A **24.5. ábraszorozat**, azaz a **24.5/a, 24.5/b, 24.5/c és 24.5/d ábra** a hajdani gravitációs rendszerek szokásos biztosítási megoldásait mutatja. Azért ábrázoltuk ezeket a ma már egyáltalán nem, vagy alig-alig, elvétve alkalmazott kapcsolásokat, hogy ha találkozunk velük valahol, felismerjük az alkotóelemeket, vagy a javítással-karbantartással foglalkozni tudjunk. Ugyanezen okok miatt ábrázoltuk a 24.1. ábrán a hagyományos táglulási tartályok szerelvényezését is.



24.5/a ábra. Egyetlen kazán biztosítása

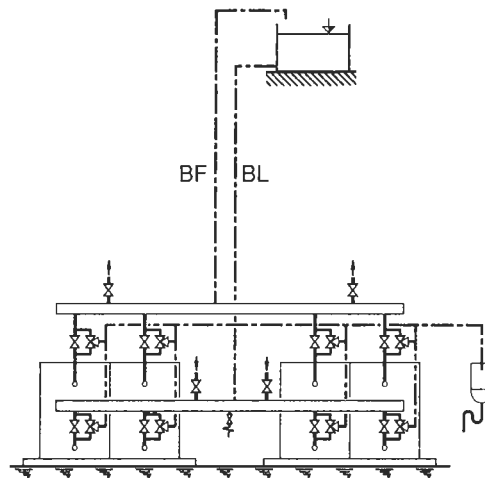


24.5/b ábra. Több kazán biztosítása kazánonként



24.5/c ábra. Több kazán biztosítása, a közös osztóig kazánonként



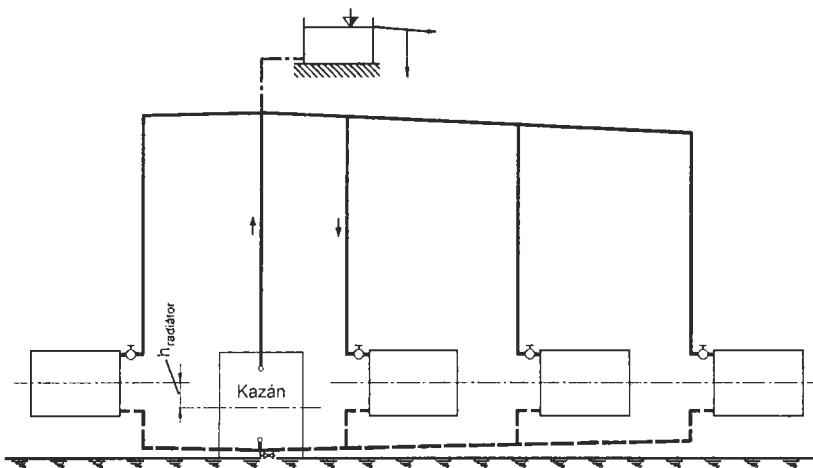


24.5/d ábra. Kazánbiztosítás váltószeleppel

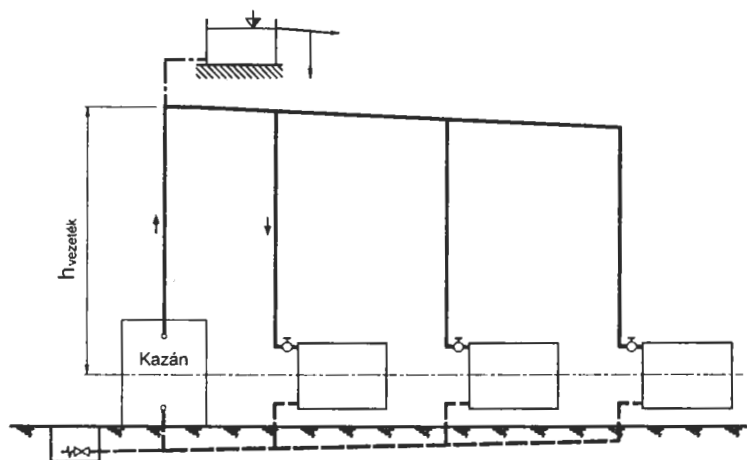
A gravitációs fűtések lehetnek:

- többszintes és egyszintes fűtések; értelemszerűen aszerint, hogy egyazon hőtermelőről hány szintet látunk el fűtéssel;
- alsó- és felsőelosztású fűtések; értelemszerűen aszerint, hogy az elosztóvezeték a legalsó szintű hőleadók alatt, vagy a legfelső szintű hőleadók felett helyezkedik el;
- egy- és kétsőves fűtések; értelemszerűen aszerint, hogy a felszállórendszer egy vagy két párhuzamos csőrendszerből áll-e.

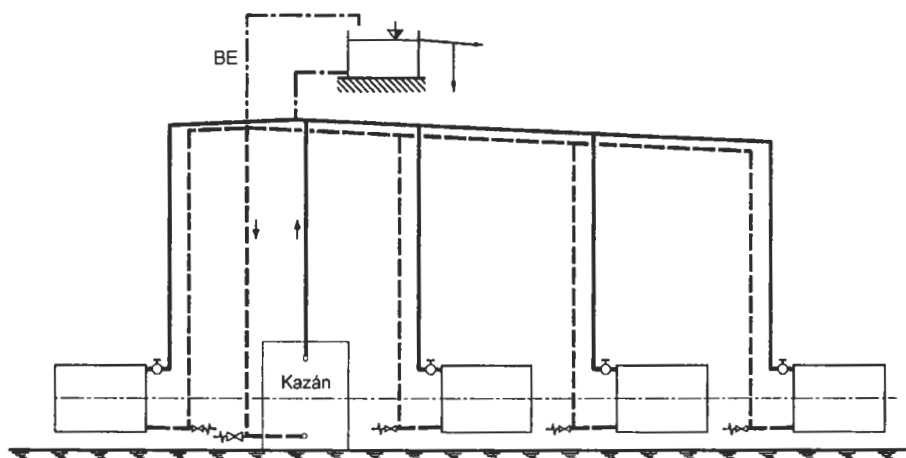
Ezekre mutatunk be példákat a 24.6., 24.7. és 24.8. ábrákon.



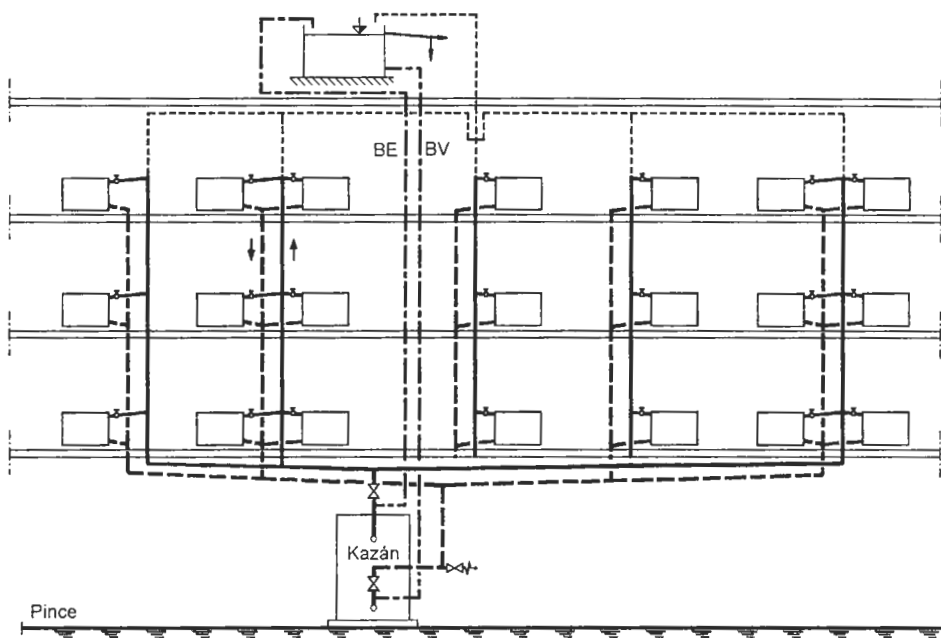
24.6/a ábra. Egyszintes fűtés, visszatérő vezeték a padlószint felett



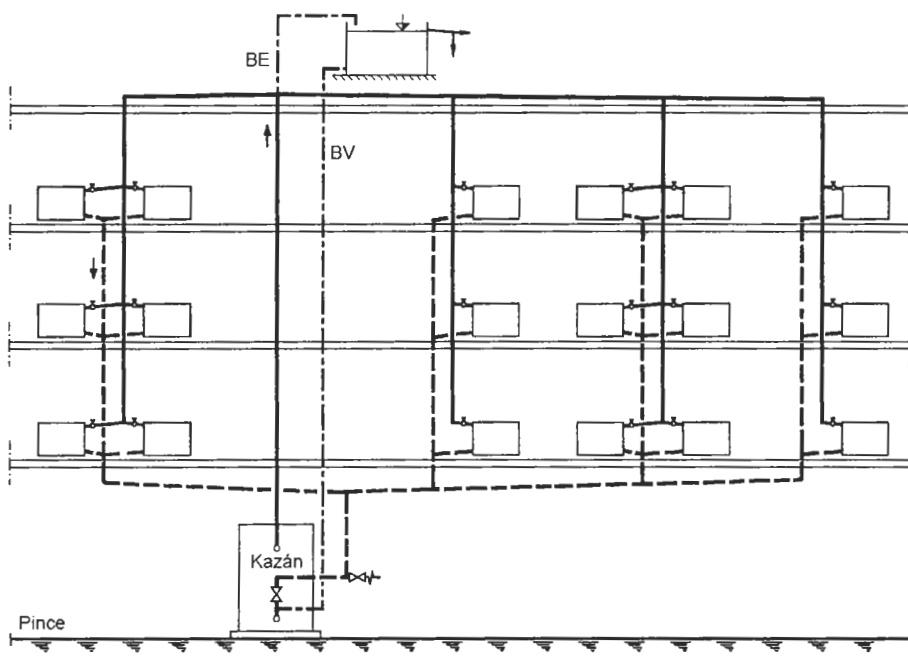
24.6/b ábra. Egyszintű fűtés, visszatérő vezeték a padlószint alatt



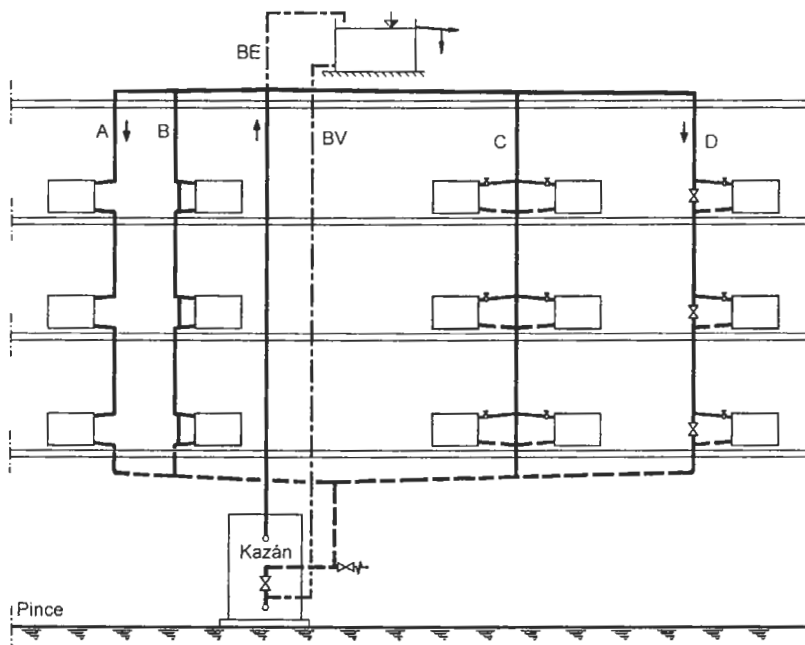
24.6/c ábra. Egyszintű fűtés, visszatérő vezeték magasan vezetve. („Szifon” kötés)



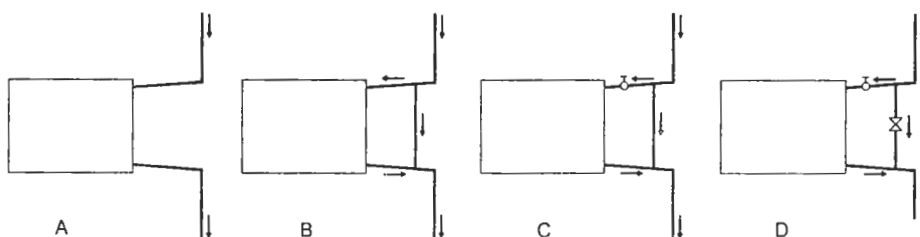
24.7/a ábra. Többszintes, alsóelosztású, kétsőves gravitációs fűtési rendszer



24.7/b ábra. Többszintes, felsőelosztású, kétsőves gravitációs fűtési rendszer



24.8/a ábra. Többszintes, egysíves gravitációs fűtési megoldások  
(az A, B, C, D, megoldást lásd a 24.8/b ábrán)



24.8/b ábra. Egysíves gravitációs fűtések radiátorkötései

A: átfolyós rendszer

B: felsőelosztású átkötőszakaszos rendszer

C: felsőelosztású átkötőszakaszos rendszer szabályozó szeleppel

D: szabályozó szelep az átkötőszakaszban

Térjünk át a szivattyús fűtések tárgyalására, és maradjunk az időbeni fejlődés követésénél, így előbb a hagyományos, majd sorra az egyre korszerűbb rendszereket mutatjuk be.

**Irodalom**

A 23–35. fejezetek irodalomjegyzékét lásd egyesítve a 35. fejezet után!

## 25. Szivattyús melegvízfűtések

### 25.1. A működés elve, hátrányok és előnyök

A gravitációs rendszer ismertetett hátrányai és kötöttségei, az építési megoldások változatlansága, az épületek terjedelme és az esztétikai követelmények miatt hamarosan tért hódított a szivattyús fűtés.

*A szivattyús fűtés előnyei:*

- csökkentett térfogatú rendszer, kisebb tehetetlenség;
- a központi és helyi szabályozás lehetősége, az előremenő- és visszatérő vezetékek közötti jó keverési lehetőség;
- olcsóbb csőrendszer a kisebb csőkeresztmetszetek miatt;
- kisebb hőveszteség a kisebb csőkeresztmetszetek miatt;
- a csővezetés teljes szabadsága, különös tekintettel a mai, korszerű csőrendszerekre.

*A szivattyús fűtés hátrányaként:*

- az esetleges áramkimaradás veszélyét,
- az energiafelhasználást és
- a nagyobb karbantartási igényt szokták emlegetni.

Ezek a hátrányok azonban mai felfogásunk szerint csak egyre szokásosabb, megoldandó feladatként jelölhetők meg, és azt is érdemes megemlítenünk, hogy a felsorolt előnyök mindinkább előtérbe kerülnek a különféle fejlett műanyag-réz- és egyéb kombinált csőrendszerek alkalmazásával, és azzal, hogy az acélcsőszerelés kiszorul a fűtéstechnikából.

### 25.2. Hydronika

A szivattyús melegvízfűtéseket a korszerű irodalom az úgynevezett „hydronika” keretében tárgyalja. Ez az új felfogás valamennyi víz közegű, szivattyúval hajtott rendszert egy közös fejezetbe foglal össze.

A víz ugyanis fűtési- és hűtési körökben egyaránt szerepel, így alkalmazási tartománya 4 °C-tól mintegy 240 °C-ig terjed, és fagyálló közegek adagolásával ez a tartomány fagyponthoz is bővíthető. A felső határ is inkább gazdasági, mint műszaki jellegű, ugyanis a nyomás növekedésével a szerelvények ára is igen gyorsan drágul. Ezekben a zárt rendszerekben a víz állandóan melegszik és hűl, más szóval hőt ad le, és hőt vesz fel. Ezenközben a rendszerben a hőhordozó vízközeg tömege állandó, víz a rendszerből nem távozik, nem használdik fel, és így hozzáadagolásra sincs szükség. A zárt körben keringő vizet tehát újra és újra felhasználjuk, és e rendszereket a legkorszerűbb irodalom *hydronikai rendszereknek* nevezi.\* Más szóval a zárt körben keringő vízrendszerek hidraulikai problémakörét felölelő új tudományág számára talált az angolszász irodalom új nevet: „*hydronika*” (azaz eredetileg angolul „*hydronics*”) [2], [28].

Az új tudományágat bevezető könyvek és egyéb szakmunkák nem titkolják, sőt fenn hirdetik, hogy a fűtési-hűtési tudományág mesterségekből nőtte ki magát, s hogy a rendszerek mai elterjedtsége, fejlettsége és rohamos fejlődése, gazdaságossági energiafelhasználási környezetvédelmi jelentősége miatt méretezésük és kialakításuk során már nem lehet a hajdani, tapasztalati és túlbiztosított méretezési eljárásokat, vizsgálati módszereket alkalmazni. A hydronika közös és mély elméleti alapokra helyezi a zárt körök vizsgálatát és méretezését és ezért értelemszerűen a víz fontos fizikai tulajdonságaival és az ezekhez kapcsolódó fizikai jelenségekkel kezdi a tárgyalást. Mi sajnós, ezt itt könyvünk szűk terjedelme miatt nem tehetjük meg, de felsoroljuk, hogy mely jellemzők átismétlésére van szükség korábbi tanulmányainkból ahhoz, hogy a továbbiakat gördülékenyen megérthessük.

Ezek:

- a víz hőmérséklete és a nyomás közötti fizikai összefüggések
- elgőzölgési jelenségek, kavitációs jelenségek, vízütési jelenségek és folyamatok;
- szivárgási jelenségek;
- a levegő és általában a gázok elnyelése;
- a hővezetés, a rétegződési és keveredési jelenség;
- a fajhő, a sűrűség és a viszkozitás és hőmérsékletfüggésük.

A hydronika korszerű tudományága a hőmérsékleti tartományok szerint csoportosítja a rendszereket az **25.1. táblázat** szerint.

Fejezetünkben az épületeken belüli fűtési megoldásokkal foglalkozunk, tehát általában 130 °C maximális hőmérsékletátlagig ismertetjük a rendszereket. Azt tartjuk egyrészt fontosnak, hogy olvasóink valamennyi hagyományos fűtéstechikai lehetőséggel és eljárással találkozzanak, azért, hogy jól kiismerjék magukat a meglévő berendezések és a ma élő valóság körében. Másrészt azonban nyújtani szeretnénk azt a tudományos igényességet és alaposágot, amivel a jövő fűtéseit kezelniük kell.

\* A szerző itt kénytelen volt az angolszász irodalomban használatos „*hydronic systems*” kifejezést magyarosítani.

Zárt, keringetett rendszerek csoportosítása a víz hőmérséklettartománya szerint

25.1. táblázat

Rendszer típusa	Rendszerjellemzők	Hőmérséklettartomány [°C]	A szakterület, ahol ez a zárt kör részletesen szöbakerül
Kis hőmérsékletű hűtés	Fagyvédők adagolásával	-18 – 4	Hűtéstechika, klímatechnika
Hűtés	Hűtőgépben előállítva	4 – 10	Hűtéstechika, klímatechnika
Hőkibocsátás	Hűtőtorony, kondenzátor	13 – 60	Hűtéstechika, klímatechnika
Kishőmérsékletű fűtések	Napenergia, hőszivattyú, hulladékhő-hasznosítás	38 – 50	Fűtéstechika – Alternatív energiahordozók
Melegvízfűtések	Hagyományos épületen belüli fűtések és használati melegvíztermelés	70 – 90	Fűtéstechika, Melegvízfűtések, Vízellátás-csatornázás
Forróvíz, mely még az épületen belül is alkalmazható	Különleges épületfűtések és használati melegvíztermelés	105 – 130	Fűtéstechika, Melegvízfűtések, Vízellátás-csatornázás
Forróvízfűtések	Távfűtési rendszerek	130 – 180	Fűtéstechika – Távfűtések
Nagyhőmérsékletű távfűtések	Különleges, nagytávolságú rendszerek	180 – 250	Fűtéstechika – Távfűtések

## 25.3. Központi fűtésben alkalmazott szivattyúk rövid jellemzése

A melegvízfűtések kialakításának rohamos fejlődése és a fejlődéssel együtt járó megváltozása természetesen szorosan összefügg az alkotóelemek folyamatos műszaki fejlesztésével, átalakulásával, az egyre újabb résztechnikák és technológiák alkalmazásával. A fűtési rendszerek tárgyalását meg is előzi az elemek ismertetése, de kötetünk 21. fejezetében csak a fűtéstechika legáltalánosabban alkalmazott szerelvényeivel foglalkoztunk, a szivattyúk tárgyalására így értelemszerűen jelen fejezetben kerül sor.

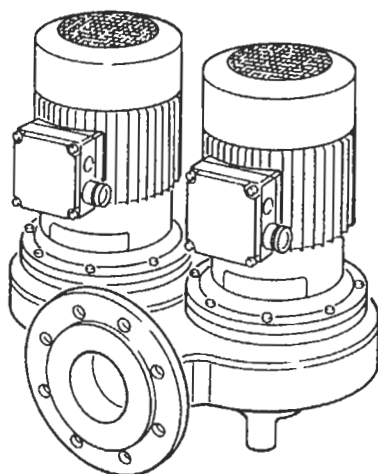
### 25.3.1. Szivattyúk rendeltetése és típusai

A szivattyú energiaátalakításra szolgáló munkagép, melynek alkalmazási célja az, hogy a folyadékot, esetünkben vizet, nyomás ellenében szállítsa, illetve keringesse.

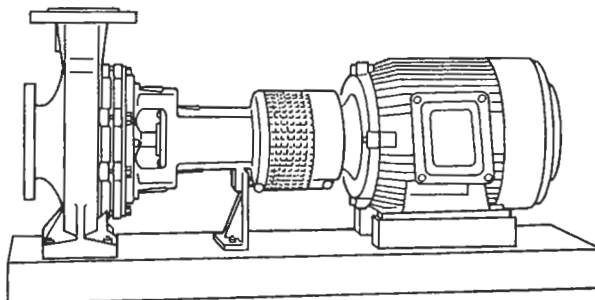
A szivattyúkat sokféleképpen osztályozzák. Ezek közül a korszerű központi fűtési technikában fontos számunkra az alak- és elrendezésfüggő osztályozás, mely szerint megkülönböztetünk:

- csővezetékbe építhető (idegen, de ma már nagyon elfogadott szóhasználattal élve: („inline”) szivattyúkat (**25.1. ábra**),
- ezek különféle párhuzamos és soros kötési változatait, melyek a gépészeti tartalékképzés és a szabályozás feltételrendszerének szolgálatát célozzák, és
- alapra épített szivattyúkat (**25.2. ábra**).





25.1. ábra. Csővezetékbe építhető szivattyú (Párhuzamosan kapcsolt 2 szivattyú)



25.2. ábra. Alapra épített szivattyú

Másik szerkezeti szempont

- a száraztengelyű- és
- nedvestengelyű szivattyúk megkülönböztetése.

Általában nagyobb teljesítmények esetén választunk száraztengelyű, majd alapra épített szivattyúkat, míg a szokványos teljesítmény tartományban a csővezetéki rendszerhez csatlakoztatott, nedves tengelyű szivattyúk használatosak. E téren adott esetben kiváló eligazítást nyújt a nagyhírű szivattyúgyárak részletesen kidolgozott katalógusainak sora [64].

## 25.2. Legfontosabb általános jellemzők

A szivattyúk legfontosabb jellemzői az alábbiak:

- Szállított térfogatáram:  $\dot{V}$
- Manometrikus szállítási, vagy emelőmagasság:  $H$ , vagy  $\Delta p$
- Az elméleti, és a tengelyen mért teljesítmény:  $P$

A szállítási, vagy emelőmagasság elvileg három részből áll:

- geodetikus magasságkülönbség:  $\Delta Z$
- a nyomócsonton, illetve a szívócsonton mért statikus nyomásvesztés:  $p_{stat}$
- a folyadék áramlási sebességéből eredő dinamikus nyomások különbsége a nyomó, illetve a szívócsontokban:  $\frac{\Delta w^2}{2} \rho$

A nyomásvesztés a csővezetékben a súrlódási és az ütközési hányadból tevődik össze:

$$Veszt = \left( \lambda \frac{\ell}{d} + \sum \xi \right) \frac{w^2}{2} \rho \quad (25.1.)$$

és így a szükséges emelőmagasság:

$$H = \Delta p = \Delta Z + \Delta p_{stat} + \frac{\Delta w^2}{2} \rho + Veszt \quad (25.2.)$$

A fűtési rendszerekben alkalmazott *keringető-szivattyúk* esetében a három első tényező nulla, és így összegük is általában nulla, s így a szükséges emelőmagasság a csővezetéki veszteség fedezésére szolgál, azaz:

$$\Delta H = \Delta p = Veszt \quad (25.3.)$$

Meg kell említenünk az elgőzölgést megakadályozó nyomást is:  $\Delta H_H = \Delta p_H$ , melyet ismét az egyre terjedő angolszász irodalom miatt gyakran illetnek az NPSH jelöléssel\*.

Ez a nyomás akadályozza meg azt, hogy a kavitáció jelensége fellépjen.

A szállított térfogatáram és az emelőmagasság határozza meg az elméleti teljesítmény értékét:

$$P = \dot{V} \cdot H \quad (25.4.)$$

A tengelyen mért teljesítmény meghatározásánál figyelembe vesszük a hatásfokot:

$$P_t = \dot{V} \frac{H}{\eta} \quad (25.5.)$$

\* Ez a mozaikszó a „Net Positive Suction Head” szavak kezdőbetűiből tevődik össze. A hasonló mozaikszavak elterjedőben vannak. Ismeretük fontos, de magunk használjuk a szép, magyar kifejezéseket!

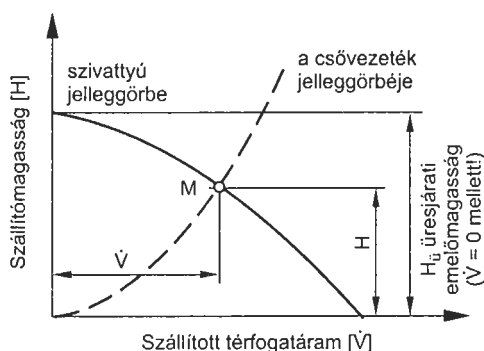
A szivattyúk hatásfoka elvileg három részből tevődik össze, és így hidraulikus, volumetrikus és mechanikai hatásfokról beszélünk. A hatásfok sok tényező függvénye és ma már nagyon változó, az  $\eta$  értéke:

- régebbi típusú és kis szivattyúknál 0,4 és 0,6 között,
- közepes szivattyúknál 0,6 és 0,75 között és
- új típusú és nagy szivattyúknál 0,75 és 0,85 között mozog.

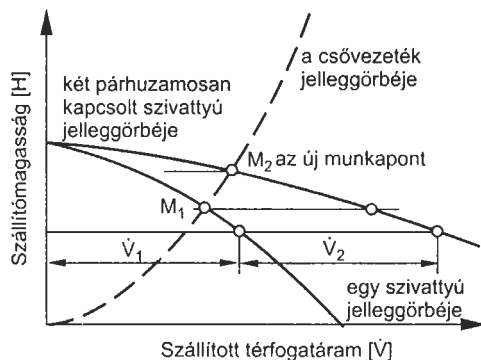
### 25.3.3. A jelleggörbék

A szivattyúüzem legfontosabb jellemzője az úgynevezett jelleggörbe. Ennek meghatározása méréssel lehetséges, amikor is állandó fordulatszám mellett megállapítják a szállítómagasság és a szállított térfogatáram összefüggését. A csővezeték jelleggörbéje értelemszerűen parabola. A parabola a jelen tárgyalás alapján képező, zárt kört alkotó *fűtési rendszerek esetében az origóból indul*. A két jelleggörbe metszéspontja a *munkapont* (25.3. ábra).

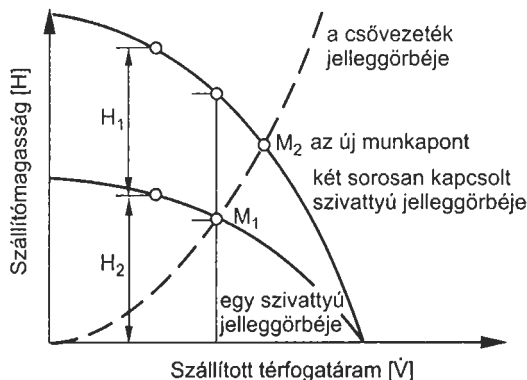
A jelleggörbék adnak módot a párhuzamosan és sorosan kapcsolt szivattyúk működésének vizsgálatára is (25.4., 25.5. ábra).



25.3. ábra. Szivattyú és csővezeték jelleggörbéje



25.4. ábra. Párhuzamos kapcsolás



25.5. ábra. Soros kapcsolás

### 25.3.4. Az affinitási törvények

Ismételjük át azt az „Alapismeretek” kötet „Áramlástechnika” c. fejezetében bevezetett, és a méretezési fejezetben még majd sokszor emlegetett törvényszerűséget, hogy általánosságban a csővezeték nyomásesése az átáramló térfogatáram négyzetével arányos:

$$\frac{\Delta p_1}{\Delta p_2} = \left( \frac{\dot{V}_1}{\dot{V}_2} \right)^2 \quad (25.6.)$$

E tényből két jellemzőt határozhatunk meg:

a csővezetéki jellemzőt:  $k_{cső} = \frac{\Delta p}{\dot{V}^2}$

és a szivattyújellelmezőt:  $k_v = \frac{\dot{V}}{\sqrt{\Delta p}}$

Észre kell vennünk, hogy a felírt  $k_v$  érték hasonló ahhoz az értékhez, amivel a szabályozószelepek esetében már találkoztunk (ld. kötetünk „Csővezetékek és szerelvények” c. fejezete). Ezek szerint a  $k_v$  érték az a jellemző, mely megmutatja, hogy mennyi az átáramló térfogatáram akkor, amikor a nyomásesés értéke éppen  $\Delta p = 10^5$  Pa azaz 1,0 bar. Így a szivattyúkat a szabályozószelepekhez hasonlóan értékelhetjük.

Meglehetősen nagy közelítéssel minden szivattyúra érvényesek a következő, úgynevezett affinitási, vagy más néven arányossági törvények:

– a szállított térfogatáram arányos a fordulatszámmal, azaz:

$$\frac{\dot{V}_1}{\dot{V}_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (25.7.)$$

– az emelőmagasság arányos a fordulatszám négyzetével, azaz:

$$\frac{\Delta p_1}{\Delta p_2} = \left( \frac{n_1}{n_2} \right)^2$$

– a teljesítmény arányos a fordulatszám harmadik hatványával, azaz:

$$\frac{P_1}{P_2} = \left( \frac{n_1}{n_2} \right)^3 \quad (25.8.)$$

Ne felejtjük el, hogy e törvényszerűségeket az örvényszivattyúkra jellemző összefüggésekből vezettük le, s hogy a motorral együtt csőbe épített szivattyúk némileg eltérően viselkednek [10], [27], [53], [54], [64].

### 25.3.5. A szivattyúk illesztése, vezérlése és szabályozása

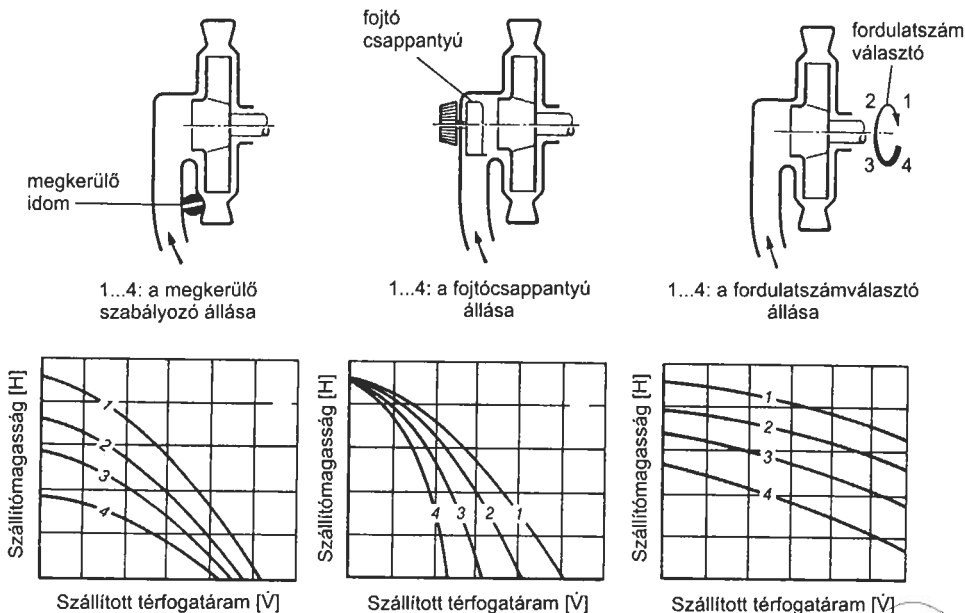
A szivattyúk teljesítmény illesztése két ok miatt fontos:

- a számítások, a méretezés, a kivitelezés során elkövetett pontatlanságok kiküszöbölése és áthidalása érdekében, és
- a fűtési üzem során fellépő szabályozás szükségessége miatt.

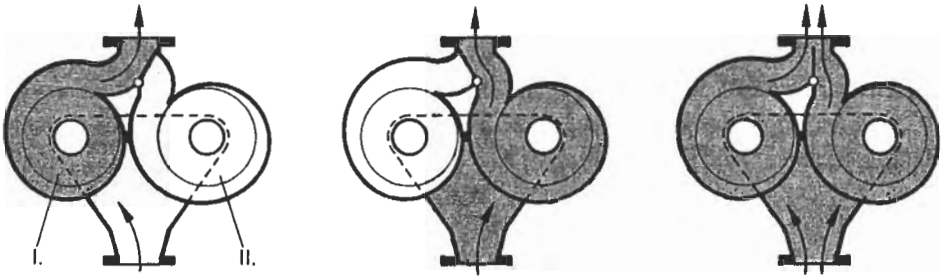
A szivattyúk szabályozása elvileg a következő módszerekkel lehetséges:

- a víz térfogatáramának fojtása elzárószerkezettel a szivattyú nyomott oldalán,
- a szivattyúházon belül visszavezető megkerülő ág alkalmazása,
- a fordulatszám változtatása és
- több szivattyú változtatható összekapcsolása.

Ahogy majd látjuk, éppen e szabályozási módok alkalmazása alapján ítéltethetjük meg egy-egy fűtési rendszer korszerűségét. Ezért fontos hangsúlyoznunk, hogy ma már az első két megoldás gazdaságtalan és elavult, a fordulatszám szabályozás és a többféle szivattyú együttes alkalmazása pedig egyre nagyobb teret nyer (25.6., 25.7. ábra).



25.6. ábra. Szivattyúk szabályozása



25.7. ábra. Szabályozás kettős szivattyúval

A változtatható fordulátú szivattyúhajtás azért gazdaságos, mert a vízáram igény csökkenésekor nem a hálózatot fojtjuk, hanem a szivattyú jelleggörbéjét változtatjuk az affinitás törvényeinek megfelelően a kisebb teljesítmény irányában [4].

A szivattyúk szabályozása lehet lépcsős és folyamatos. A szabályozás történhet:

- a nyomáskülönbség mérése alapján
- a térfogatáram mérése alapján
- az előremenő- és visszatérő vezetékben mért hőmérsékletkülönbség alapján
- és a külső, valamint az előremenő hőmérséklet mérése alapján.

A korszerű szivattyú szabályozást gyakran csatlakoztatják az *épület-felügyeleti rendszerek*hez is [10], [54].

Itt jegyezzük meg, hogy a mai fűtéstechnikai kapcsolási módok az elkerülő szivattyúkon túlmenően keverő-kazánvédő és használati melegvíz termelés előnykapcsolását megvalósító szivattyúkat is alkalmaznak. Mindezekről a kapcsolási sémákkal együtt szólnunk majd.

## 25.4. Szivattyús fűtések nyomásviszonyai és a nyomásdiagram

A gravitációs fűtések elavulásával, és a szivattyús fűtések megjelenésével egyre fontosabbá vált a nyomásviszonyok elemzése. E fejezet élére az a megjegyzés is kívánczik, hogy érdemes lesz megfigyelnünk, hogy az egyre korszerűbbé váló energiatakarékos, környezetbarát központi fűtési rendszerek tervezése és kivitelezése már egyáltalán nem tekinthető az építészeti és építőipari tudományok kiszolgáló „mesterség” jellegű részének. A fűtéstechnika ugyanis egyre önállóbb tudományággá válik, méretezési és kialakítási elveit fejlett hő- és áramlástani, zajtechnikai, szilárdságtani és korróziós alapokra helyezi, alkalmazza az erőművi technikákat és a korszerű mérés-, irányítás- és szabályozástechnika eredményeit, a szerkezeti anyagok és a szerelvények, elemek állandóan megújulnak, mindemellett alkalmaz-

codik a dinamikus és folyamatosan fejlődő-változó építészeti és statikai igényekhez és mindezzel egyidejűleg szinte teljesen háttérbe szorul a szilárd tüzelés is.

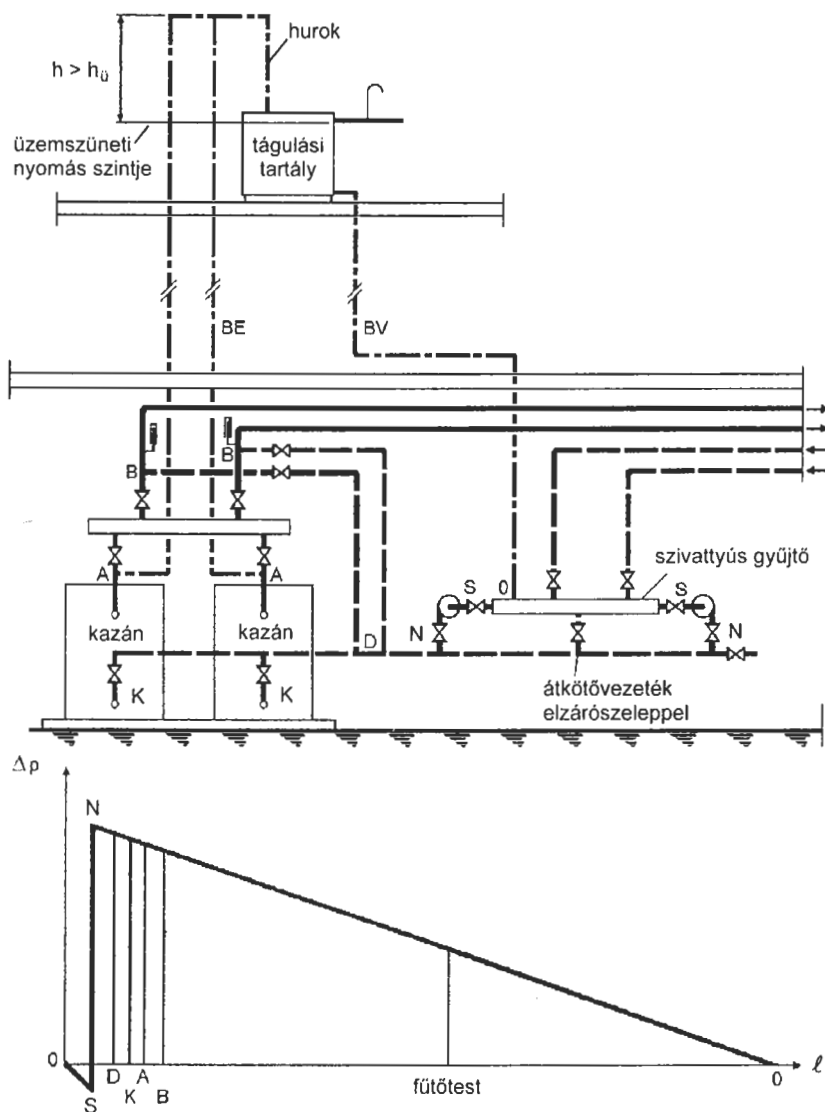
Ennek a fejlődési folyamatnak a jellemzését, s egyben a rendszerek bemutatását és elemzését a nyomásviszonyok vizsgálatával kezdjük, s így az elvi alapoktól haladunk a gyakorlati megoldások felé.

#### 25.4.1. Nyitott tágulási tartály, szivattyú a visszatérő vezetékben.

A szivattyús fűtések elterjedésének korai időszakában a szivattyút kizárólag a visszatérő vezetékben lehetett elhelyezni, mert ezen szivattyúk hőmérséklettűrése maximum 70 °C volt. Ezek a rendszerek a gravitációs fűtésekhez hasonlóan nyitott tágulási tartállyal készültek. A nyitott tágulási tartály, és a visszatérő vezetékben elhelyezett szivattyú, mint szerkezeti megoldás számos megalkuvást igényelt. Ezért e fűtések az alábbi szempontok alapján értékelték [30], [34].

- A „teljes” biztosítás feltételének teljesítési lehetősége,
- a biztonsági előremenő vezeték bekötési lehetősége,
- a hálózat légtelenítési lehetősége, és ha van légtelenítő vezeték, annak bekötési lehetősége,
- az előremenő és visszatérő vezetékek keverési lehetősége, és ezzel a szabályozás feltételeinek biztosítása,
- a kazán nyomásviszonyainak vizsgálata.

Ilyen korai szivattyús fűtést mutat a **25.8. ábra**. Ebben az időszakban úgyszólván kizárólag úgynevezett könyökszivattyúkat alkalmaztak keringetőszivattyúként. Innen eredt az úgynevezett szivattyús gyűjtők valaha igen elterjedt, ma már csak igen régi rendszereken látható megoldása. Magyarországon „Calor” szivattyú néven gyártották ezeket. A Calor szivattyúk szállított térfogatárama 0,5–3,5 liter/s, emelőmagassága 5,0–40 kPa között mozog. Figyeljük meg az átkötővezeték és a szelepet. Ez utóbbit azért alkalmazták, hogy áramkimaradás esetén a gravitáció legalább részlegesen működtethesse a fűtési rendszert. Így szép példán követhetjük a fejlődés útját, és el is képzelhetjük, milyen nagy keresztmetszetű csövekkel készültek ezek a korai szivattyús rendszerek. Világosan látszik az ábrából, hogy a tágulási vezeték és kazán közé elzárószerviz kerül, tehát az úgynevezett „teljes” kazánbiztosítás elve nem érvényesül. A kapcsolás további nehézségeit és hátrányait egy célszerűen egyszerűsített kapcsolási rajzon, és az úgynevezett nyomásdiagrammon mutatjuk be [30], [33].



25.8. ábra. Nyitott tágulási tartály, szivattyú a visszatérő vezetékben, „nyomott” rendszer

A 25.2. fejezetben már említettük a „hydronika” új tudományágát, mely a zárt körökkel foglalkozik. A zárt körök vizsgálatának alapvető eszköze a *nyomásdiagram*, mely alkalmas arra, hogy a rendszerben üzem közben kialakuló nyomásokat kövessük, és az előbbieken említett elemzéseket végrehajtsuk.

A nyomásdiagram függőleges tengelyén a nyomáskülönbséget, vízszintes tengelyén a rendszer kifejtett hosszát ábrázoljuk. Az üzemszüneti nyomást a tágulási tartály víznívója

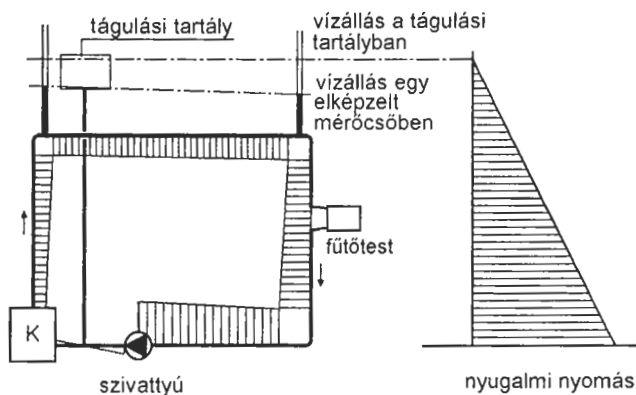


határozza meg, mely gyakorlatilag nem változik a rendszer üzeme alatt, tehát akkor sem, amikor a szivattyút üzembe helyezzük. Gondoljuk meg, hogy az elvi kiindulási feltétel az, hogy a rendszerbe kívülről víz nem juthat, és nem is távozhat el onnan, s hogy a tágulási tartály és a rendszer térfogatának arányából és geometriai alakjából következően a tágulási tartály víznívójának szintje egyáltalán nem, illetve technikailag mindenképpen elhanyagolható mértékben változik. Emiatt a függőleges tengelyen a „nulla” nyomáskülönbség, azaz az origó helye a tágulási tartály vízszintjével meghatározott nyomás. Értelemszerűen a vízszintes tengelyen az origó helye pedig a tágulási tartály bekötési pontja, azaz a tágulási vezeték és az alapvezeték csatlakozási helye (**25.8. ábra**).

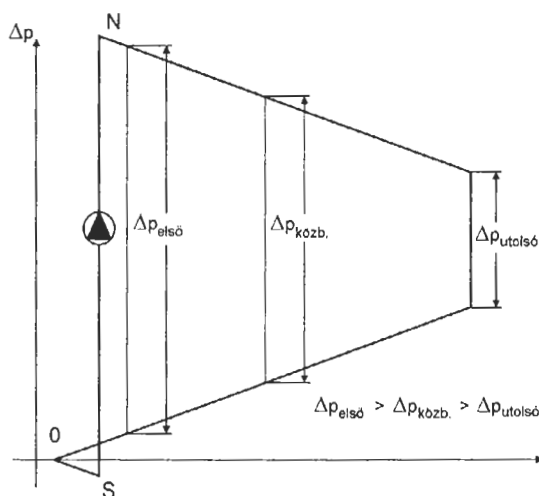
Rajzoljuk meg most már az egyszerűsített, nyitott szivattyús fűtés nyomásdiagramját. Az ábra világosan mutatja e korai típusú szivattyús fűtőrendszer elterjedésének okát: az egész rendszeren nagyobb nyomás uralkodik, mint amit a tágulási tartály víznívója meghatároz, és ezért hidraulikailag rendkívül üzembiztos és jól légteleníthető rendszer adódik. További előny, hogy már e korai megoldásoknál hidraulikailag lehetséges volt a keverés, és ezzel a fűtéstechika korai szabályozási megoldása ki is alakult.

Hátránya, hogy amint már említettük,

- a biztonsági visszatérő, vagy tágulási vezeték és a kazánok közé menthetetlenül elzáró-szerelvény kerül, tehát az úgynevezett „teljes” kazánbiztosítás elve nem érvényesül;
- a biztonsági előremenő vezeték, és esetlegesen a légtelenítő vezeték hurok tervezését és kialakítását gondosan kell megoldani. A hurkon át ugyanis nem szabad megengedni az átáramlást. Gondoljuk meg, hogy amennyiben a fűtővíz a fűtési rendszer helyett a hurkon, és ezzel a biztonsági előremenő vezeték–tágulási tartály–tágulási vezeték alkotta körön kering át, úgy egyfelől egy haszontalan mellékáramkört alkotunk, másfelől a tágulási tartály vezetéke állandón friss oxigénben dúsul. Ez utóbbi a korrózió tökéletes forrása. Itt említjük meg, hogy ugyanebben a korszakban helyettesítették rendre az öntöttvas alapanyagot a fűtési rendszerekben acéllemez alapanyaggal. S az acéllemez radiátorok rendkívül kis falvastagsága igen rövid ideig állt csak ellent a friss oxigén okozta korróciónak. A hurkot úgy kell méretezni, hogy a szivattyúk üresjárási emelőmagassága se okozhasson veszélyt. E fűtési rendszerek tehát meglehetősen magas felépítményt igényeltek, s egy elég bonyolult rendszer egészítette ki az épület tetején a pincei, vagy alagsori kazánházat [32], [34].
- További elvi gond, hogy a szivattyúnyomás feleslegesen terheli a kazánokat. Ezt a hátrányt azért nem tekintették ezidőben gyakorlati jelentőségűnek, mert a szivattyúnyomás, ahogy már említettük, aránylag kis tartományban mozgott, a ma alkalmazott emelőmagasság azonban már gondot okozhat, ezért a jelenségre fel kell hívunk a figyelmet. A nyomás-eloszlást képiesen mutatja a **25.9. ábra**, az ábrán a nyugalmi nyomást is ábrázoltuk. Gyakorlati céljainkra azonban értelemszerűen az előbbi módszer megfelelőbb. Még jobban használható méretezési feladatokhoz és hidraulikai vizsgálatok céljára az a megoldás, amikor a legtávolabbi fogyasztó nyomásesésének feltüntetése után a nyomásesés vonalát „visszafor-dítjuk”. Így az előremenő és visszatérő vezeték kitüntetett helyei közötti nyomáskülönbség igen kényelmesen lemérhető és leolvasható (**25.10. ábra**) [36], [44], [51].



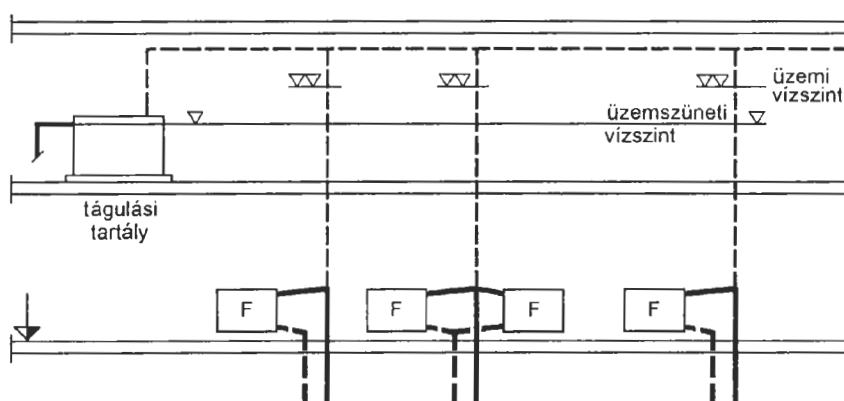
25.9. ábra. A nyomáeloszlás a vezeték mentén



25.10. ábra. Első, egy közbülső és az utolsó hőleadó nyomásvesztése

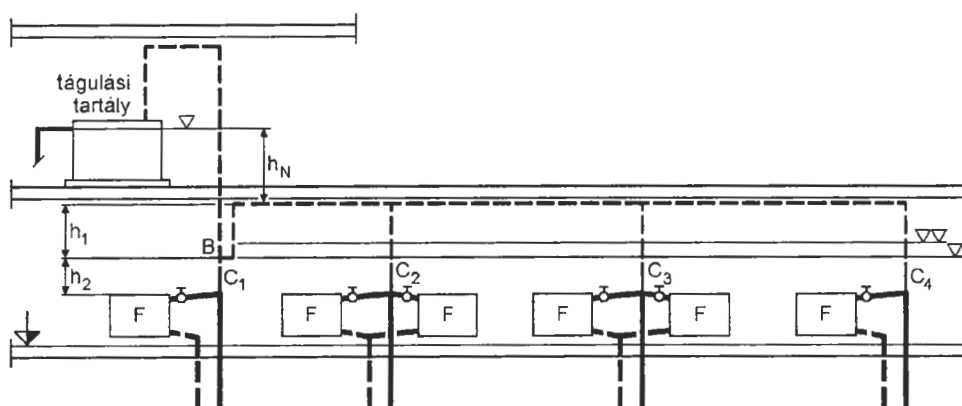
Szóljunk néhány szót e rendszerek légtelenítési megoldásáról. Ahogy már a gravitációs fűtéseknel is említettük, levegő be- és elvezetésre szükség van a töltés-ürítés végrehajthatóságához, de szivattyús fűtésekben arról is beszélnünk kell, hogy a levegő komoly áramlástani, és ezzel fűtési zavarokat okozhat, valamint korrózióvesztést és zajforrást is jelent. A víz levegőfelvevő képessége nyomás- és hőmérsékletfüggő. Ha a víz hőmérséklete  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , és nyomása 1 bar túlnyomás, a levegőtartalom kb.  $43\text{ liter/m}^3$ , ugyanez  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$  hőmérsékleten kb.  $20\text{ liter/m}^3$ . A légtelenítést központilag, vagy egyedileg lehet megoldani.

A központi légtelenítés korai, „műemléki” megoldását mutatja a **25.11. ábra**. Az üzembiztonság nem volt vitatható, de kiterjedt, magas padlásra van szükség, és gondoskodni kellett a fagyvesztély elleni védelemről. Amikor azután a légvezetéseket az újabb építési módok, például a lapos tetők elterjedése, és az egyre bonyolultabb fűtési alapvezeték kialakítások

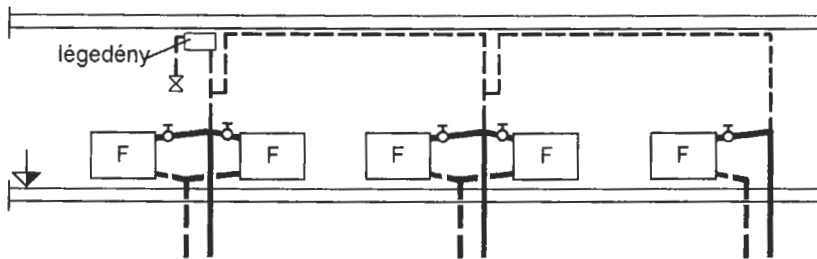


25.11. ábra. Légtelenítés megoldása, ha a padlástér mindenhol rendelkezésre áll

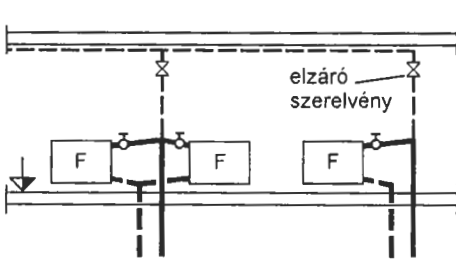
miatt már a legfelső szint mennyezete alatt helyezték el, különféle megoldások alakultak ki, melyeket a **25.12. ábrasorozaton** mutatunk be [8], [34]. Ahogy látjuk, a hurok-kialakítások mind annak megakadályozását szolgálják, hogy a fűtővíz a légtelenítő vezetéken cirkulálhasson át. Ezt szolgálja az is, hogy a légtelenítő vezetéket a tágulási tartályhoz legközelebb eső felszállóba, és nem a biztonsági felszállóba kötjük. Figyeljük meg a légtelenítő hálózat működését a **25.12/a ábrán**. A feltöltéskor a „B” pontot elért rendszer levegőt zár be a hurkolt légvezetékbe. Ez a levegő még tovább is összenyomódik, mivel a további töltéssel a vízszint a tágulási tartály túlfolyójáig emelkedhet. A szivattyúnyomás miatt létrejön a további összenyomódás, és a „C” pontok közötti nyomáskülönbség, melynek következtében rosszul méretezett hálózatban a légvezetékben keringhet a víz. A korábbi fűtésteknikai szakkönyvek a Boyle-Mariotte törvény alkalmazásával közelítették meg számítással a méretezési eljárást [28], [32], [47].



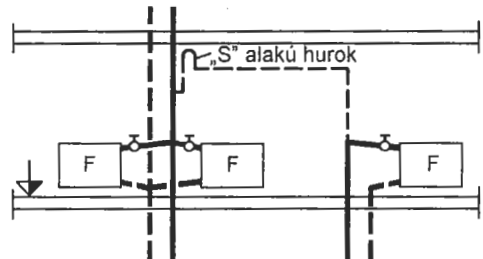
25.12/a ábra. Légtelenítés hurokkal, a vezeték a tágulási tartályba csatlakozik



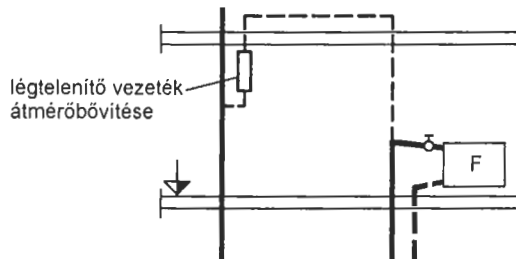
25.12/b ábra. Légtelenítés hurokkal, a vezeték a légedényhez csatlakozik



25.12/c ábra. Elzárószerelvény a légtelenítő vezetékben



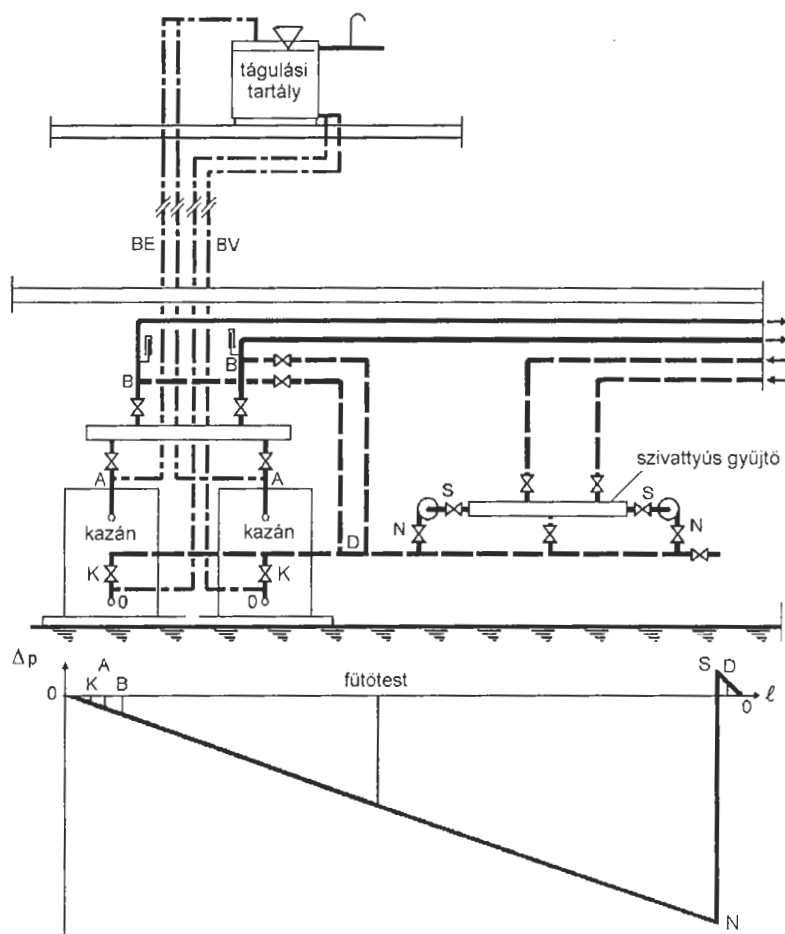
25.12/d ábra. Levegő cirkulációjának gátlása „S” alakú hurokkal



25.12/e ábra. Légtelenítő vezeték kialakítása öblösítéssel [51]

Vizsgáljuk meg most már, mi történik, ha a tágulási vezetéket a szivattyú után, a nyomócsomókra kötjük. A fűtés kapcsolását és a nyomásdiagrammot a **25.13. ábrán** mutatjuk be. Érdekes megfigyelnünk, hogy valamennyi, az előző megoldásnál említett hátránytól megszabadultunk, azaz:

- nincs elzárószerelvény a kazánok és a biztonsági visszatérő vezeték között, azaz érvényesülhet a „teljes” kazánbiztosítás elve;
- a biztonsági előremenő és a légtelenítő vezetékben üzem közben a vízoszlopmagasság kisebb, mint amit a tágulási tartály víznívója meghatároz. Így nincs szükség a magas hurokokra;
- a kazánokat nem terheli a szivattyú nyomása.



25.13. ábra. Nyitott tágulási tartály, szivattyú a visszatérő vezetékben, „szivott” rendszer [51]

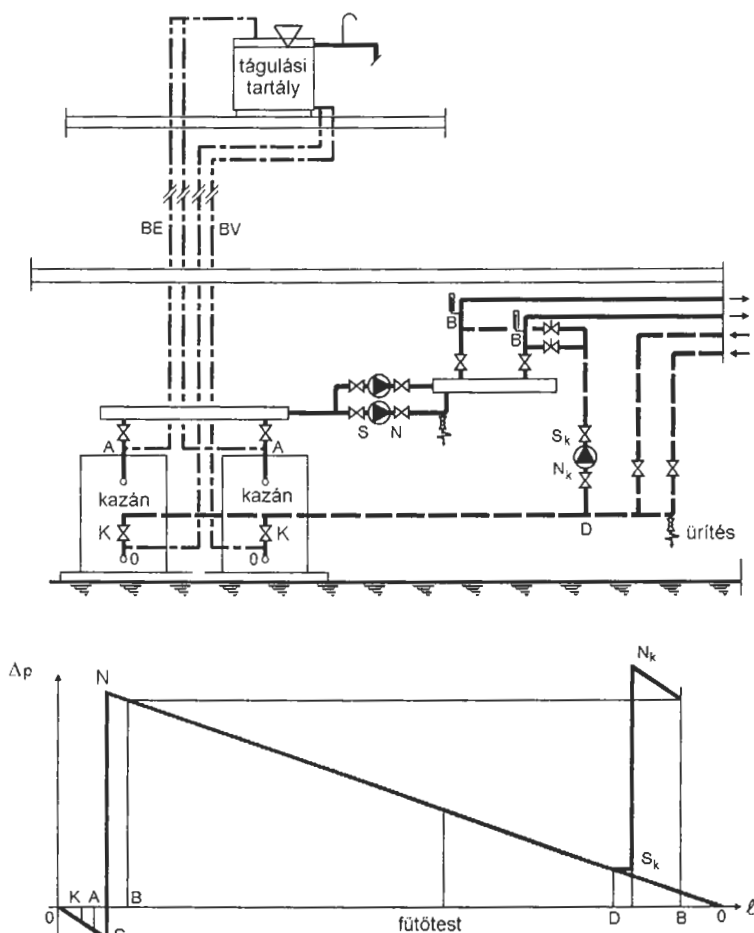
Ennek ellenére ez a megoldás nem terjedt el. Ennek oka az, hogy gyakran előfordult, hogy az utolsó, legfelső radiátor levegő alatt maradt, és ezt csak gondos méretezéssel, illetve a tágulási tartály megfelelő nagy magasságban való elhelyezésével lehetett elkerülni. Ezért további megoldáson kellett gondolkodni, amit az előremenőben elhelyezhető szivattyúszerkezet hozott magával. Ennek természetesen az volt a feltétele, hogy a szivattyúkat alkalmassá tegyék arra, hogy tartósan 70 °C feletti hőmérsékletű vizet szállítsanak.

#### 25.4.2. Nyitott tágulási tartály, szivattyú az előremenő vezetékben

A fejlődés következő lépése az előremenő vezetékbe áthelyezett szivattyú, mely egy csapásra megváltoztatta a szemléletet, és megoldott egy sereg problémát. Erről a kapcsolásról

csak egyszerűsített ábrát és nyomásdiagrammot mutatunk be (25.14. ábra), mert a továbbiakban erről a napjainkban uralkodó megoldásról még sok ábrát látunk majd. Ez az új szerkezeti elgondolás egycsapásra kiküszöbölte az eddig említett hátrányokat:

- a nyomáseloszlás igen célszerűen kézbe tartható, valamennyi fűtőtest nagyobb nyomás alatt van, mint amit a táglási tartály víznívója meghatároz, a fűtési rendszer légtelenítése jól kézbe tartható, ugyanakkor a kazánokat nem helyezzük feleslegesen a szivattyúnyomás alá;
- megoldható a „teljes” biztosítás, nincs elzáró szerelvény a biztonsági visszatérő vezeték és a kazánok között;
- nincs szükség a magas hurkokra a biztonsági előremenő és a légtelenítő vezetéken, hiszen ezekben kisebb a nyomás, mint amit a táglási tartály víznívója meghatároz.



25.14. ábra. Szivattyú az előremenő vezetékben

Az ábra tanulmányozása alapján joggal merül fel a kérdés, miért nem hangsúlyozzuk azt a hátrányt, hogy e megoldásnál viszont az ágankénti keveréshez ágankénti szivattyúra van szükség. Nos, a mai szivattyúknál ezt csak inkább megoldásra váró problémának, mint hátránynak nevezhetjük (lapozzunk vissza a 25.6. és 25.7. ábrához!), sőt, amint a továbbiakban látni fogjuk, ez az ágankénti keverés a korszerű fűtések változatosságának, és sokszerűségének egyik alapja.

A fejlődés azonban itt sem állt meg. Gondoljunk arra, mennyi hátránnyal jár az, hogy a nyitott táglási tartály felépítményt igényel, s hogy a kazántelep és annak elemi kiegészítő része között sok emeletnyi távolság van. Ezen a gondon segít a további új elem, a „zárt” táglási tartály.

### 25.4.3. Zárt táglási tartály és alkalmazása

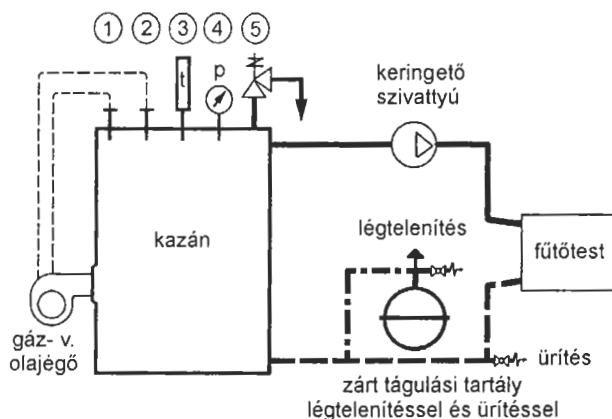
Noha ezt a megoldást elsősorban és alapvetően az jellemzi, hogy a kazán és a teljes táglási- és biztosítási rendszer ugyanazon a szinten, sőt ugyanabban a helyiségben van, elnevezése „zárt táglási tartály”, és így is vonult be a fűtéstechikai köztudatba. Elterjedését az is nagyban elősegítette, hogy a szilárd tüzelés (mely kevésbé rugalmasan alkalmazkodik a változó hőigényekhez) kiszorult a fűtéstechika alapvető megoldási köréből, s helyét átvette az automatikusan szabályozott szénhidrogén tüzelés. Nem szabad arról sem megfeledkeznünk, hogy a távfűtés és energiatechnika az erőművi jellegű megoldások egyre fokozottabb alkalmazását jelentette a belső fűtéstechikában.

A zárt tartály előnyei a következők:

- lényegesen hosszabb élettartamú, olcsóbb, kisebb kiterjedésű és hőveszteségű biztonsági vezetékek;
- a rendszerbe nem jut oxigén, és így jelentősen csökken a korróziós veszély. Megjegyezzük, hogy ehhez persze, megfelelően méretezett és kialakított rendszerre van szükség, de ezekről a gyakorlati feltételekről majd a későbbiekben szólnunk.
- nincs fagyveszély a táglási tartály és a biztonsági vezetékek környezetében,
- megszűnt a párolgás miatti vízveszteség,
- a szerelés- és karbantartás lényegesen egyszerűbb.

Ahogy már az előbbiekben is láttuk, az egyre korszerűbb fűtési rendszerek bemutatásánál, az előnyök ellentétéként nem hátrányokról, hanem megoldandó problémákról, feladatokról kell beszélnünk, így:

- ezeket a rendszereket jó minőségű hőmérséklet mérő- szabályozó- és őrző- (határoló) műszerekkel és szerelvényekkel kell ellátni (**25.15. ábra**), (ne feledjük, hogy fontos szempont a vízveszteség elkerülése és megakadályozása!)
- megfelelő minőségű és fajtájú nyomásbiztosító és biztonsági szerkezetet és szerelvényt, azaz el nem zárható biztosító szelepet és manométert kell alkalmazni a hőtermelő legmagasabb pontján. A 150 kW-nál nagyobb teljesítményű rendszerekben általában



25.15. ábra. Fűtési rendszer zárt tágulási tartállyal [8]

1 – határoló hőmérő; 2 – szabályozó hőmérő; 3 – hőmérő; 4 – nyomásmérő; 5 – biztonsági szelep

vízhiánybiztosító beépítése is szükséges. A vízhiánybiztosító adott esetben (pl. ha a rendszeren bárhol szivárgás van) leállítja az égőt;

- az egyes tágulási tartály megoldásoktól függően szabványosítani kell azt, hogy milyen teljesítményű rendszerek biztosíthatók egy-egy fajtájú és méretű tartállyal. Az egyes tartályok és a kiegészítő biztonsági szerelvények alkalmazhatóságát országoként szabványok rögzítik. A tervezéskor, illetve létesítéskor mindig és mindenhol az érvényes szabvány előírásai szerint kell eljárunk.

A zárt tágulási tartályok kialakítása lehet:

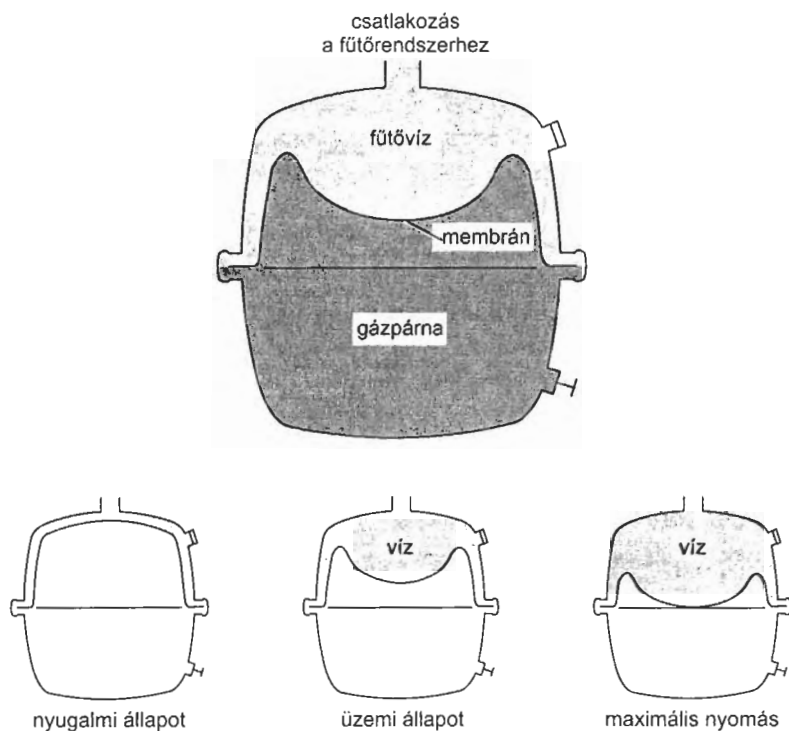
- változó nyomású membrános,
- állandó nyomású membrános,
- állandó nyomású, membrán nélküli tartály.

#### 25.4.4. Változó nyomású, membrános, zárt tágulási tartály

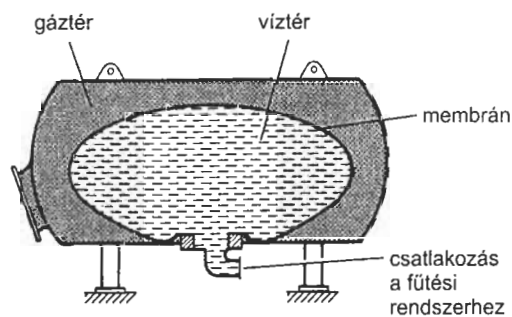
A tartály két egymástól gumimembránnal elválasztott acéllemez-féltartályból áll. Az egyik féltartály gyárilag nitrogénnel van feltöltve, amely a tartály úgynevezett előnyomását biztosítja. Az előnyomás legfeljebb 2,5 bar lehet. A berendezést általában kis és közepes teljesítmény tartományban (kb. 300 kW hőteljesítményig) alkalmazzák, és olyan fűtési rendszerekben, amelyekben a maximális megengedett üzemi túlnyomás 3,5 bar és a vízközeg hőfoka a 120 °C-t nem haladja meg (25.16. ábra).

A ritkábban, általában nagyobb teljesítmények esetén szerelt „teljes” membránnal ellátott berendezést a 25.17/a és 25.17/b ábrán láthatjuk fekvő és álló kivitelben.

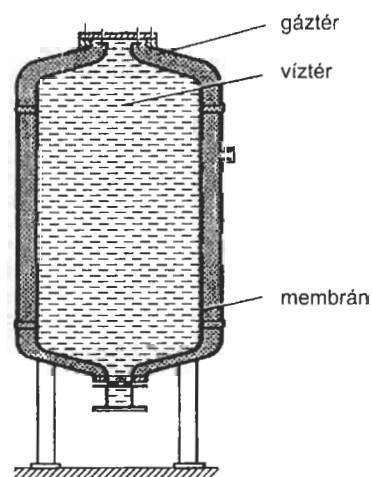




25.16. ábra. Zárt tágulási tartály [37]



25.17/a ábra. Fekvő helyzetű zárt tágulási tartály 350 kW-nál nagyobb teljesítményű rendszerekhez



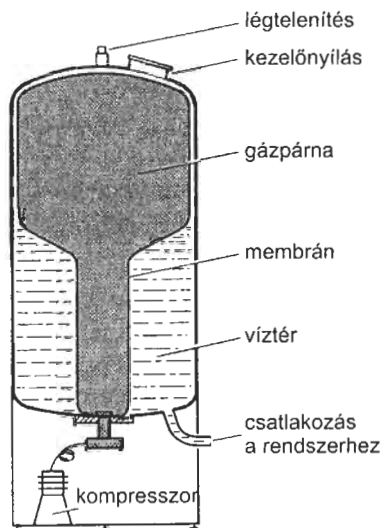
25.17/b ábra. Álló helyzetű zárt tágulási tartály 350 kW-nál nagyobb teljesítményű rendszerekhez

### 25.4.5. Állandó nyomású, membrános, zárt táglási tartály

Az állandó nyomású zárt táglási tartályrendszer legfontosabb egysége a kompresszoros, vezérlővel ellátott automata tartály, mely úgy veszi fel a fűtési rendszerek munkaközegének hőtágulását, hogy közben a beállított nyomást az automatika segítségével állandó értéken, illetve szűk határon belül tartja (25.17/c ábra).

A tartályban – amely maximum 4,6–8 bar üzemi túlnyomásra készül – helyezkedik el a butilkaucsuk gumizsák. Az üzemi túlnyomás értéke a gumizsák terhelhetőségétől függ. A táguló folyadék tartályban, az ellennyomást biztosító levegő a gumizsákban helyezkedik el, (vagy típustól függően, fordítva). A tartály alatt van a kompresszor, a nyomásérzékelő, a folyadékszint-érzékelő, valamint a túlnyomáskibocsátó mágnesszelep, illetve a biztonsági szelep. Ha a víztérben csökken a nyomás, a kompresszor automatikusan bekapcsol és a levegőt a gumizsákba juttatva kiegyenlíti a nyomáskülönbséget. Ha a víztérben a nyomás megnő (pl. felfűtésekor) a gumizsák fölötti fölösleges levegő a légtelenítő szelepen keresztül eltávozik és a rendszerben ismét a beállított nyomásszint áll elő. A nyomásviszonyok betartására a kompresszort és a mágnesszelepet nyomásérzékelő segítségével működtető vezérlőszekrény szolgál. Az új generációs táglási tartályok az épületfelügyeleti rendszerhez is csatlakoztathatók.

A tartály 300–350 kW fölötti teljesítményű, maximum 120 °C előremenő vízhőmérsékletű fűtési rendszerekben alkalmazható. Ha a táglási vezetékben a közeg hőmérséklete 70 °C fölé emelkedhet, a membrán védelme érdekében előtétartály beépítése szükséges. A helyesen megválasztott előtétartályban a közeg hőmérséklete az előírt érték alá csökken.



25.17/c ábra. Kompresszoros táglási tartály

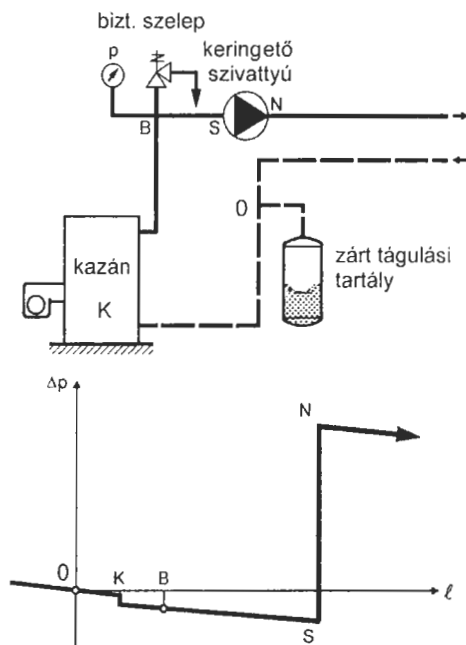
### 25.4.6. Állandó nyomású, membrán nélküli, zárt táglási tartály

Ezt a berendezést elsősorban forróvíz hőhordozóval működő távhőszolgáltató rendszerekben alkalmazzák. A tovább növekvő teljesítmények és nyomások általában átvezetnek bennünket a távhőellátási tartományba (ld. „Távhőszolgáltatás” c. fejezet).

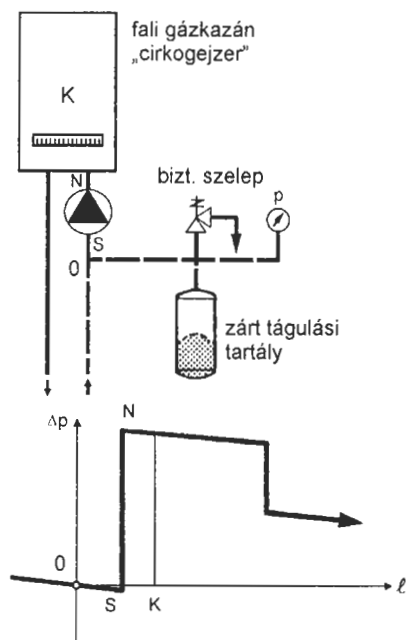
### 25.4.7. A zárt fűtési rendszer nyomásviszonyai

Ha a zárt tartályokkal ellátott rendszerek nyomásviszonyait vizsgáljuk, feladatunk úgy módosul a nyitott rendszerekhez képest, hogy

- az abszcisszát értelemszerűen a zárt tartály által meghatározott nyugalmi nyomás szintjében helyezzük el, és ehhez képest vizsgáljuk a szivattyú hatását;
- azt kell figyelembe vennünk, és figyelemmel kísérnünk, hogy a szerelvények, hőleadók, és általában a fűtőrendszer elemei milyen nyomás alá kerülnek. Különös figyelmet kell természetesen fordítanunk ebből a szempontból a kazánszerkezetek vizsgálatára. (25.18. és 25.19. ábra).



25.18. ábra. Zárt tágulási tartály. Szivattyú az előremenő vezetékben (K a kazánra ható nyomás)



25.19. ábra. Zárt tágulási tartály. Szivattyú a visszatérő vezetékben (K a kazánra ható nyomás)

## 25.5. Szivattyús fűtések kialakítása

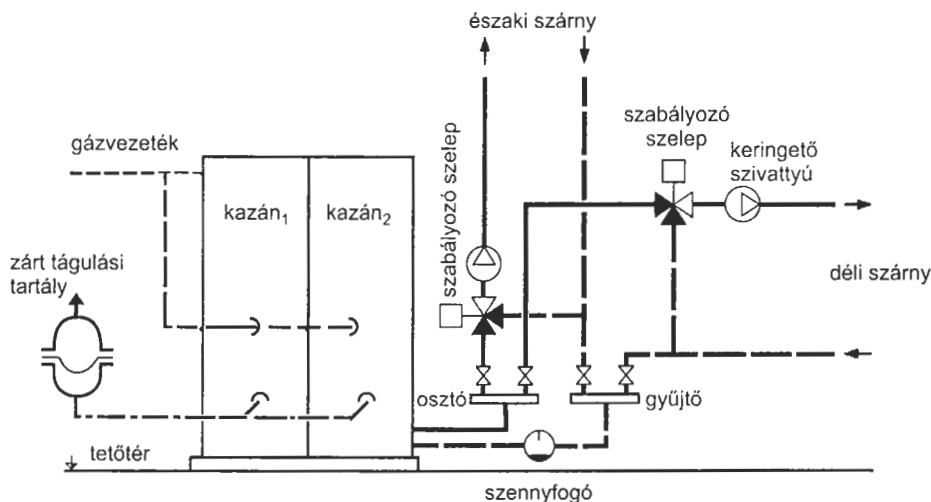
### 25.5.1. A kazánház elhelyezési lehetőségei

Az eddigiekben a hagyományok alapján levezetett kialakításnak megfelelően a kazánház mindig a pincében, vagy az alagsorban, azaz a *fűtési rendszer alatt* volt. A gáztüzelés elterjedése azonban egyre sürgetőbben vetette fel a gondolatot, hogy helyezzük a kazán-

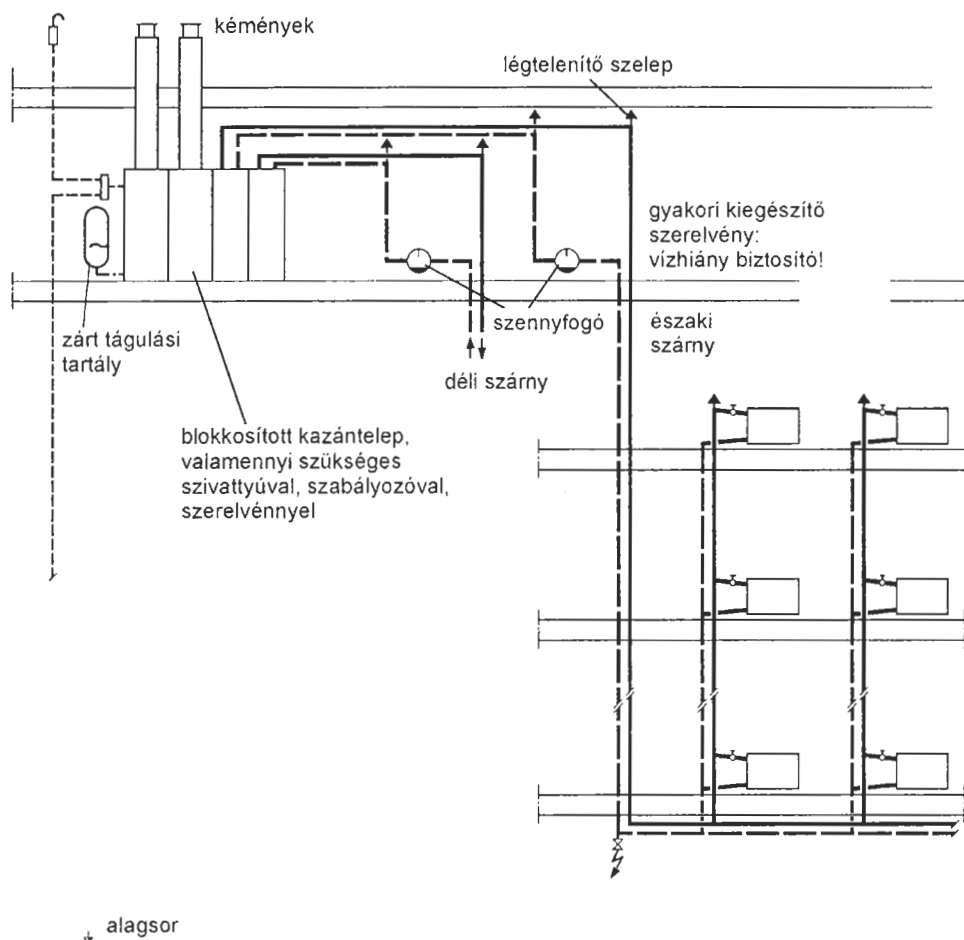
házakat a tetőtérbe. A gáztüzelésű kazánházak légellátása, valamint a robbanásveszély miatt alkalmazott hasadó-nyíló felületek biztosítása a pincékben és alagsorokban egyre nagyobb nehézségeket okozott. Gondoljunk továbbá arra is, hogy milyen előnyökkel jár az, hogy nem kell kéményt építeni. Mindezek miatt a tetőtéri kazánok alkalmazása nagyon elterjedt, majd a lapos tetők és egyéb korszerű építészeti elgondolások még fokozták a tetőtéri hőellátás fejlődését. A lapos tetőket ugyanis általában sok statikai, építészeti és gépészeti megoldással kell megtördelni. Ilyenek a lépcsőházak toldalékai, melyeken át ki lehet jutni a tetőre, a felvonók gépházai, a szellőzőkürtők végződése, a szellőztetőventilátorok stb. S akkor még nem is beszéltünk arról, hogy sok helyen a klímaberendezések hűtőgépeinek kondenzátorait is a tetőn helyezik el. Mindezek vezettek a tetőtéri gázkazántelemek kialakításához, ahol tehát – az eddigiekkel ellentétben – **a kazán az egész fűtőrendszer felett** helyezkedik el. A tetőtéri kazánteleg általában mindössze egy helyiség a lapos tetők felett, de néha a sok felsorolt gépészeti igény miatt egy újabb gépészeti szint kerül a legfelső födém fölé. Beszélnünk kell arról is, hogy manapság néha felvetődik a gondolat, hogy egy-egy épületet a hőárak alakulása miatt ki akarnak vonni a távhőszolgáltatás köréből. Vitathatatlan, hogy ez a felvetés környezetvédelmi, energetikai, urbanizációs stb. szempontból helytelen, de könyvünk feladata e fejezet keretében nem az ilyen megoldások elvi vizsgálata, így a gyakorlati megoldás kulcsa ilyen esetben a tetőtéri kazánteleg [10], [19], [20], [32].

A tetőtéri kazánházak létesítésének előnyeit a „Kazánházak, kazántelemek” c. fejezetben tételesen már felsoroltuk és ott elrendezési ábrát is mutattunk, itt most a hőkapcsolásra szorítunk.

Tetőtéri kazánteleg és hozzá csatlakozó fűtési rendszer egy-egy lehetséges kapcsolási vázlatát mutatja a **25.20/a** és **25.20/b** ábra. Megjegyezzük, hogy a korszerű, tetőtérben alkalmazható kazánokat ma már általában a zárt tágulási tartállyal és a szivattyúval egybeépítve szállítják, sőt készreszerelt tetőtéri egységek is kaphatók. A kazánteleghez kap-



25.20/a ábra. Tetőtéri kazánteleg kapcsolási rajza

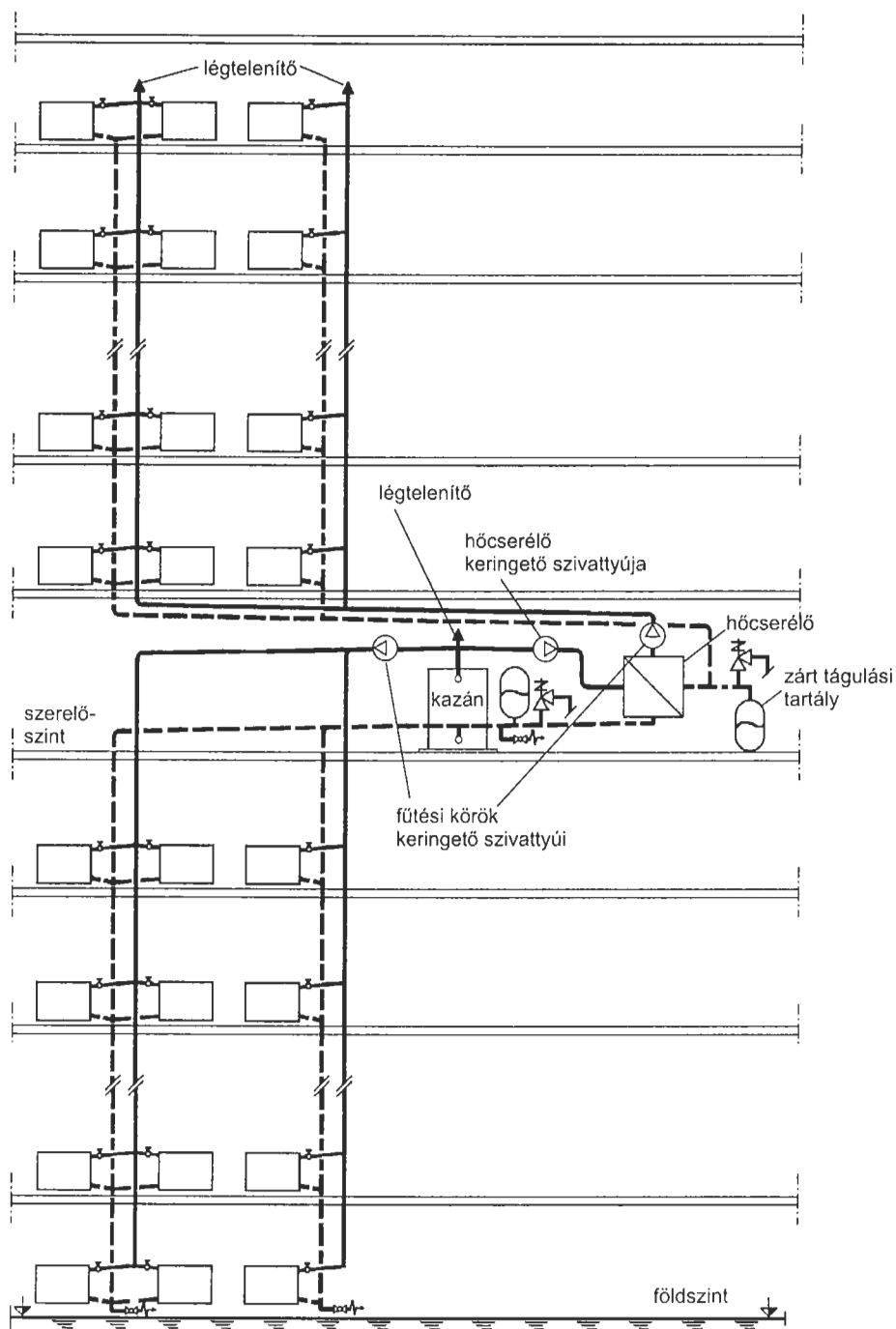


25.20/b ábra. Tetőtéri kazánteleg és a csatlakozó fűtési rendszer

csolt fűtési rendszer most már számtalan féle lehet, ezért az ábrákat csak példának lehet tekinteni.

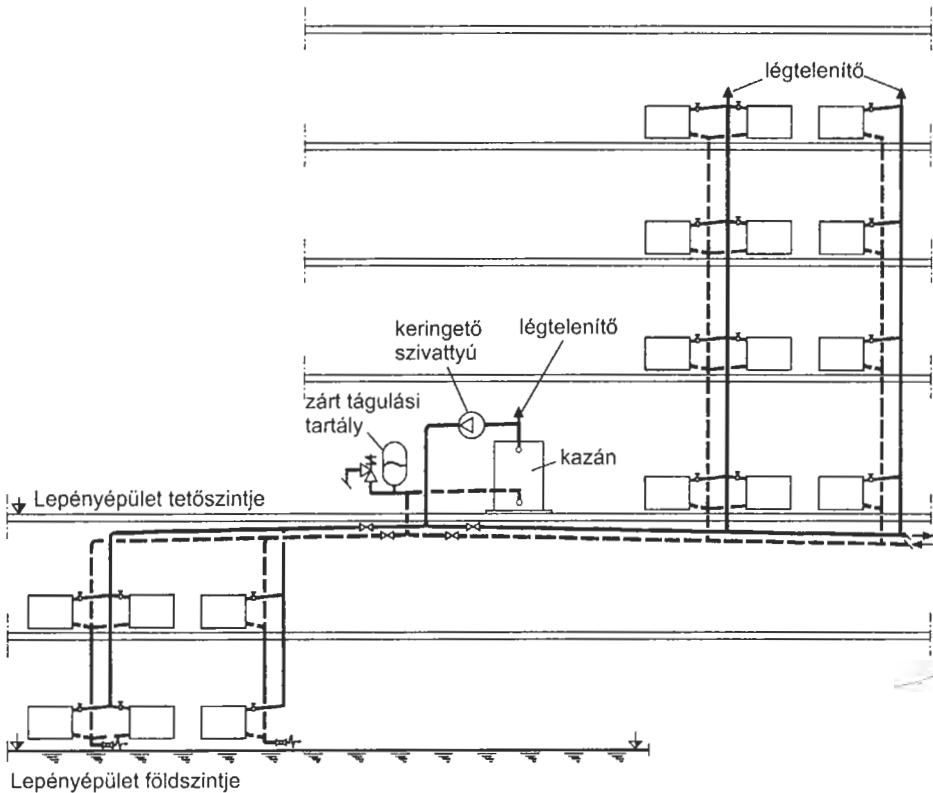
Tetőtéri kazánház létesítésekor mindig gondosan kell tanulmányozni a vonatkozó építési szabályokat, előírásokat, szabványokat.

A korszerű építészet azonban nem itt állt meg, és egyre újabb kihívások elé állítja a fűtéstechikai megoldások alkotóit. Megjelentek ugyanis a magasházak, sőt a felhőkarcolók. Ezek az épületek hidraulikailag sohasem alkotnak egyetlen egységet, hanem 10–12 szintenként egy-egy szerelősínt, vagy műszaki szint készül, így lehet a gépészeti rendszerek függőleges irányú hidraulikai elválasztását megoldani.



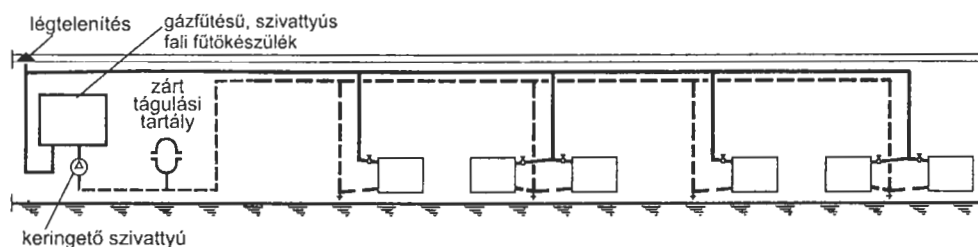
25.21. ábra. Közbülső kazántelep magasházak esetén. – A hidraulikai megosztottság

Ilyen példát látunk a **25.21. ábrán**. Ha azonban nem is felhőkarcoló épül, de például korszerű iroda-kórház-szállodaegység létesítéséről van szó, akkor is terveznek térszint alatti parkolót, földszintes leányépületet (a fogadósínt, vendéglő-étterem, ambulancia, stb. részére), és toronyszerű hotelszárnyat (**25.22. ábra**). Ezekben az épületekben a kazánház általában a földszinten helyezkedik el, azaz a fűtési rendszer egy része a kazánház felett, másik része a kazánház alatt van. Ilyenkor **közbülső elhelyezkedésű kazánházról** beszélünk.



**25.22. ábra.** Közbülső kazánteleg, ha különböző szintszámú épületeket együtt fűtünk

Emlékezzünk még vissza, hogy a gravitációs fűtéseknel emlegettük az egy-egy lakás fűtésére létesített etázsfűtéseket. Egyfelől a szivattyú és a zárt tágulási tartály bevezetésével, a fűtések fejlődésével, másfelől a társasházi tulajdonforma elterjedésével és a lakások, irodák korszerűsítésével az ilyen kényelmes megoldások iránt megnövekedett a kereslet, és ma az egyszintű fűtőrendszerek számtalan válfaját ismerjük és alkalmazzuk. Egy példát a **25.23. ábrán** be is mutatunk. Világos, hogy itt a kazán a **fűtési rendszerrel azonosan egy szinten** helyezkedik el.



25.23. ábra. Egyszinti szivattyús fűtési rendszer

A kazánház elhelyezkedése szerint tehát a fűtőrendszerek csoportosítása az alábbi:

- a kazánház a fűtőrendszer alatt helyezkedik el;
- a kazánház valahol a fűtési rendszer közepén helyezkedik el (függőleges irányt tekintve);
- a kazánház a fűtési rendszer fölött helyezkedik el;
- a kazánház és a fűtési rendszer egyazon szinten van.

### 25.5.2. Az elosztórendszerek elhelyezése és kialakítása

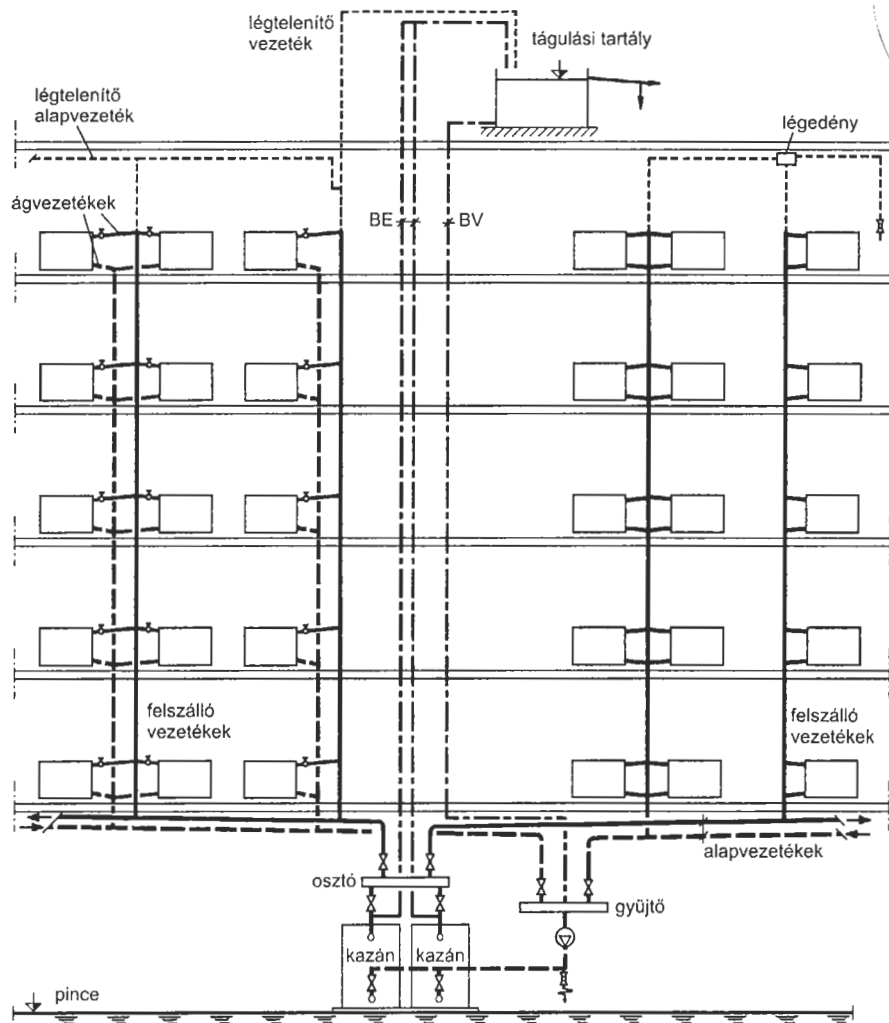
A fűtési rendszerek elosztását az *osztó* oldja meg. Egy-egy különböző célú, különféle időszakban működő, különféle szabályozást igénylő ág elkülöníthetően indul el az osztóról, s érkezik vissza a gyűjtőre. Az ágak fő elosztó vezetékeit *alapvezetéknek* nevezzük. Hangsúlyozzuk, hogy nagyon sokféle épület, számos fűtési feladat, s ennek megfelelően igen változatos megoldás létezik, de nagy általánosságban fontos megkülönböztetés az, hogy a vízszintes alapvezeték hol helyezkedik el, s milyen a kialakítása. Az elhelyezkedés szerint különböztetünk meg alsó-felső- és közbülső elosztású rendszereket.

Az alapvezeték:

- alsó elosztásnál az alsó fűtőtestsor alatt,
- felső elosztásnál a felső fűtőtestsor felett,
- közbülső elosztásnál pedig valahol a fűtőtestek függőleges sora között helyezkedik el.

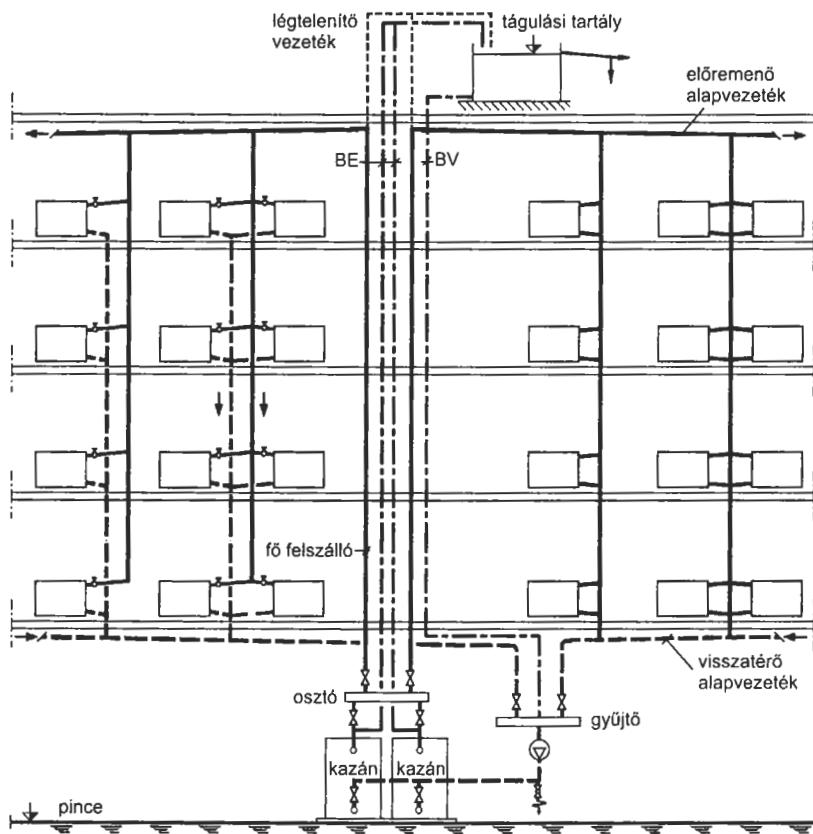
Ezeket a megoldásokat mutatjuk be a 25.24., 25.25., és 25.26. ábrán. A lényeg e kérdésben az, hogy az épület kialakítása a feladatot nagymértékben megszabja, s például a 25.27. ábra baloldali részén olyan épületrészt ábrázoltunk, ahol a felső elosztás nem megvalósítható, s emiatt „oda-vissza” utazik a hőhordozó közeg, ami persze, sem a csövezés ára, sem a fűtés működtetése szempontjából nem gazdaságos.



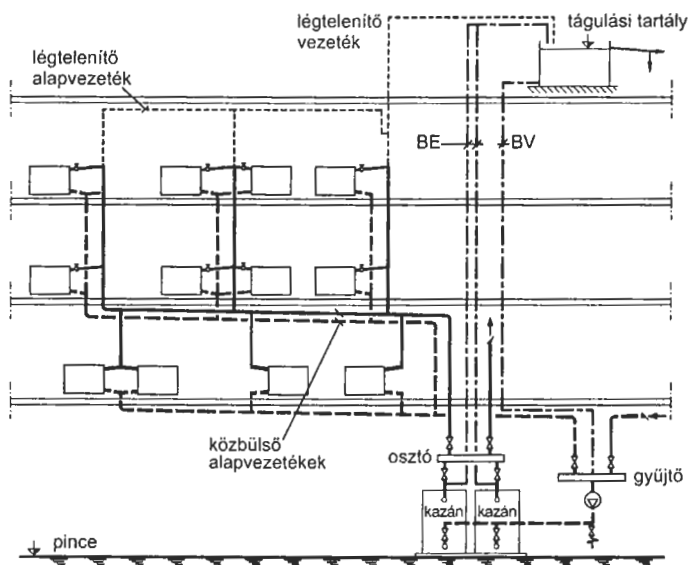


25.24. ábra. Alsó elosztású fűtési rendszer [51]

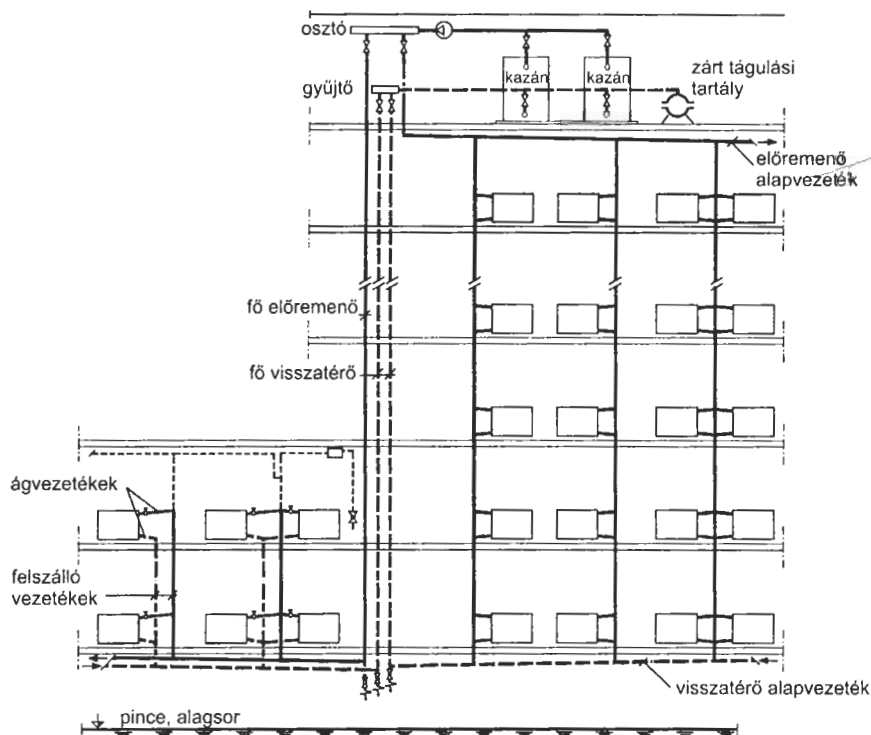
Másrészt ez a példa szolgál annak megvilágítására, hogy a fűtéstechika az utóbbi másfél évtizedben rohamléptekben változott a fejlett csőrendszerek alkalmazása miatt. Míg a legkorábbi időkben a ma már elképzelhetetlennek látszó öntöttvas csővezetékek miatt voltak igen terjedelmesek a rendszerek, addig manapság már az acéllemez csővezeték is kiszorulóban van. *A réz- majd műanyagcsövek ugyanis olyan kis méreteket, olyan flexibilis és esztétikus megoldásokat kínálnak*, melyek a hajdani csőanyagokkal nem voltak megoldhatók. Ez a technika egycsapásra minden átalakítást, korszerűsítést is új megvilágításba helyezett (ld. kötetünk „Csövek és szerelvények” c. fejezete).



25.25. ábra. Felső elosztású fűtési rendszer



25.26. ábra. Közbülső elosztású fűtési rendszer



25.27. ábra. Alsó- és felsőelosztású fűtési rendszer ugyanazon kazánháztól táplálva

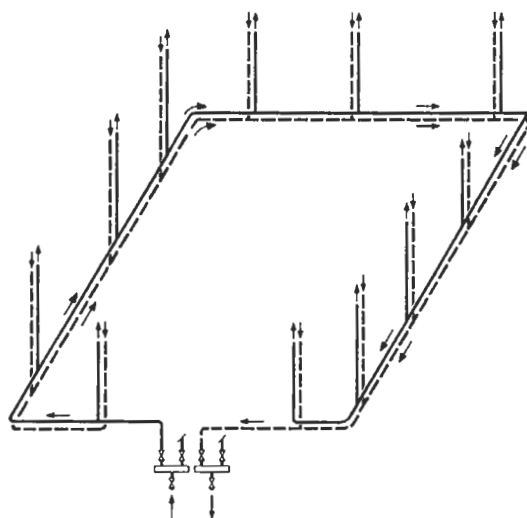
Összességében elmondhatjuk, hogy a korszerű fűtések elhelyezés és kialakítás szempontjából a kisátmérőjű, kis térfogatú és helyfoglalású, flexibilis vonalvezetésű, esztétikus, de természetesen nagy szivattyú emelőmagasságot igénylő megoldások, melyek az előbbiektől bármilyen építészeti igényhez hozzáigazíthatók.

Már igen korán kialakult, de éppen a mostanában alkalmazott nagy emelőmagasság miatt igen korszerű az alapvezeték úgynevezett *Tichelmann rendszerű*\* kialakítása. Ennek lényege az, hogy az alapvezeték elrendezését fel lehet használni a nyomások kiegyenlítésére is (25.28/a és 25.28/b ábra).

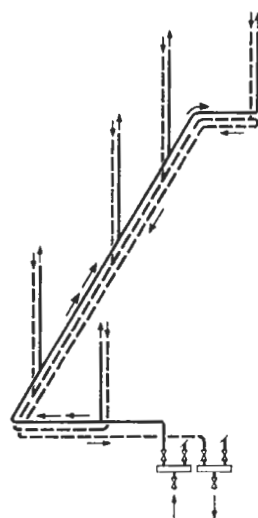
Az eddig bemutatott ábrák esetében a kazántól (hőtermelőtől) elindulva minden esetben találunk egy, a legtávolabbi felszállót, illetve fűtőtestet ellátó áramkört. Erre, a legnagyobb ellenállású áramkörre, párhuzamos áramkörök csatlakoznak, melyeknek a kazán (hőtermelő) felé haladva egyre kisebb az ellenállása. Ezzel szemben a Tichelmann rendszer esetén, – amit a 25.28/a és 25.28/b ábrán mutatunk be – a célszerű nyomvonal miatt a felszállópárok alján nagyjából mindenhol azonos nyomáskülönbség áll rendelkezésre.

További lehetőséget nyújt a korszerű csővezetéki rendszer alkalmazása, ha az osztóról valamennyi fűtőtestet külön-külön vezetékkel látjuk el, vázlatos rajzot a 25.28/c ábra mutat.

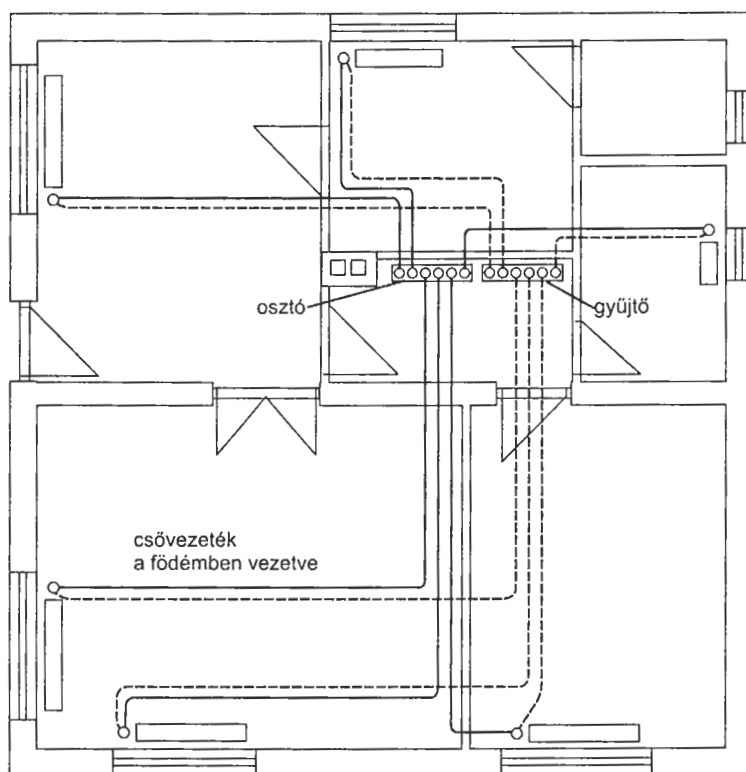
\* Tichelmann drezdai illetőségű központi fűtészerező iparos volt, 1860 és 1926 között élt.



25.28/a ábra. Tichelmann rendszerű alapvezeték



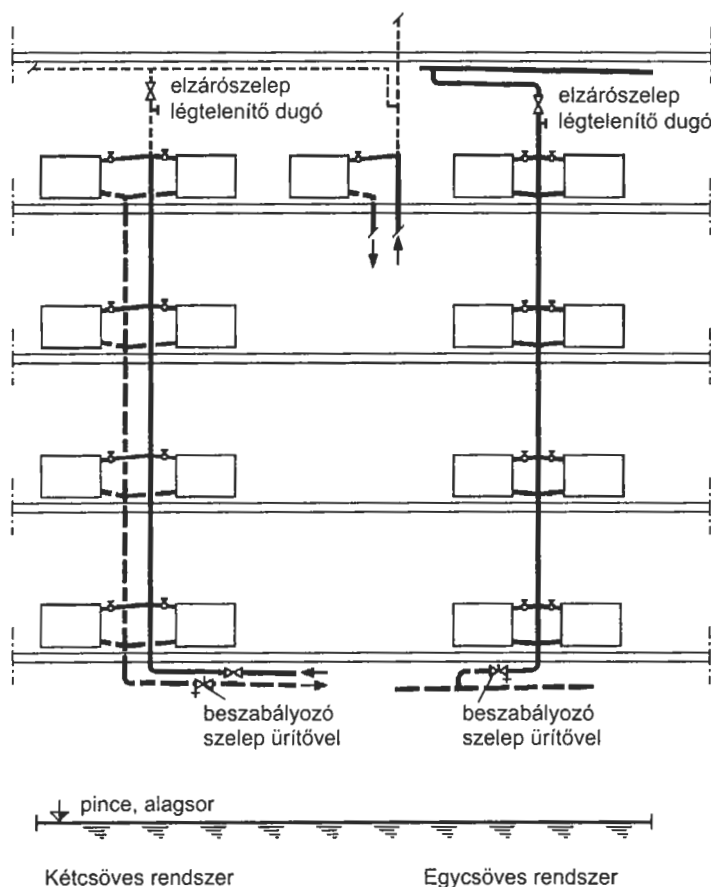
25.28/b ábra. Tichelmann rendszerű, 3 vezetékes alapvezeték



25.28/c ábra. Vízszintes elosztású egycsöves fűtés – arányos nyomáskülönbségek

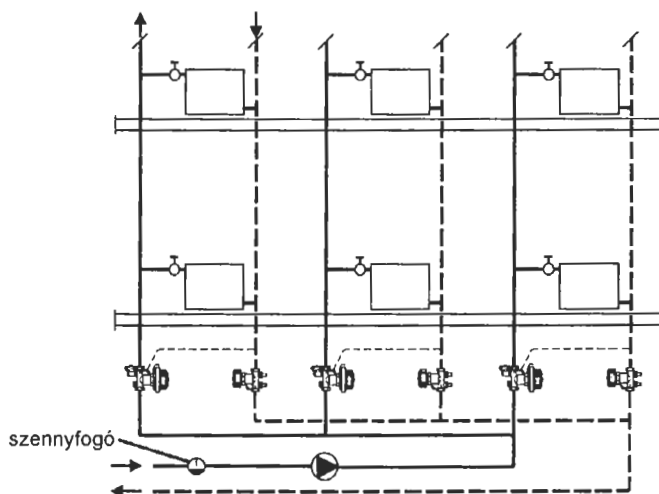
### 25.5.3. A felszálló-leszálló csőrendszerek és a szabályozhatóság

Így eljutottunk a fűtések kialakításának egy újabb, igen fontos részletéhez: a felszállók szerelvényezéséhez. Az alapvezetékhez csatlakozó további elosztó csővezetékek általában a felszálló-leszálló csőpárok\*. A felszállókat az eddigiek értelmében igényes rendszereknél egyenként tölthetővé és üríthetővé kell tenni, és ennek megfelelően a légtelenítést és légbeszívást is meg kell oldani. (25.29. ábra). Ez azonban a mai rendszereknél a nagy szivattyúnyomás mellett a kiegyenlített hidraulikai működés biztosítására nem elegendő, meg kell oldanunk azt is, hogy lehetőleg valamennyi áramkörön azonos nyomás álljon rendelkezésre. Emiatt ma korszerű szabályozószeleppel látjuk el a felszállókat, melyek igen pontos beszabályozást tesznek lehetővé (25.30/a). Ez a feladat ma gyakran jelentkezik a fűtési rendszerek korszerűsítésénél is.



25.29. ábra. Felszálló-leszálló csőpárok szerelvényezése

\* Megjegyezzük, hogy az erős német hagyományok miatt ezeket gyakran „STRANG”-nak nevezik, ami persze igen helytelen a magyar szóhasználatban.

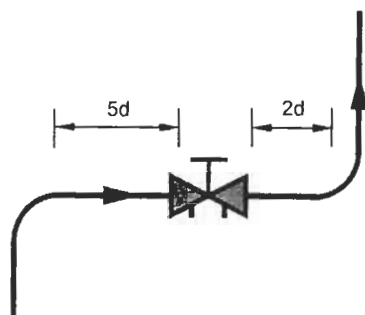


25.30/a ábra. Szabályozószelepek a felszállók alján

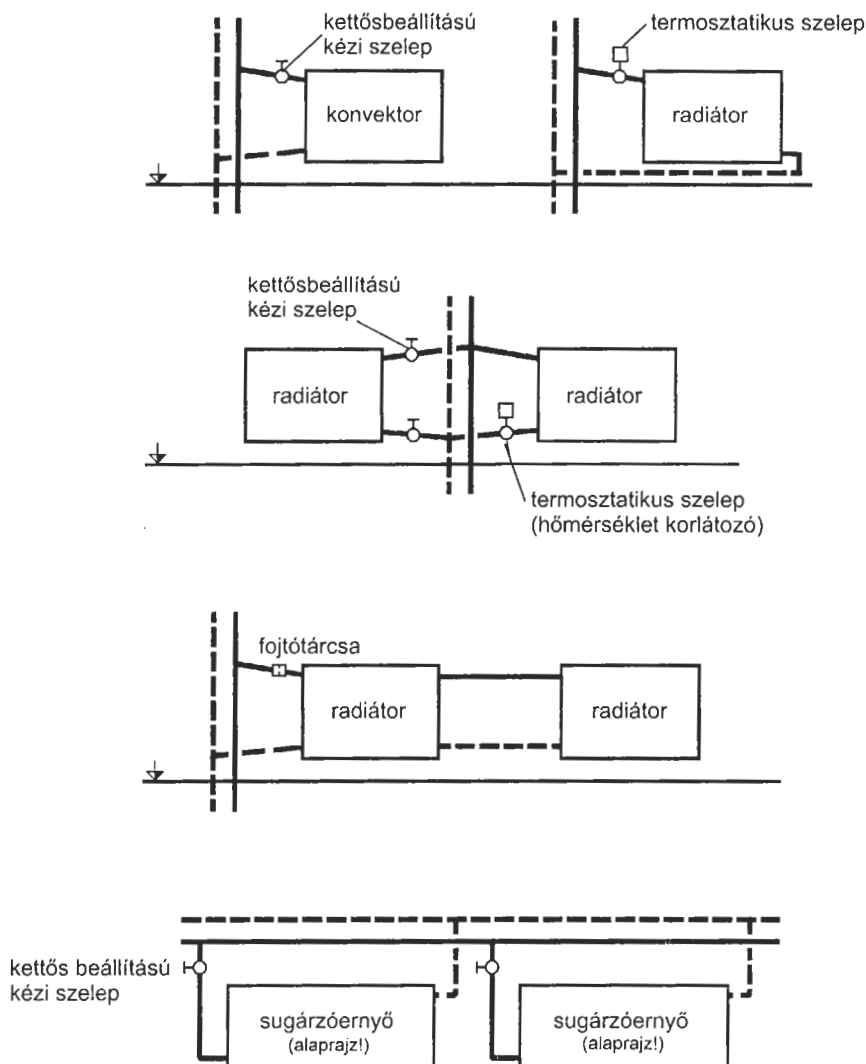
A felszállórendszereket egy- és kétsőves hálózatokra bonthatjuk. A hagyományos fűtési megoldások általában *kétsőves* megoldásúak (25.31. ábra). Értelmszerűen itt minden fűtőtest áramköre egymással párhuzamos áramköröket alkot, s az elzárás-beszabályozás és szabályozás itt is ugyanúgy megoldandó, mint ahogy azt az előbbieken a felszállóknál említettük. *Beszabályozás* alatt a fűtéstechikában azt értjük, hogy a fűtés kivitelezése után minden egyes párhuzamos áramkör részére – legyen az felszálló, vagy hőleadó – éppen annyi nyomást biztosítunk, amennyi az áramkör hidraulikai működtetéséhez szükséges. A *szabályozás* művelete azután erre a besabályozásra superponálódik a fűtőrendszer használata során olyan esetekben, amikor kisüt a nap, amikor nagy a belső hőterhelés, vagy amikor hosszabb időre elhagyjuk a fűtött szobát.

A korszerű besabályozás néhány igen fontos elemét az alábbiakban rögzítjük, [15] nyomán.

Ahhoz, hogy a besabályozó szelep mérési pontossága megfelelő legyen, elegendő a szelep előtt  $5d$ , a szelep után  $2d$  hosszúságú egyenes szakasz beépítése (25.30/b ábra). Ha a besabályozó szelepet erős turbulenciát okozó szerelvény – pl. egy szivattyú vagy szabályozó szelep – mögé építik be, ajánlatos a szelep előtti egyenes szakasz hosszát  $10d$ -re választani (ahol  $d$  a cső átmérője!). Ebbe az egyenes szakaszba nem szabad semmilyen turbulenciát okozó (az áramlást megzavaró) szerelvényt, pl. hőmérőt sem beépíteni.



25.30/b ábra. Egyenes csőszakaszok a besabályozó szelep előtt és után



25.31. ábra. Hőleadók kötése kétsőves fűtésnél

Hidraulikai szempontból közömbös, hogy a beszabályozó szelepet az előremenő vagy a visszatérő vezetékbe építik be. Az átfolyási irányt természetesen bármelyik beépítés esetén be kell tartani.

A tapasztalatok alapján azonban a szelepet célszerű inkább a visszatérőbe beépíteni, különösen, ha töltési és ürítési feladatra is alkalmazni akarjuk. Ebben az esetben ugyanis a felszálló csővezetékei és hőfogyasztói egyszerűen leüríthetők.

A gyakorlatban a beszabályozó szelepet jól hozzáférhető helyre célszerű beépíteni, ahol a szelep előtt az áramlás megzavarása elkerülhető.

A beszabályozást megelőző helyszíni szemlével rengeteg felesleges munkát takaríthatunk meg. Egy ilyen felmérés során a következőkre fordítsunk különös figyelmet:

- ellenőrizzük a terveken, hogy a beszabályozó szelepek mellett feltüntetették-e a beállítandó térfogatáramokat;
- ellenőrizzük, hogy a felszálló egészére megadott, beállítandó térfogatáram valóban megegyezik-e a felszállóra csatlakozó fogyasztók által igényelt térfogatáramok összegével;
- ellenőrizzük, hogy az elkészült berendezés kialakítása megfelel-e a terveknek. Ha szükséges, módosítani kell a kapcsolást és a térfogatáram-értékeket;
- állapítsuk meg, hogy hol találhatók a beszabályozó szelepek, és győződjünk meg arról, valóban hozzáférhetőek-e;
- ellenőrizzük a szelepek méretét, és lássuk el adattal (amely a szelepek tartozéka);
- ellenőrizzük, hogy a rendszert átmosták és légtelenítették-e, a szennyfogók tiszták-e;
- állapítsuk meg, hogy a visszacsapó szelepeket valóban az áramlásirányának megfelelően építették-e be, nincsenek-e zárva, vagy a zárási irányból kitámasztva;
- ha egyes hőfogyasztók túlméretezettek, ellenőrizzük, hogy névleges térfogatáramuk korrigálható-e;
- a csövekben a nyomásvesztés  $80\text{ °C}$  és  $20\text{ °C}$  közötti hőmérséklettartományban kb. 20 %-ot változik, ezért fontos, hogy a beszabályozás alatt az egész rendszerben azonos hőmérséklet uralkodjék.

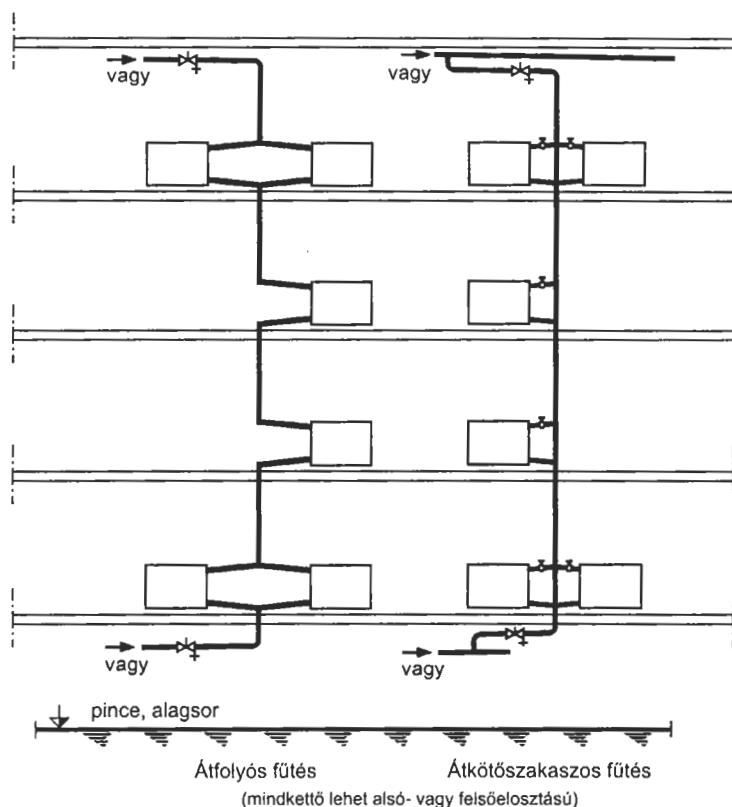
Mielőtt a beszabályozást elkezdenénk:

- készítsük elő a beszabályozás jegyzőkönyvét és a szükséges segédeszközöket;
- ellenőrizzük a rendszer statikus nyomását;
- ellenőrizzük a zárószerelvények állását;
- a termosztatikus szelepekről távolítsuk el a termosztátfejeket, hogy a szelepek biztosan teljesen nyitva legyenek;
- ellenőrizzük, hogy a szivattyúk megfelelően üzemelnek-e. A fordulatszám-szabályozott szivattyúkat kézi vezérlésre állítsuk át.

Az 1950-es évek derekától sajnálatos módon az építési elgondolás szembefordult a jó szabályozhatóság elvével, és egy máig nagy gondokat okozó irányzat alakult ki. A tömeges lakásépítés időszakában, kb. 1950 és 1985 között ugyanis az uralkodó szemlélet az volt, hogy a szakipari eljárások, például a fűtésszerelés minél gyorsabban kövesse az iparosított, előregyártott (pl. paneles) építési technológiát, s hogy minél olcsóbban és minél inkább előregyártva lehessen a fűtési rendszereket megvalósítani.

Ezidőben alakultak ki az **egycsöves rendszerek**, melyek két fő megoldási típusát a **25.32. ábra** mutatja. Különösen az úgynevezett **átfolyós** egycsöves fűtések szolgálták az előregyártás gondolatát. Ma már világos e rendszerek hátránya, mely a szabályozhatóság – mérhetőség – és elszámolhatóság megoldhatatlanságában, és általában, minden egyéni,

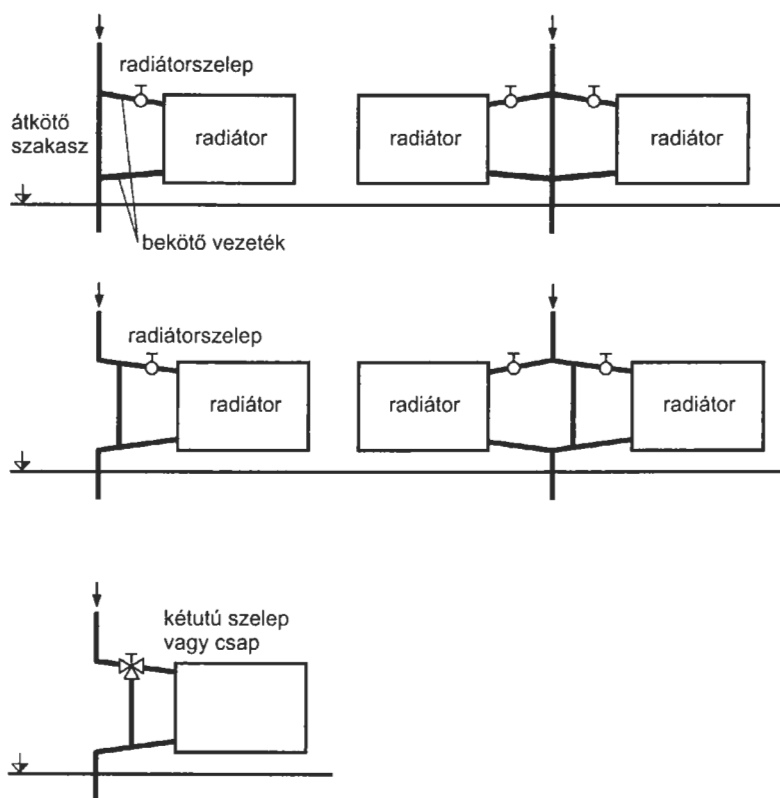




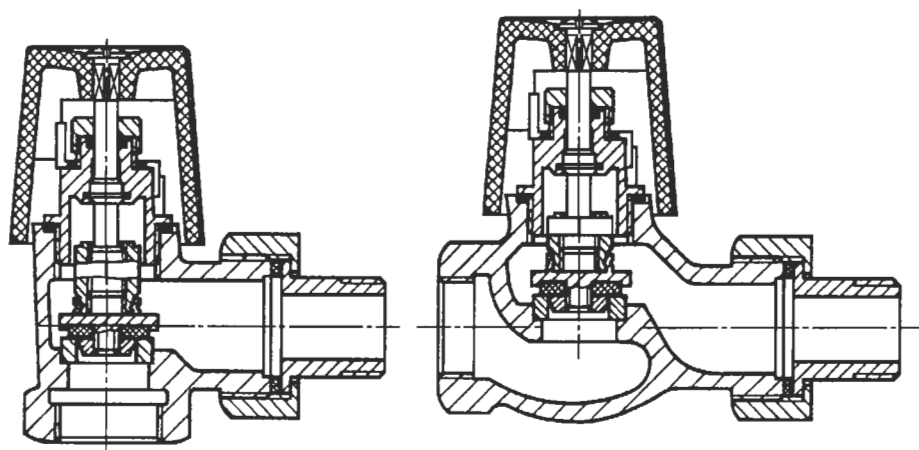
25.32. ábra. Egycsőes fűtési rendszerek [51]

individuális kezdeményezés végrehajtásának lehetetlenségében nyilvánul meg. Természetesen a paneles építkezés korszakában is törekedtek a rendszerek korszerűsítésére, így alakult ki a 25.32. ábra jobb oldalán bemutatott **átkötő-szakaszos** egycsőes fűtés. A csőanyag- és élőmunka megtakarítási lehetőség tehát terhes örökséget hagyott ránk, s ezért is igen fontos, hogy megtanuljuk mindazon módszereket, melyekkel a nagyszámú meglévő fűtött létesítmény korszerűvé, kényelmessé és aránylag olcsón fűthetővé tehető. Ezek az átalakítások aránylag egyszerűen oldhatók meg az átkötőszakaszos kötéseknel úgy, hogy a hajdani kettősbeállítású radiátorszelepeket termosztatikus szelepre cserélik (25.33. ábra) [10], [32], [48].

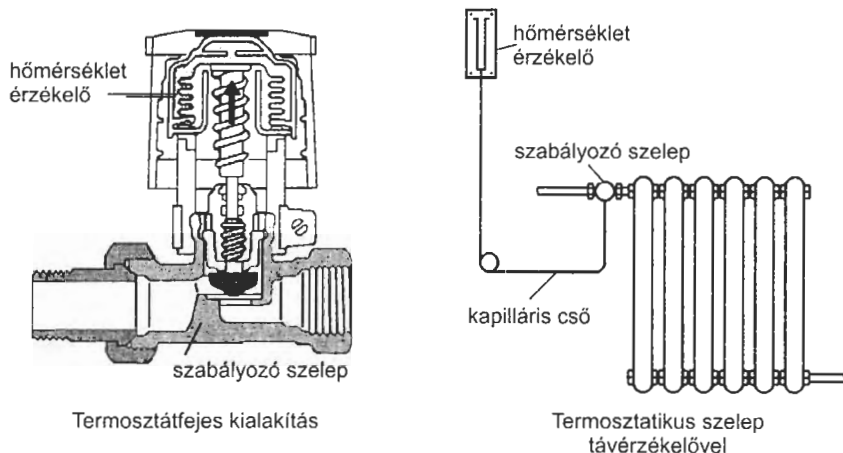
A kétcsőes fűtések korában, és az igényesebb egycsőes fűtéseknel kb. az 1970-es évekig az úgynevezett kettősbeállítású radiátorszelepet alkalmazták (25.34. ábra), mely a beállítás-beszabályozást és az elzárást is megoldotta, s sokáig a fűtéstechika nélkülözhetetlen eleme volt. Az energia- és olajválságok beköszöntével azonban kiderült, hogy a mai energiatakarékossági és kényelmi szempontok ennél sokkal többet kívánnak, s így a fűtési rendszereket már termosztatikus radiátorszeleppel látjuk el (25.35. ábra). Ezekkel lehetővé válik a helyiségek pontos hőmérsékletszabályozása, s így ezek egyben a felszállószelepekhez hasonlóan a mai fűtési korszerűsítés jelentős elemei. A termosztatikus radiátorszeleppel



25.33. ábra. Átkötőszakaszos egycsöves fűtési rendszerek radiátorkötései



25.34. ábra. Kettősbeállítású radiátorszelep

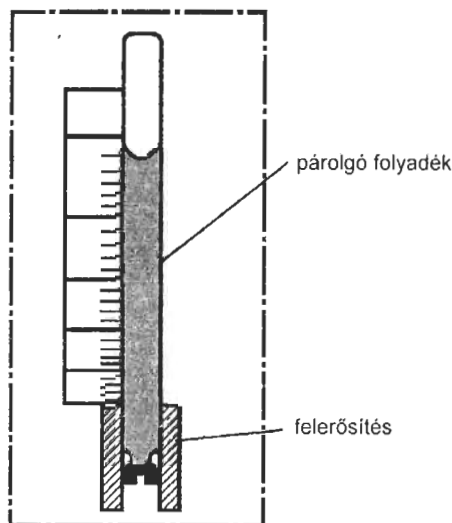


25.35. ábra. Termosztatikus radiátorszelep

lehetővé válik az időben-térben eltérő hőmérsékletek beállítása is. Ma Németországban, ahol minden egyes fűtőtesten van már ilyen szerelvény, az emberek ugyanúgy „elzárják” a fűtést (azaz kis fokozatra állítják a szelepet), mint ahogyan eloltják a világítótesteket, amikor hosszabb időre elhagyják a helyiséget.

Ugyanezen megoldásokat egészítik ki az úgynevezett hőmennyiség- vagy **költségmegosztók** is. Ha ugyanis egyszer már lehetővé tettük a szabályozást, akkor meg kell teremteni a takarékoságnak megfelelő számlázási- és fizetési feltételeket is.

Ezt az elavult csővezetésű épületekben technikailag az elpárolgotatós rendszer biztosítja. Lényege egy üvegcsővecske, mely erre a célra alkalmas, igen nagy forrási hőmérsékletű folyadékkal van megtöltve (pl. *tetralin*, vagy hasonló). Elvét a 25.36. ábra mutatja. Ismerünk más, pl. elektronikus elven működő költségmegosztókat is. Az egy-egy fűtési időszak alatt felhasznált hőmennyiség arányos az elpárolgással, és ezt a csővecske mellett elhelyezett skálán lehet leolvasni. Az egyes hőleadók által leadott hőáram így viszonyítható a teljes hőáramhoz, melyet például a hőközpontban az egész épületre vonatkoztatva mérnek. Ily módon a fűtési költségek 50–70%-a felosztható, míg a maradék 50–30% mint állandó, vagy nem felosztott költség nem áll arányban a felhasznált hővel, hanem például a beépített teljesítménnyel, vagy a lakás alapterületével. Ma ezek a törekvések egyre inkább



25.36. ábra. Elpárolgás elvén működő költségmegosztó

teret nyernek nálunk is a fűtések korszerűsítése és átalakítása során, és az első próbálkozások igen kedvező, 18–33% megtakarítást hoztak, [54], [57]. Felhívjuk a figyelmet, hogy a kulturált megoldás terjesztésének sok az akadálya. Megemlítjük például, hogy a paneles építkezésnél a lakás elválasztó falak és födémek szigeteteletlenek, s hogy az elosztó csővezeték hőleadásának figyelembevétele nem könnyű feladat. Mindez azonban nem veheti el a jövő épületgépészeinek kedvét attól, hogy az égető kérdést megoldják. Ma már a magyar kormány (ill. egyes esetekben a hőszolgáltató cég) kölcsönt nyújt e megoldás kivitelezéséhez és a távhőszolgáltatás törvényi szabályozása is e rendszert támogatja.

#### 25.5.4. A hőleadók és kötőmódjuk

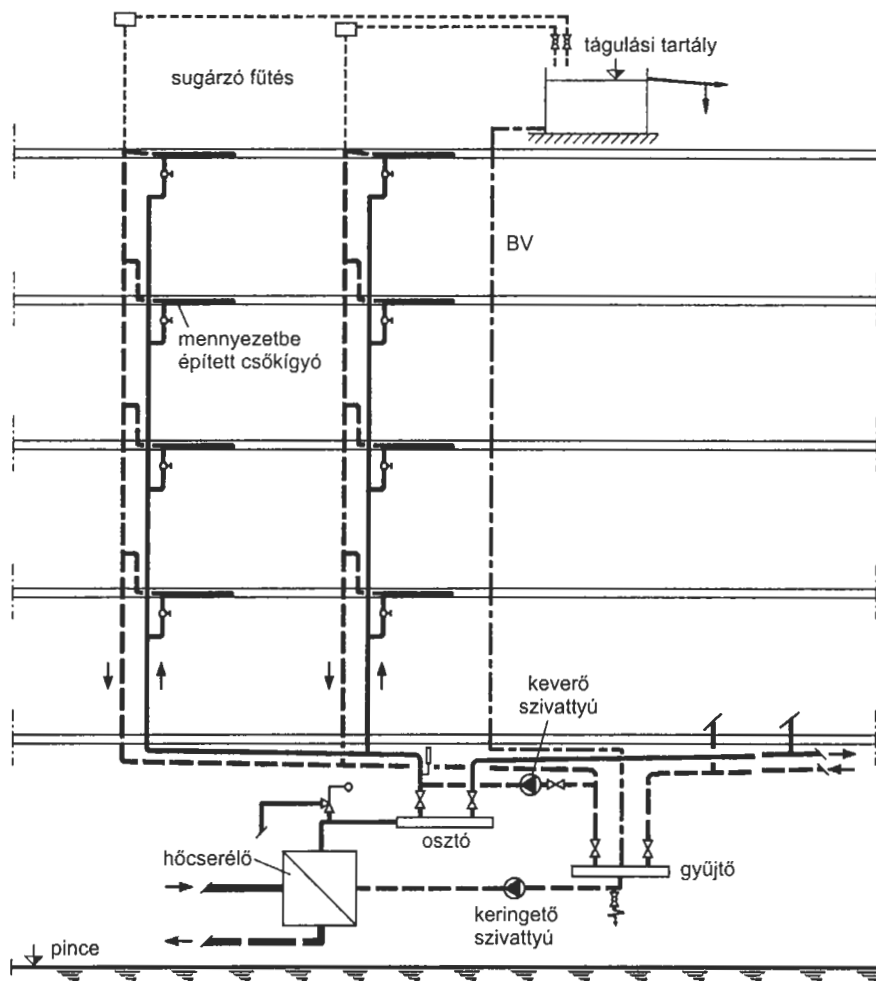
Elérkeztünk a fűtési rendszerek célpontjához: a hőleadókhoz. Mint azt kötetünk „Hőleadók” c. fejezetéből tudjuk, a hőleadás mechanizmusa lehet döntően konvekciós és döntően sugárzó jellegű. Nem is foglalkozunk itt e fejezet keretében a hőleadók részletezésével, csupán azt mutatjuk meg, hogy a rendszerben mi is változik abban az esetben, ha az eddig rajzolt konvekciós jellegű, általában radiátorokkal ábrázolt fűtések helyett sugárzó hőleadók működnek.

A sugárzó fűtések elterjedése az elmúlt század harmincas éveiben a mennyezetfűtéssel indult. (Ez volt az úgynevezett „*Critall*” fűtés, mely nevét a szabadalmaztató cégtől kapta). Függőleges elrendezését mutatja az **25.37. ábra**, részletes kialakításáról kötetünk „Sugárzó fűtések” c. fejezetében olvashatunk.

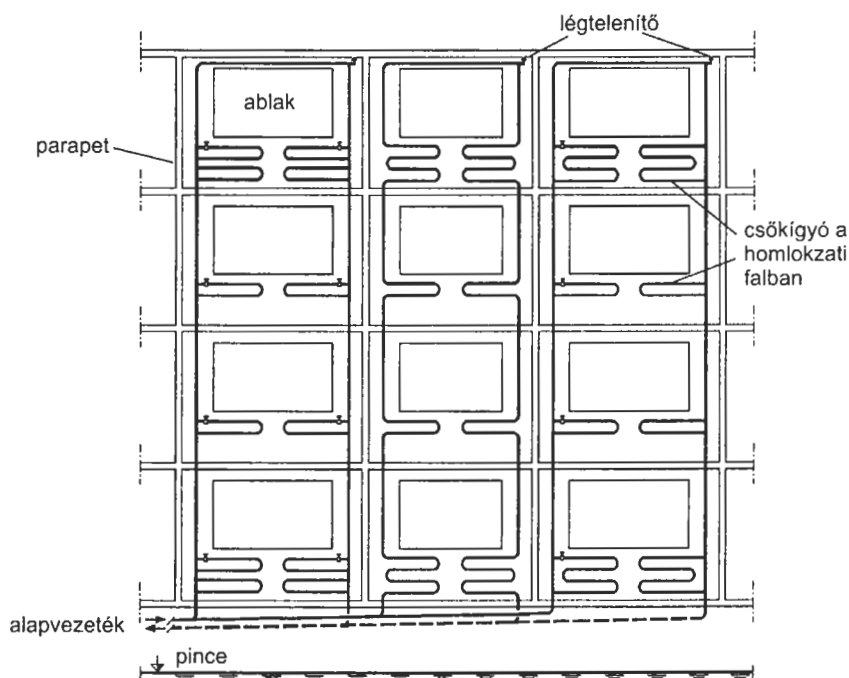
A tömeges lakásépítés előbb vázolt szemlélete a sugárzó fűtést is szolgálatába állította, az **25.38. ábrán** bemutatott külső falfűtés formájában. A mennyezet- és külső falfűtésnek természetesen van korszerű, és szabályozható változata is, főként nagy terek, előcsarnokok, ipari fűtések terén (ld. „Sugárzó fűtések”, és „Légfűtések” c. fejezet).

A sugárzó fűtések egész külön fejezete a *sugárzóernyők* alkalmazása, ezeket általában forróvízzel, vagy gőzzel fűtik, és tárgyalásukra szintén a „Sugárzó fűtések” című fejezetben kerül majd sor. A lakó- és igényesebb kommunális épületeknél manapság előszeretettel alkalmazzák a *padlófűtéseket*. Elterjedésüket főként a közérzeti tényezők, a kedvező hőmérsékleteloszlás, az energiatakarékosság, az esztétikai megjelenés és az építészeti és építőanyagipari megoldásokhoz való alkalmazkodás indokolja. Gondoljunk a nappali szobákkal egybeépülő kertekre és teraszokra, az újszerű burkolatokra. A korszerű szabályozás lehetővé teszi, hogy e padlófűtéseket a konvekciós fűtésekkel együttesen lássuk el energiával. Ilyen kapcsolást mutat a fejezetünk végén közölt **25.60. ábra**, amit a radiátoros fűtéssel együtt ellátható hőellátási módozatok sorában mutatunk be. Egyébként a padlófűtésről igen részletesen olvashatunk kötetünk „Sugárzó fűtések” c. fejezetében.

Megjegyezzük, hogy a padlófűtés alkalmazása a számtalan előny mellett is óvatosságot, körütekintést és felelősségteljes megfontolást igényel. Pusztán példaként említjük, hogy a vizes csoportok földben haladó szennyvízvezetékei akadályt jelenthetnek, hogy a szabályozhatóság nem könnyű feladat, stb.



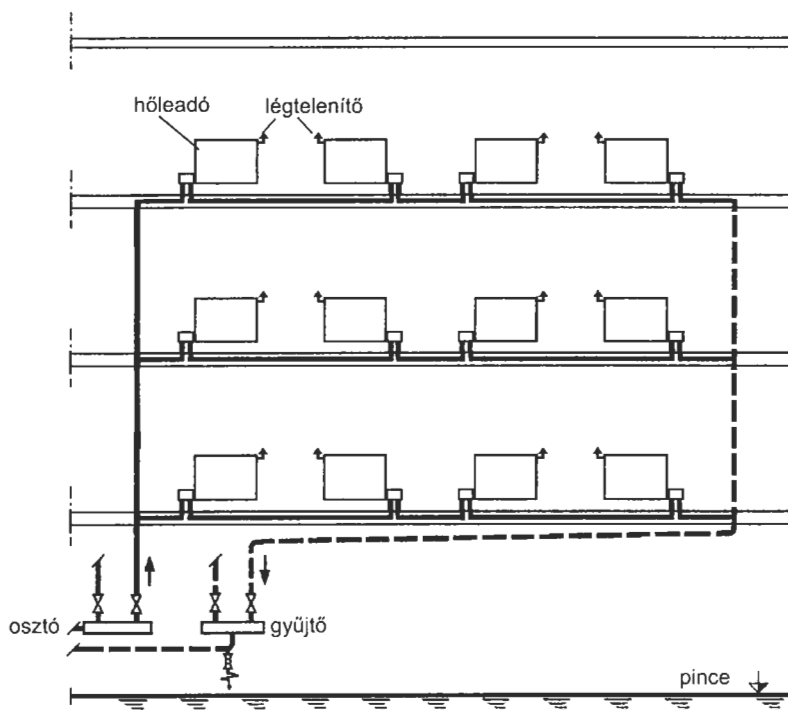
25.37. ábra. Mennyezetbe épített sugárzó fűtés [51]



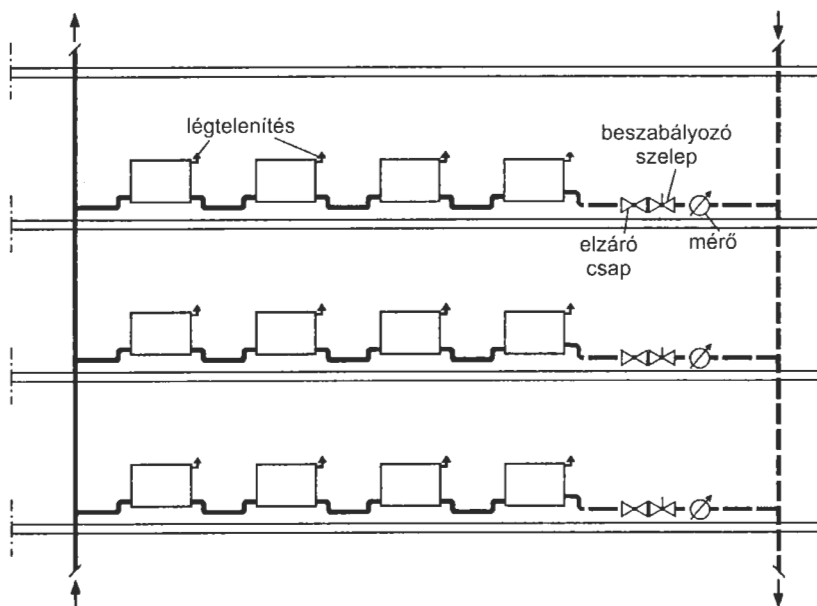
25.38. ábra. Sugárzó fűtés, külső falfűtéseként megoldva

### 25.5.5. Korszerű, egyedi szabályozást és mérést biztosító rendszerek

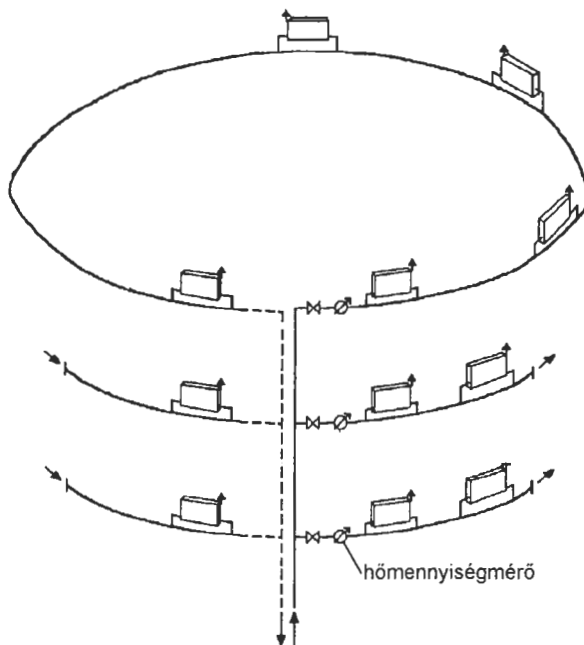
Tekintsünk most az **25.39. ábrára**, amivel elérkeztünk a valóban korszerű fűtések gondolatához és rendszeréhez. Ha ugyanis megszabadulunk attól az elképzeléstől, hogy egy-egy függőleges helyiség-oszlopot kötünk egy-egy felszállóra, s e helyett függőleges elosztó-rendszerre vízszintesen egybefüggő egységeket, pl. egy-egy lakást kapcsolunk, úgy a fűtés új mérési és szabályozási lehetőségét kapjuk. A **25.40/a ábrán** világosan látszik, hogy egy-egy lakás önállóan szabályozható és mérhető fűtési egységet alkot. Így egy-egy szinten több önálló elszámolási egység van, ez a megoldás módot ad a teljes függetlenségre. Másik példánkon köralaprájzú szállodát mutatunk (**25.40/b ábra**), ahol az épület alakja, és az emeletenkénti üzembehelyezés lehetősége nyújt ennek a megoldásnak kiváló alkalmazást. A **25.41. ábrán** bemutatjuk az ilyen típusú rendszereknél alkalmazott hőmennyiségmérők elvét, az **25.42. ábra** pedig az ilyen típusú fűtések hőleadó-kapcsolási lehetőségeit mutatja. Már említettük a korszerű csővezetéseket, ahol az átmérő igen kicsi, a csővezeték esztétikus, a kapcsoló elemek szintén kisméretűek, szépek, és a szerelés teljesen tisztán hajtható végre. Az ábrák tehát azt mutatják, hogy megtaláltuk a korszerű építészethez alkalmazkodó, kisméretű, kis térfogatú és helyfoglalású, esztétikus, kényelmes és takarékos fűtési megoldás kulcsát, mely sok esetben az átalakítások vezérfonalát is nyújtja számunkra.



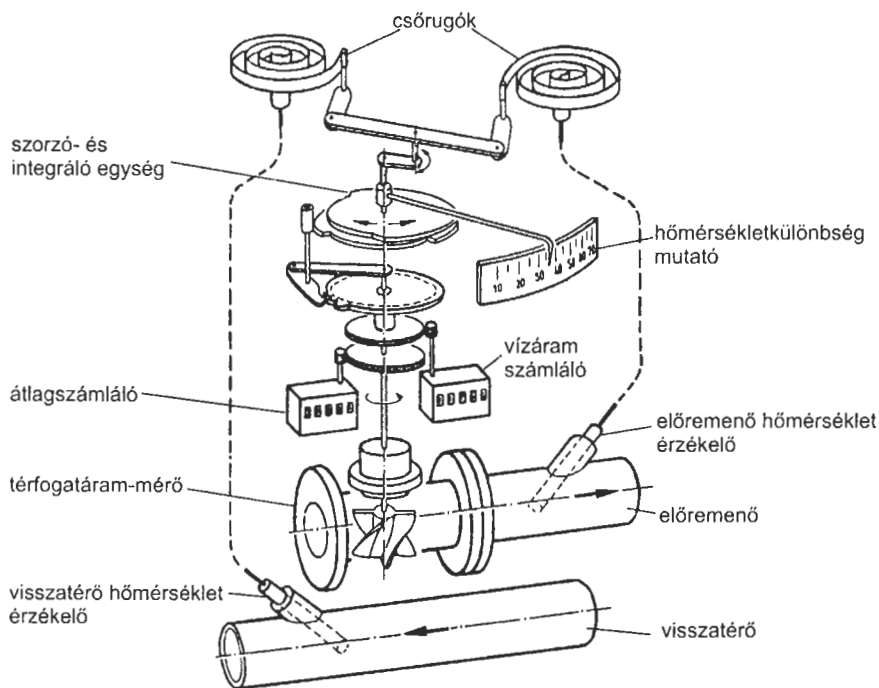
25.39. ábra. Vízszintes elosztású fűtési rendszer



25.40/a ábra. Vízszintes egycsöves rendszerek mérése és szabályozása

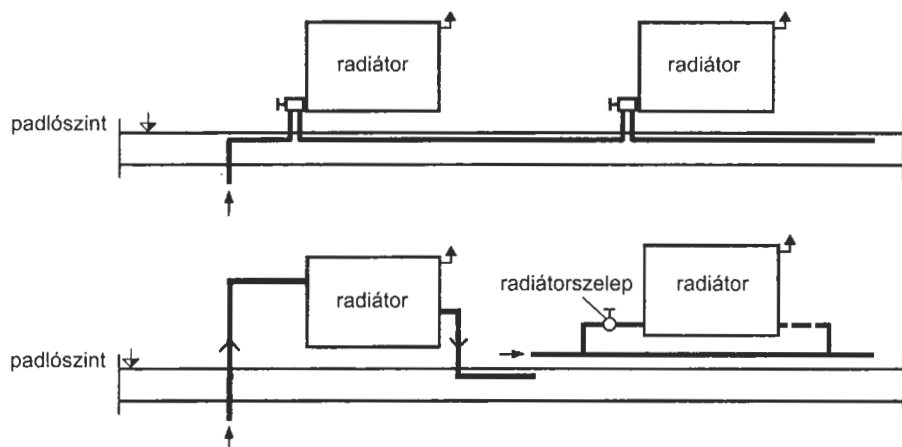


25.40/b ábra. Kör alaprajzú szálloda fűtése



25.41. ábra. Hőmennyiségmérők elve és egy lehetséges megoldás





25.42. ábra. Vízszintes elosztású fűtés. Fűtőtest kapcsolások módjai

Ugyanezen a helyen visszahivatkozom a 25.28/c ábrára, mely lényegében hasonló mérési-szabályozási lehetőséget kínál.

## 25.6. Távfűtésre kapcsolt szivattyús melegvízfűtések

Ahogy azt kötetünk „Hőcserélők”, valamint „Hőközpontok” c. fejezetében láttuk, manapság a szivattyús melegvízfűtési rendszerek nagy hányada nem kazánoktól, hanem távfűtési hálózatokról kapja a hőenergiát. Ilyenkor az eddig tárgyalt kazánházak, kazántelemek helyett hőközpontokat találunk a fűtött épület hőforrásaként.

A távfűtések különféle energiagazdálkodási, környezetvédelmi és a fogyasztók kényelmét szolgáló urbanizációs és közműfejlesztési szempontok miatt a múlt század végén alakultak ki, és különösen az 1950–1980 közötti években fejlődtek rohamosan.

A távfűtések elvi és gyakorlati megoldása, előnyei, alkalmazási korlátai, a fejlődés üteme, változása külön fejezetet igényel, s e fejezetés nagyon megtörné mostani, a melegvízfűtések-ről szóló gondolatmenetünket.

A távhőszolgáltatás rövid ismertetése külön szerepel kötetünk „Távhőszolgáltatás” c. fejezetében. Itt most a további tárgyalás gördülékenysége érdekében csak azt említjük meg, hogy a távhőellátás hőhordozó közege alapvetően

- forróvíz, és
- közép- vagy nagy nyomású gőz lehet.

A forróvíz definíciójával már foglalkoztunk a 25.1. táblázatban. A gőz hőhordozót kisnyomásúnak nevezzük akkor, ha túlnyomása nem haladja meg a 0,5 bar értéket. Ennél nagyobb nyomás esetén közép- vagy nagy nyomású gőzről beszélünk. Ennek tárgyalására részletesen kitérünk majd „Nyitott rendszerű kisnyomású gőzfűtések” c. fejezetünkben.

### 25.6.1. Forróvíz távhálózatra kapcsolt fűtési hőközpont

A forróvízrendszereket mostani, rövid tárgyalásunk szempontjából feloszthatjuk

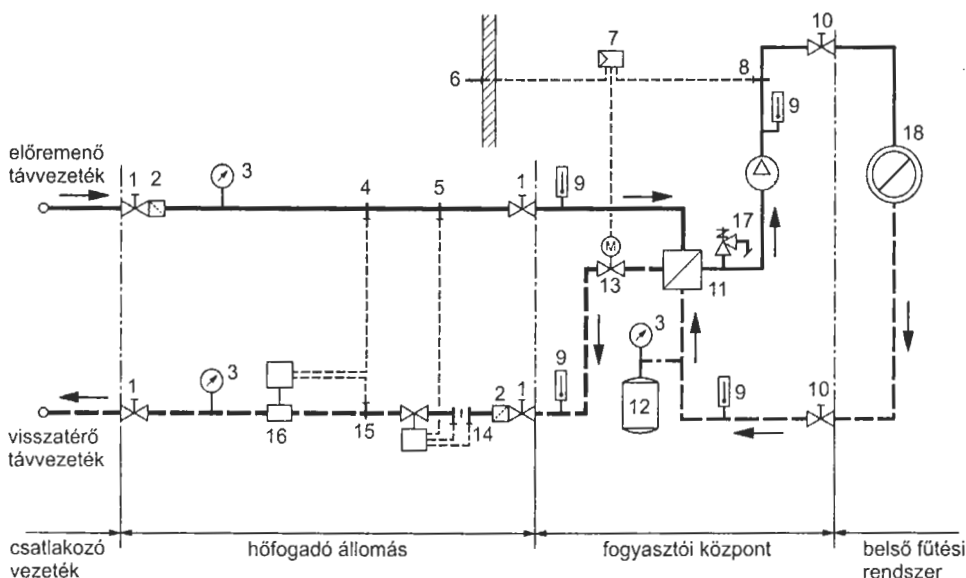
- két- és
- háromvezetékes rendszerekre.

A kétvezetékes rendszereknél egy változó hőmérsékletű előremenő- és visszatérő vezeték található, ahol a hőmérséklet a külső hőmérsékletnek megfelelően változik. A háromvezetékes rendszereknél két előremenő- és egy visszatérő vezeték van. Itt az egyik előremenő vezeték hőmérséklete az időjárástól függetlenül állandó, és erről a vezetékről fűtéstől eltérő hőmérsékletigényű fogyasztókat (pl. használati melegvíztermelés, technológia, légtechnika) látunk el hővel.

A kétvezetékes forróvízrendszerekre alapvetően

- közvetve és
- közvetlenül lehet fűtési rendszereket kapcsolni.

A 25.43. ábrán közvetett (indirekt) kapcsolást látunk, ahol tehát a szekunder, azaz belső, házi fűtési rendszer hidraulikailag teljesen független a primer, vagy távhálózati rendszertől. Ezen rendszerek valaha szinte kizárólagosak voltak, hiszen a hidraulikai elválasztás védi a távhálózati oldalon a kémiaileg előkészített vízminőséget, a belső fűtés oldalán pedig



25.43. ábra. Közvetett kapcsolású házi hőközpont

1 – elzáró szelep; 2 – szűrő – szennyfogó; 3 – manométer; 4 – hőmérő (méréshez); 5 – hőmérő (szabályozáshoz); 6 – külső hőmérséklet érzékelő; 7 – előremenő hőmérséklet szabályozása a külső hőmérséklet függvényében; 8 – hőmérő (szabályozáshoz); 9 – hőmérő; 10 – elzáró szelep; 11 – hőcserélő; 12 – zárt táglalási tartály; 13 – szabályozó szelep; 14 – mennyiség szabályozó (nyomáskülönbség alapján); 15 – hőmérő (méréshez); 16 – hőmennyiségmérő; 17 – biztonsági szelep; 18 – hőleadó v. fűtési fogyasztó egy lehetséges változata

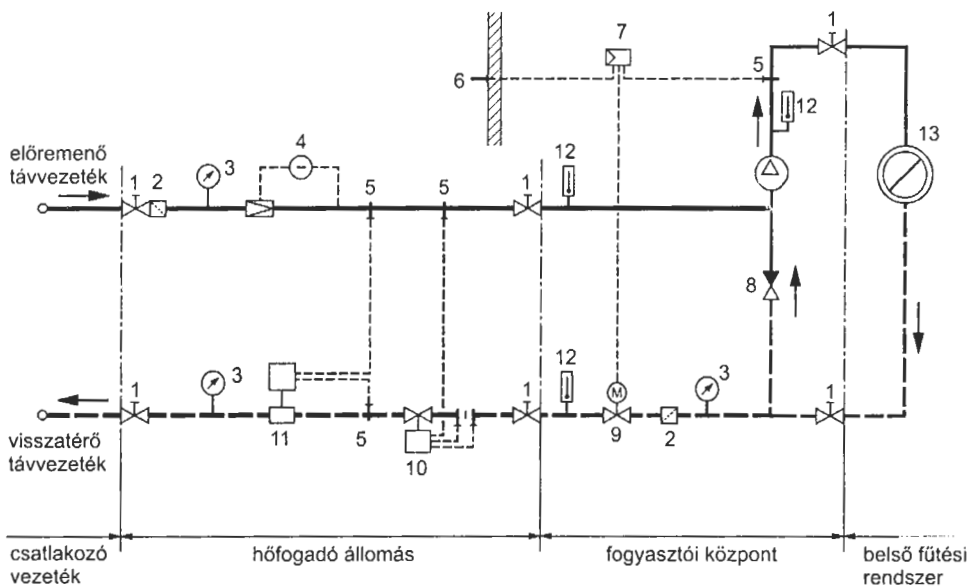
lehetővé teszi a nyomásviszonyok önálló alakítását, a távhálózati nyomástól való teljes függetlenséget. (A hőfogadó kialakítását a „Hőközpontok” c. fejezetben tárgyaltuk.)

A helytakarékosságra való törekvések és a jóminőségű szerelvények kialakítása később aztán egyre elterjedtebbé tette az úgynevezett közvetlen kapcsolást. Manapság azonban, amikor igen kis helyfoglalású, nagyon jól karbantartható hőcserélők, valamint úgynevezett kompakt hőközpontok állnak rendelkezésre (ld. kötetünk „Hőcserélők” c. fejezetét), ismét a közvetett, vagy idegen szóval indirekt hőközpontokat alkalmazzák előszeretettel. Az ábra szerint megkülönböztetjük:

- a csatlakozóvezetékét,
- a hőfogadó állomást,
- a fogyasztói hőközpont alkotóelemeit és
- a belső fűtőberendezést.

A szükséges szerelvényeket az ábrán jellemezzük. Megjegyezzük, hogy az ábra csupán egy példa az ilyen típusú hőközpont megoldásra, és a szekunder oldalon is számtalan eddig már leírt fűtési megoldás elképzelhető.

A **25.44. ábra** közvetlen (direkt) kapcsolási példát mutat, szintén ábrázolva a hőközpont részeit, és a szükséges szerelvényeket. Itt ebben a rövidített ismertetésben három fontos kérdésre hívjuk fel a figyelmet.



25.44. ábra. Közvetlen kapcsolású hőközpont

- 1 – elzáró szelep; 2 – szűrő – szennyfogó; 3 – manométer; 4 – nyomásbiztosítás; 5 – vízhőmérséklet érzékelő; 6 – külső hőmérséklet érzékelő; 7 – előremenő hőmérséklet szabályozása a külső hőmérséklet függvényében; 8 – visszacsapószelep; 9 – szabályozó szelep; 10 – mennyiség szabályozó (nyomáskülönbség alapján); 11 – hőmennyiségmérő; 12 – hőmérő; 13 – fogyasztó (pl. hőleadók)

– A házi rendszerben mindig lényegesen több a keringő vízáram, mint a primer, távfűtési körben. Példaképpen említve a szokásos hőmérsékletviszonyokat: a távhálózaton pl. 130/70 °C hőmérsékletű víz kering, míg a belső rendszerben 90/70 °C a hőmérsékletviszony. Emiatt a hőveszteség nélkül számított, átadott hőáram:

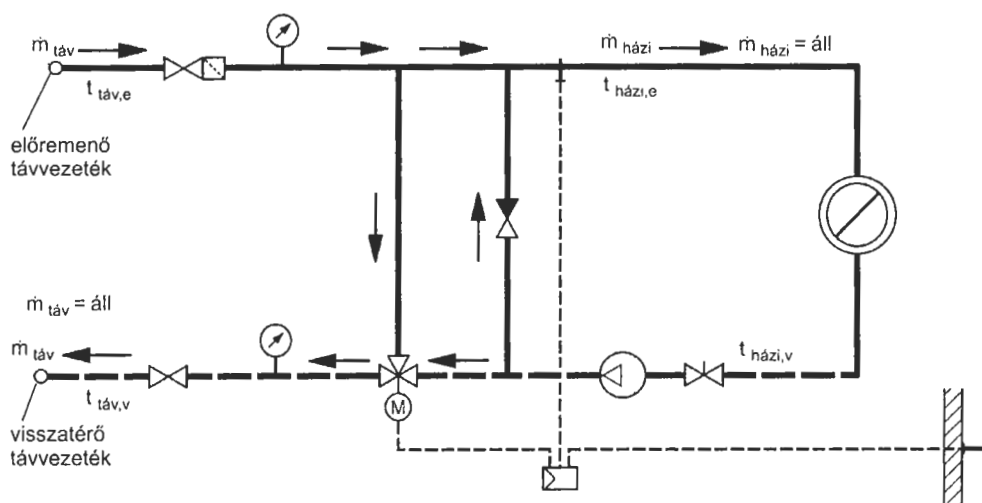
$$\dot{Q}_{táv} = \dot{m}_{táv}(t_{táv,e} - t_{táv,v}) = 60 \dot{m}_{táv} \quad (25.9.)$$

$$\dot{Q}_{házi} = \dot{m}_{házi}(t_{házi,e} - t_{házi,v}) = 20 \dot{m}_{házi} \quad (25.10.)$$

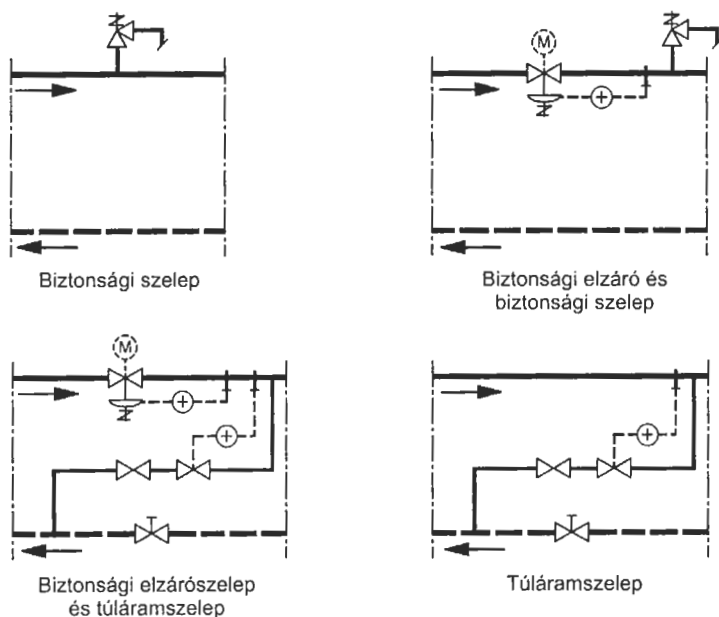
$$\frac{\dot{m}_{táv}}{\dot{m}_{házi}} = \frac{60}{20} = 3 \quad (25.11.)$$

Ezért ezek a rendszerek úgynevezett alap-visszakeveréssel dolgoznak, s erre szuperonálódik a pillanatnyi szabályozási igényből (napsütés, belső hőterhelés, stb, eredő szabályozás **(25.45. ábra)**).

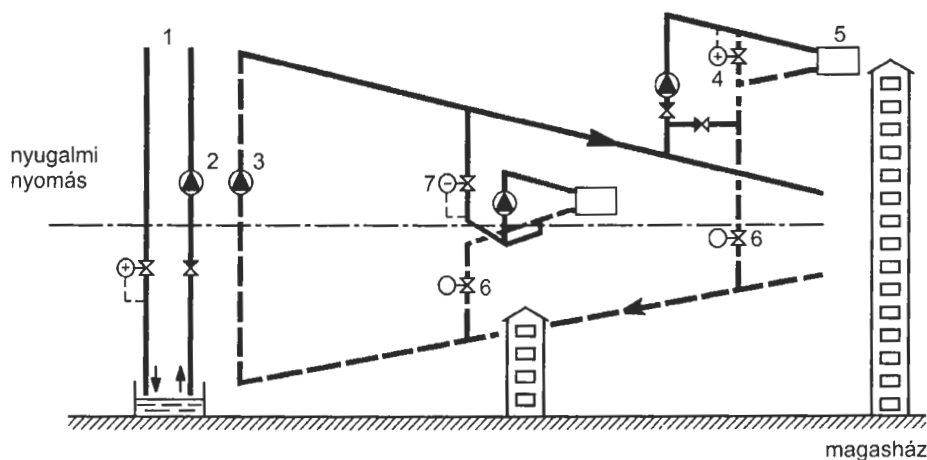
- A belső hálózat védelmére, a hőleadók által túrt nyomáshatár biztosítására minden esetben *nyomáscsökkentő szelepet* alkalmaznak. Ezek általában segédenergia nélkül működő, nagy üzembiztonságú, aránylag gyors beavatkozású szelepek. A nyomáscsökkentőt úgy kell megválasztani, hogy a távhálózat előremenő vezetékében előforduló legkisebb nyomás esetén előálló nyomáskülönbség mellett is képes legyen arra, hogy a méretezési víz-térfogatáramot átteressze.
- A nyomáscsökkentő szelep után biztonsági szelepet kell elhelyezni. Ha azonban a szolgáltató cég kényes arra, hogy a távhálózaton keringő előkészített, kezelt víz ne távozhassék el a rendszerből, akkor a biztonsági szelepet úgynevezett túláramszelep helyettesíti **(25.46. ábra)**.
- A közvetlen rendszereknél mindig fontos az *épület és a távhálózat nyomásviszonyainak együttes vizsgálata*. A **25.47. ábrán** azt mutatjuk be, hogy egyfelől a nyomás az előremenő vezetéken nem csökkenhet az úgynevezett elgőzölögést megakadályozó nyomás értéke alá, (ne felejtjük el, hogy a víz hőmérséklete nagyobb, mint 100 °C!) másfelől a magas épületekben is a fűtés biztonságos működéséhez megfelelő nyomást kell nyújtunk.



25.45. ábra. Közvetlen kapcsolású házi hőközpont keverési viszonyai



25.46. ábra. Nyomásbiztosító lehetséges megoldásai közvetlen hőközpont esetén



25.47. ábra. Nyomásviszonyok vizsgálata

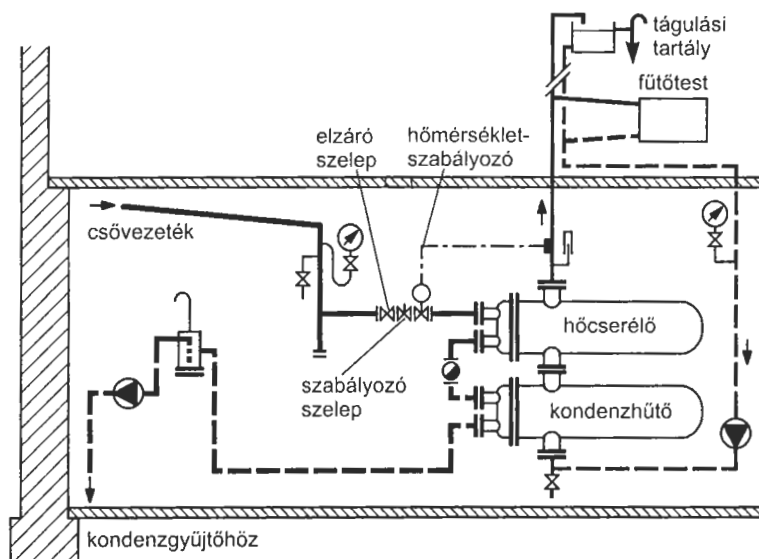
1 – nyomástartás vázlatos jelzése; 2 – nyomástartó szivattyú; 3 – távhőrendszer keringető szivattyúja;  
4 – túláramszelep; 5 – fűtési rendszer; 6 – mennyiségkorlátozó; 7 – nyomásbiztosító

Itt emlékeztetünk újra a „Hydronika” új tudományágára, mely kifejezetten ilyen, alacsony nyomás alatti zárt körök keringetési viszonyainak vizsgálatával foglalkozik. A most csak oly röviden megemlített elgőzölgést megakadályozó nyomás és a magasházak problémaköre jól illusztrálja a fiatal tudomány-fejezet fontosságát.

Megjegyezzük még, hogy ma már készreszerelt, úgynevezett kompakt hőközpontokat gyártanak, s ezeket egybeépítve emelik be egy-egy lakóépületbe, vagy lakókörzetbe, a megfelelő teljesítmény ellátására. Így ma sok esetben a hőközpont tervezés hőközpont kiválasztássá szelődül, illetve módosul.

### 25.6.2. Gőz távhálózatra kapcsolt fűtési hőközpontok

A gőz-távhálózatra kapcsolt melegvízfűtések megoldására mutat példát a **25.48. ábra**. A kisnyomású gőzt előállító kazánházakat a következő fejezetben, a nagynyomású gőzvezetéseket pedig a „Távhőszolgáltatás” c. fejezetben tárgyaljuk.



25.48. ábra. Gőz távvezetékre kapcsolt melegvíz fűtőrendszer

## 25.7. A használati melegvíztermelés

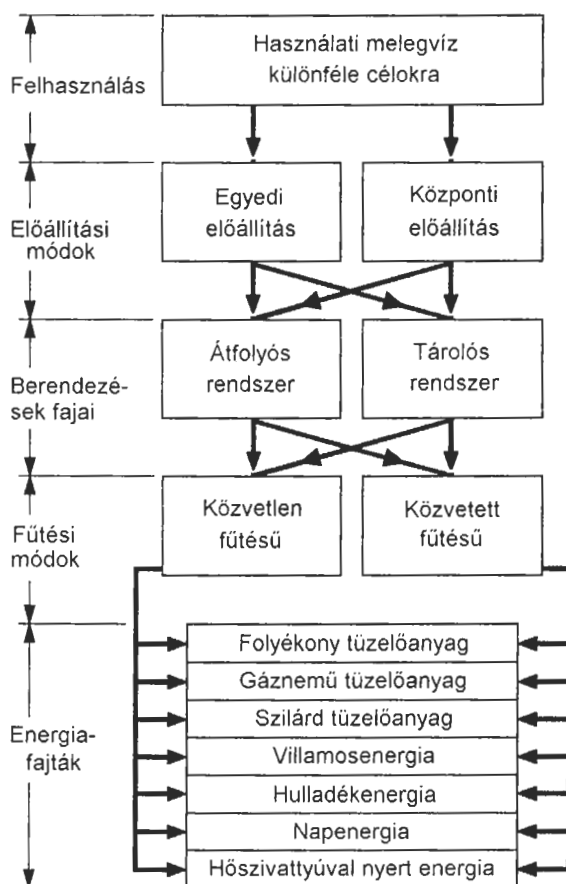
Meg kell még említenünk, hogy a fűtési rendszerek számára létesített hőtermelő telepet, – legyen az kazánház, vagy hőközpont – természetesen előszeretettel aknázzák ki egyéb, nem fűtési célú hőtermelésre is. A legkézenfekvőbb igény ezek közül a használati melegvízigény. A használati melegvíz különféle igényeit (pl. lakás, mosoda, laboratórium, stb.), és felhasználási területeit, a számítási eljárásokat, a vízdali szerelvényeket, a „Vízellátás-csatornázás” kötet keretében találjuk meg, a „Használati melegvíztermelő berendezések” c. fejezettel együtt [10], [37].

Ezért itt igen röviden csak azokat a szempontokat foglaljuk össze, amelyek miatt a használati melegvíz és a fűtés együttes ellátása gondokat, illetve megoldandó feladatokat jelent.

- A fűtési víz hőmérséklete a külső hőmérséklet függvényében változik, (ld. a fűtési rendszerek szabályozásáról szóló fejezetet), míg a használati melegvíz hőmérséklete lehetőleg állandó, vagy közel állandó értéken tartandó. (Nem írunk itt a hőmérséklet előírt értékéről, mert akkor bonyolult fejtegetésekbe kellene bocsátkoznunk a gazdaságos keverés mértékéről, a vízkőlerakódás elkerüléséről, és a legionella- és egyéb bakteriális szennyeződés veszélyéről, mindezt ld. a „Vízellátás-csatornázás” kötetben.)
- A fűtéseket a napi közepes külső hőmérséklet függvényében szabályozzuk. Természetesen a mai korszerű fűtések már követik a külső hőmérséklet változását, de mégis, az egy 24 órán belül jelentkező teljesítmény különbség nem jelent nagyságrendi eltéréseket. Ez-

zel szemben a használati melegvízigény csúcsok és völgyek formájában jelentkezik. Ezek a 24 órás melegvízfogyasztási lefutások természetesen igen változatosak, függenek a fogyasztó jellegétől, attól, hogy hány fogyasztót látunk el együttesen, változnak az évszak és az életmód függvényében, de eltérő egymástól hétköznap és ünnepnap is. Az is nagyon különböző, hogy mit tekintünk csúcspozitív időszaknak, hiszen figyelembe vehetjük akár a másodpercnyi, a percnyi, a 10 percnyi, de az órai csúcsot is. Mindezekkel a kérdésekkel szintén a „Vízellátás-csatornázás” kötet keretében foglalkozunk, itt csak azt kell megértenünk, milyen bonyolult feladat a kétfajta igény együttes kielégítése.

- Végül említsük meg azt is, hogy ameddig a fűtési idény a mi földrajzi-éghajlati viszonyaink között kb. 210–240 napig tart, addig használati melegvizet az év minden egyes napján termelni kell. Mindezek miatt a használati melegvíztermelést önmagában is sokféleképpen oldják meg, e megoldásokról mutat összefoglalást a **25.49. ábra**.

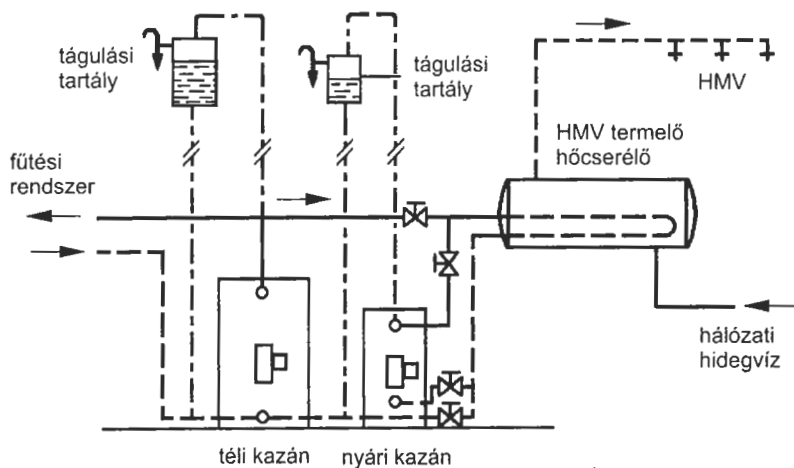


25.49. ábra. Használati melegvíz termelési módok

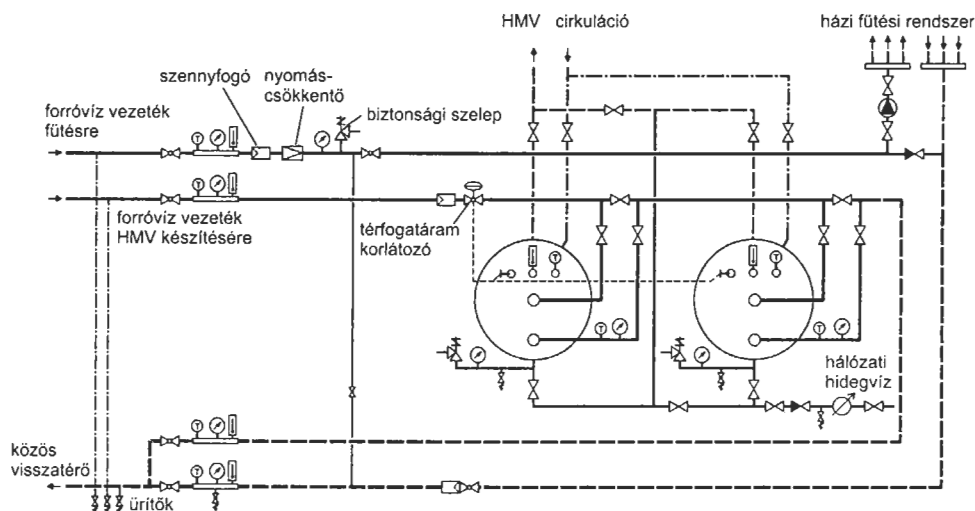


Mindezt átgondolva a használati melegvízkészítést és a fűtést alapvetően négy séma szerint lehet együttesen megoldani:

- **Teljesen külön forrást biztosítunk** a kétféle, egymástól eltérő igény kielégítésére, a használati melegvíztermelés megoldása a fűtéstől független. Áttekintve a 25.49. ábra megoldási módjait, természetesen az is ide sorolható, ha a központi fűtés mellett egyedi (villamos, vagy gázfűtésű) használati melegvíztermelőket alkalmazunk. Ezek kialakításával, és valamennyi ezekkel kapcsolatos kérdéssel a „Vízellátás-csatornázás” kötet keretében foglalkozunk. A fűtéstől független megoldás azonban készülhet úgy is, hogy téli-nyári kazánt is alkalmazunk, igen színvonalas épületeket létesítettek ily módon a negyvenes években (25.50. ábra). Ezt az elgondolást olyan formában is alkalmazták, hogy a használati melegvíz előállítását (és esetleg a fürdőszobák fűtését is) kisnyomású gőzzel oldották meg, hasznosítva így a gőz kis tehetetlenségét, és egyenletes, 100 °C körüli hőmérsékletét. Ezek kétségtelenül igen kényelmes, biztonságos megoldások, de természetesen nagyon költségesek is. Ha forróvíz távfűtésre kapcsolt együttes fűtésről és használati melegvíztermelésről van szó, akkor a háromvezetékes forróvízrendszer felel meg ennek a megoldásnak. Ilyen hőközpontra mutat példát a 25.51. ábra [8].



25.50. ábra. Téli és nyári kazán kapcsolása

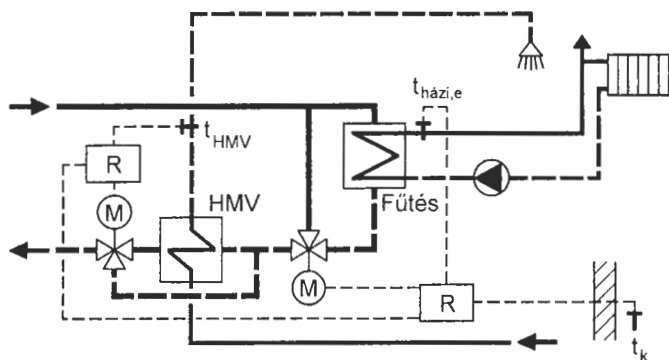


25.51. ábra. Fűtés és használati melegvíz (HMV) termelés 3 vezetékes forróvízrendszer esetén [8]

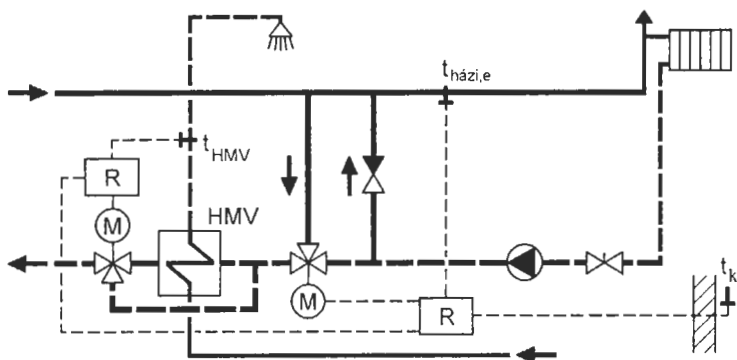
- A fűtési rendszert és a használati melegvízrendszert egymással **sorosan** kapcsoljuk. A **25.52/a** és **25.52/b** ábrán bemutatott elvi megoldást főként forróvíz távhőellátó rendszereknél alkalmazzák. Ahogy ugyanis a „Távhőszolgáltatás” fejezetben sorra kerülő forróvíz-előállítási módszerek tárgyalásánál majd látjuk, a távhőellátó rendszerek tetemes része villamosenergiaszolgáltatással egybekötve működik [10], [12], [26], [33]. Ez esetben igen fontos, hogy a hőszolgáltatás mennél több villamos energia előállítását tegye lehetővé, aminek az a feltétele, hogy a visszatérő vizet minél jobban lehűtsük. A visszatérő víz azonban nem minden külső hőmérsékletnél felel meg arra, hogy vele megfelelő hőmérsékletű használati melegvizet állíthassunk elő. Emiatt a soros kapcsolásnak többféle kombinációja és kiegészítő megoldása ismeretes, erre mutatunk példát a **25.53/a** és **25.53/b** ábrán. A két ábra abban különbözik egymástól, hogy a használati melegvíz hőmérsékletének szabályozását a használati, vagy a termelői oldalon oldjuk-e meg. A használati víz oldalán elhelyezett szabályozó szelep alkalmazásának a vízminőség lehet az akadálya, míg a forróvízoldali szelep nyilván költségesebb. A **25.54. ábrán** látható elvi hőközpont már átvezet a párhuzamos- és az előnykapcsolás alkalmazásához, hiszen itt az utófűtő (ráségítő) hőcserélőt párhuzamosan kapcsoltuk a fűtéssel. A párhuzamos kapcsolás gondolata egyébként időben megelőzi a soros kapcsolását, hiszen ezt kényelmesen lehetett a hajdani, még nem olyan fejletten szabályozott kazánházakban is alkalmazni. A párhuzamos kapcsolás automatizált változata viszont elvezet bennünket az előnykapcsoláshoz.
- A fűtést és a használati melegvíztermelést egymással **párhuzamosan** kapcsoljuk. Ennek elvi ábráját és egyben kazánházi alkalmazását a **25.55. ábra** mutatja. Míg a soros kapcsolásnál elvileg értelemszerűen a hőmérsékletszintekkel van gondunk, addig a párhuzamos kapcsolásnál a térfogatáramot kell mindkét fogyasztó számára biztosítanunk.

A 25.56. ábrán bemutatott, távhőellátásra kapcsolt párhuzamos melegvíztermelési megoldás már átvezet bennünket az úgynevezett előnykapcsoláshoz, hiszen a szabályozás miatt a használati melegvíztermelés előnyt élvez a fűtéssel szemben.

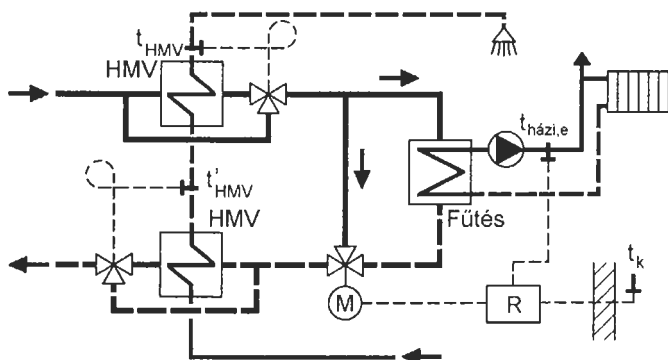
- Az energia- és anyagtakarékosság jegyében, valamint az automatizálás- és szabályozás fejlődésével egyre inkább a ma már egyeduralgódónak mondható **előnykapcsolást** alkalmazzák. Egyébként ugyanezen az előnykapcsolási elven működik az egy-egy lakást ellátó, úgynevezett „kombi” készülék. Ezek a fali gázfűtő készülékek igen divatosak manapság társasházi lakások, vagy családi házak teljes hőellátásának megoldására. (25.57. ábra)



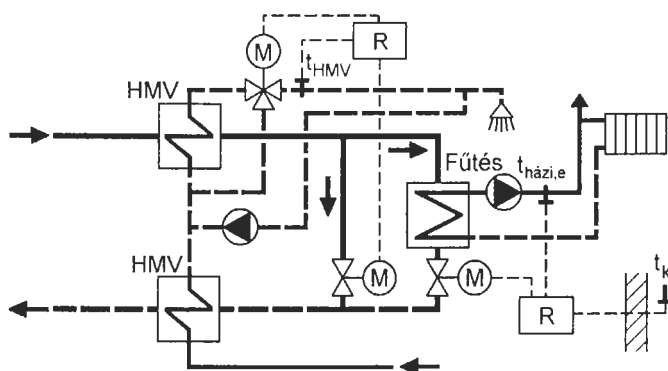
25.52/a ábra. Közvetett kapcsolású fűtéssel sorbakötött használati melegvíztermelő [22]



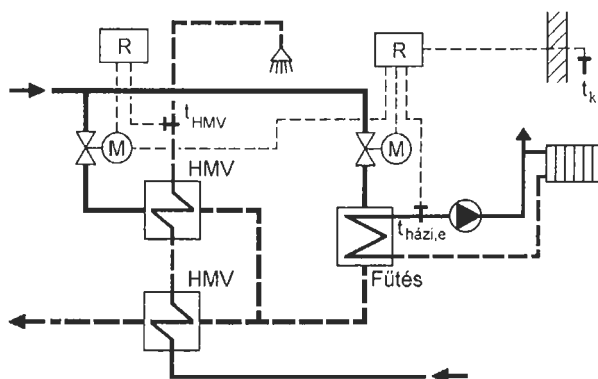
25.52/b ábra. Közvetlen kapcsolású fűtéssel sorbakötött használati melegvíztermelő [22]



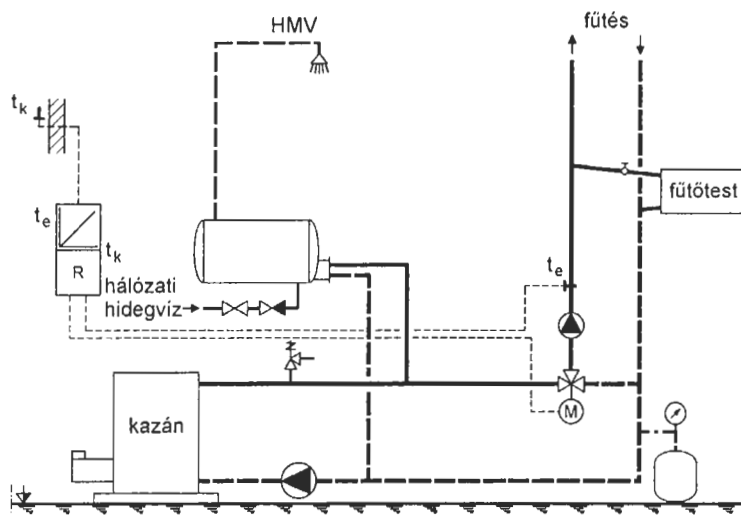
25.53/a ábra. Használati melegvíztermelés soros kapcsolással.  
Szabályozás a termelői oldalon [22]



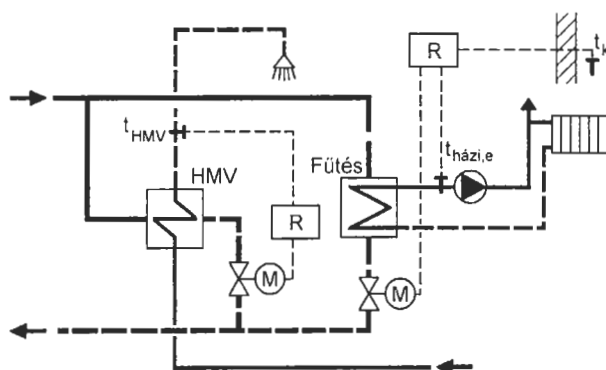
25.53/b ábra. Használati melegvíztermelés soros kapcsolással.  
Szabályozás a fogyasztói oldalon [22]



25.54. ábra. Használati melegvíztermelés soros kapcsolással.  
A rásegítő, utófűtő hőcserélő párhuzamosan kötve [22]



25.55. ábra. Fűtés és használati melegvízellátás párhuzamos kapcsolása

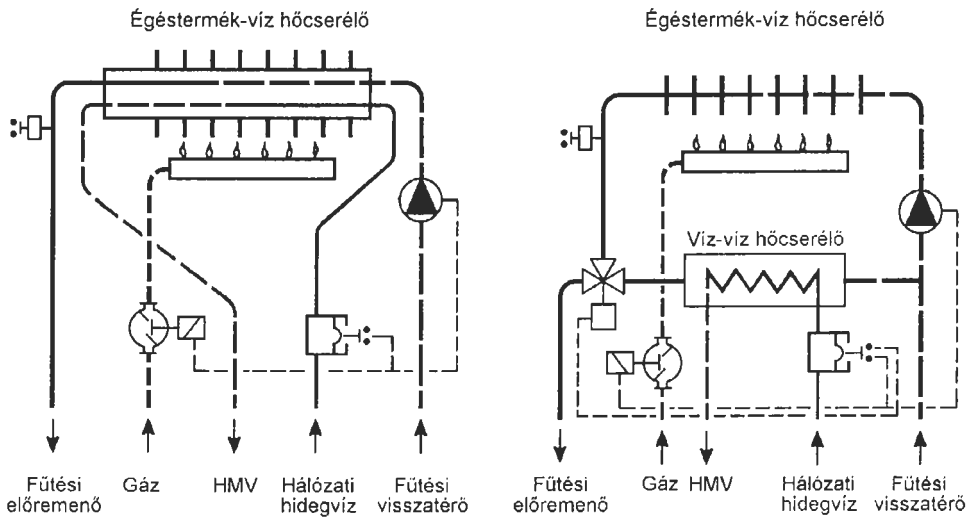


25.56. ábra. Fűtés és használati melegvízellátás párhuzamos kapcsolása távhőellátás esetén: átvétel az előnykapcsolás gondolatához [22]

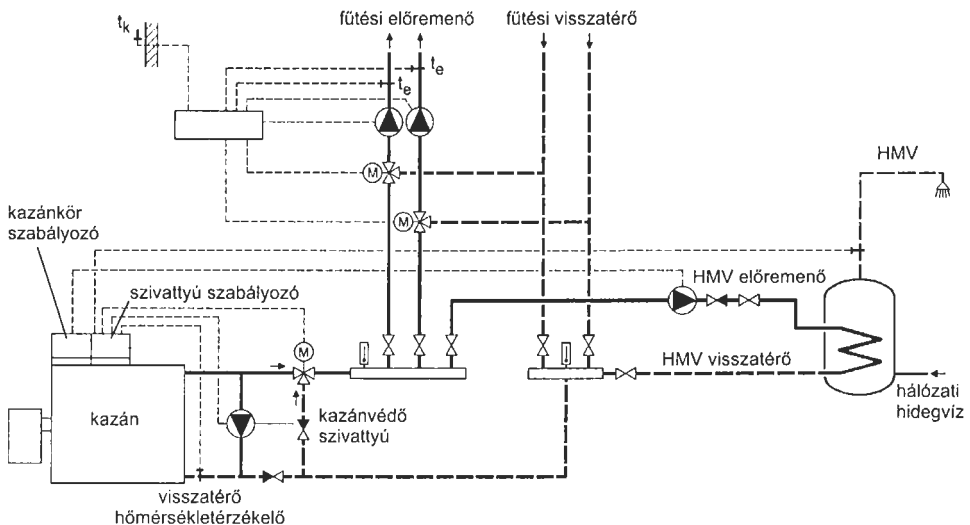
A „kombi” készülék működése röviden a következő: közvetlen kapcsolásnál (25.57. ábra baloldala) a hőcserélő 2 csővezetékrendszerből áll. Ezek közül egyik a használati melegvízrendszert, másik a fűtést szolgálja. Ha a használati melegvíz fogyasztása megindul, akkor a hidegvíz vezetékben lévő kapcsoló leállítja a fűtési keringető szivattyút, és teljesen nyitja a gázszelepet. Gondoljunk itt arra, hogy egy átlagos, mai lakásnál a használati melegvíztermelés csúcsidei hőigénye nagyobb, mint a maximális hőveszteség. Közvetett kapcsolásnál (25.57. ábra jobb oldala) a használati melegvizet a fűtővíz melegíti fel. Használati melegvízfogyasztásnál a háromjáratú szelep vált, és szintén teljesen nyit a gázszelep. Ennek a megoldásnak továbbfejlesztett változata az, ha a használati melegvizet

tárolóban állítjuk elő. Az előnykapcsolások szerkesztéséhez és alkalmazásához a következőket kell szem előtt tartanunk:

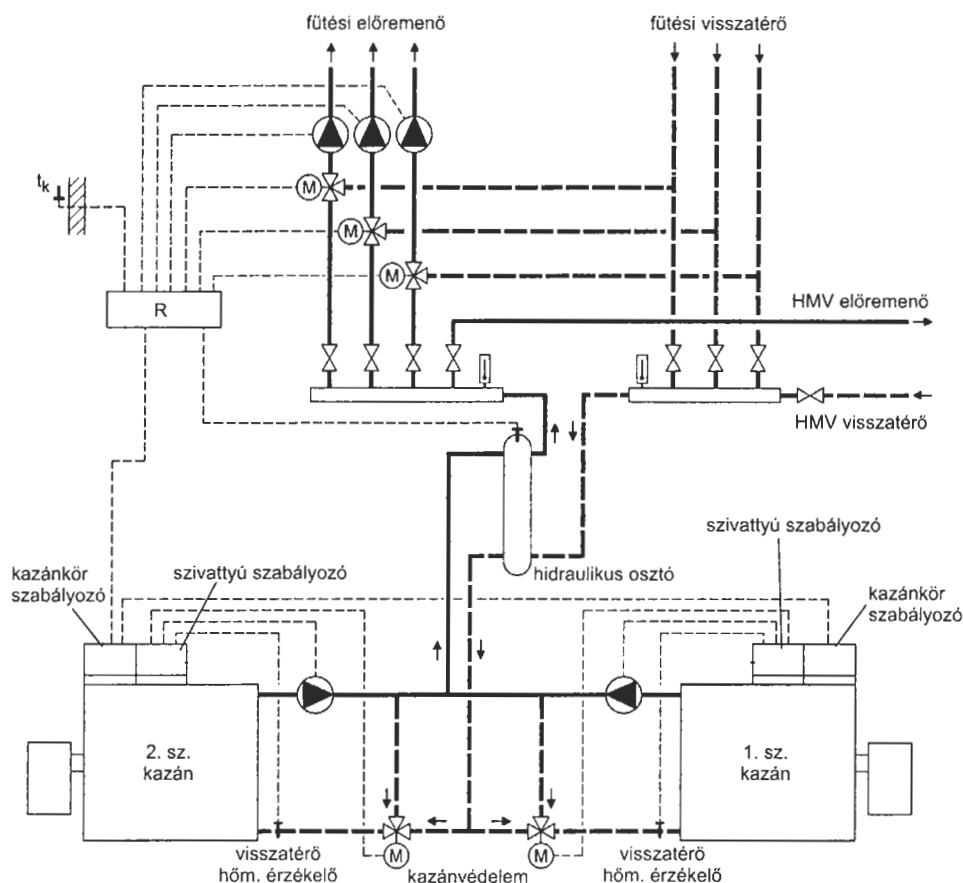
- egyfelől a használati melegvíztermelés- és a fűtés egymástól eltérő időbeni igényét,
- másfelől azt, hogy minden fűtési rendszernek van hőtároló képessége, tehát rövidebb-hosszabb időre minden fűtési rendszert hőellátás nélkül hagyhatunk, ha utána a fűtést biztosítjuk,
- harmadrészt a fejlett szabályozószerveket, melyek biztosítják, hogy a használati melegvíztermelés csúcsidejében a használati melegvíz „elveszi” a fűtés elől a hőellátó közeget (kazánvizet, vagy forróvizet).



25.57. ábra. „Kombi” lakásfűtő és használati melegvíztermelő készülék



25.58. ábra. Korszerű kazántelep, kazánvédő szivattyú és a használati melegvíz előnykapcsolása [8]



25.59. ábra. Korszerű kazántelep, kazánvédelem és hidraulikus osztó

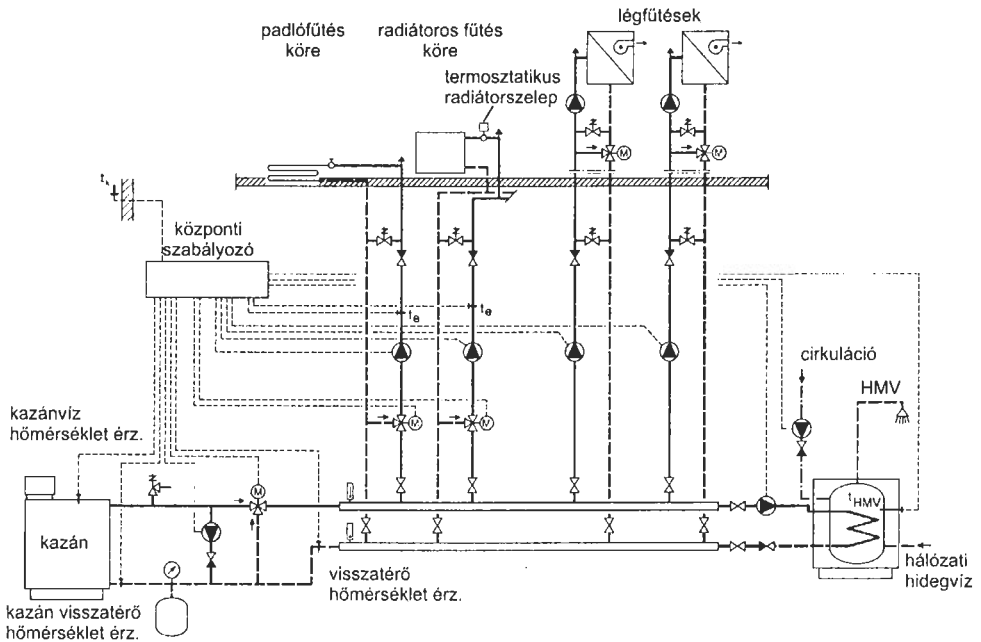
Előnykapcsolás esetén a használati melegvíztermelés tehát hasznosítja a fűtött épület hőátaróképeségét, s így kisebb teljesítményű hőközpontok, kazánházak létesíthetők, és gazdaságos üzem is biztosítható.

Erre mutat kazánházi kapcsolás esetén két példát a 25.58. és 25.59. ábra [8], [34]. E két ábrán a korszerű fűtéstechnika fontos elemét a **kazánvédelmet** is látjuk. A 25.58. ábrán ugyanis a kazánkörbe épített külön szivattyút, a 25.59. ábrán pedig a visszakeverés biztosítja, hogy egyfelől a kazán áramkörében mindig megfelelő mennyiségű víz keringjen, másfelől, hogy a kazánba visszatérő víz hőmérséklete miatt ne léphessen fel káros kondenzáció.

A 25.59. ábrán másik új megoldás az úgynevezett **hidraulikus osztó**. Ez tulajdonképpen kiegyenlítő edény, melynek egyik szerepe az, hogy megnöveli a korszerű kazánok és fűtési rendszerek igen kis vízterét. Másik feladata, hogy több kazán együttes alkalmazása esetén módot ad a kazánvizek egyenletes hőmérsékletének biztosítására.

A 25.60. ábra azt az esetet mutatja, hogy kis hőmérsékletű padlófűtést és légfűtést is ellátunk egyazon kazánházzról, a hagyományos fűtés és használati melegvíztermelés mellett. Így minden okunk megvan arra, hogy kis hőmérsékletű víz jusson vissza a kazánba, fontos tehát a kazánvédő szivattyú. A 25.58., 25.59., 25.60. ábra egyébként a korszerű szabályozási megoldás talán legszebb példája, s egyben bemutatja a ma és a holnap fűtését.

Itt ismét fel kell hívnunk a figyelmet a korszerű, kis hőmérsékletű fűtésekre, s az energiagazdálkodási szempontból oly fontos **kondenzációs kazánokra**. E különleges kazánokkal a „Központi fűtések kazánjai” c. fejezet keretében foglalkozunk, a kishőmérsékletű fűtések a sugárzó- és egyéb, különleges fűtések keretében ismertetjük.



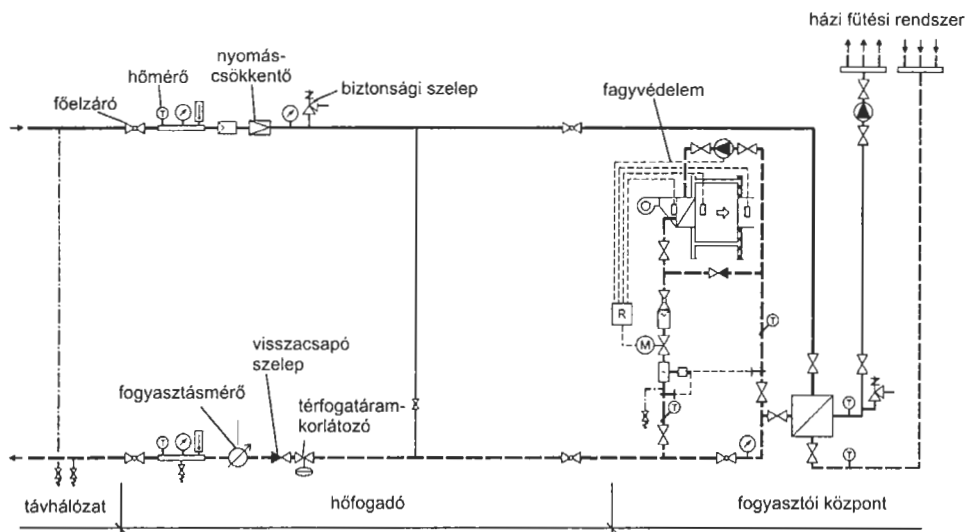
25.60. ábra. Korszerű kazántelep, padlófűtés, radiátoros fűtés és légfűtés [8]

## 25.8. Szellőztető- légfűtő rendszerek

A fűtési megoldásokat egyre gyakrabban egészítik ki a szellőztető-klimatizáló rendszerek. A szellőzés- és klimatizálás kérdéseivel sorozatunk egészen önálló kötete foglalkozik, ezért itt csak abban az összefüggésben említjük, hogy természetesen ugyanazon hőellátó központ szolgál a levegő felmelegítésének megoldására is, ahonnan a fűtést és használati melegvizet szolgáltatjuk. A szellőztetés igénye mind a fűtésétől, mind pedig a használati melegvizétől eltérő, a mai szabályozási megoldások azonban tág teret biztosítanak ahhoz, hogy ezeket a



különbözőségeket áthidaljuk. Az együttes ellátás kapcsolási vázlatait kazánházás hőellátás esetén a 25.60., forróvíz távhőellátás esetén a **25.61. ábra** mutatja.



25.61. ábra. Távhőellátásra kapcsolt fűtés és szellőzés

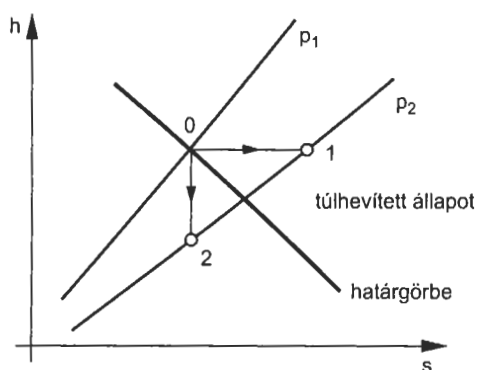
Ezzel az ábrával a melegvízfűtési rendszerek kialakításának végére értünk. A 25.60. ábrára azonban a szabályozás tárgyalásakor még visszatérünk majd, s ezzel a gondolattal emlékeztetünk arra, hogy néhány évtized alatt a nehézkes, nagy térfogatú, nagy biztonsággal méretezett, alig vagy csak durván szabályozható rendszerektől elértünk a karcsú, minden esztétikai és építészeti igényt kielégítő, energiatakarékos, rugalmasan szabályozható, a fűtött terek hőtehetetlenségét is kihasználó, és lehetőleg környezetbarát fűtési megoldásokig.

## Irodalom

A 23–35. fejezetek irodalomjegyzékét lásd egyesítve a 35. fejezet után!

## 26. A gőz hőhordozó jellemzése, az alkalmazás okai és korlátai

Amíg a vízfűtések esetében a hőhordozó állandóan folyadék halmazállapotban van jelen, addig gőzfűtéseknel a telített gőz azon tulajdonságát használjuk, hogy lehűlve lecsapódik és rejtett hőjét átadja a környezetnek. Emiatt a gőzfűtésekben közel állandó hőmérséklet, folyamatos halmazállapotváltozás van, és a gőz saját nyomását használjuk fel arra, hogy az



26.1/a ábra. Telített gőz nyomásesése

áramlást fenntartsuk. A telített gőz nyomásesésének jellemzésére mutatjuk be ismétlésképpen a 26.1/a ábrát. A  $h$ - $s$  diagrammon „0”-val jelölt, kiinduló gőzállapot a nyomáscsökkenés révén „1” állapotba jut, ha rövid szakaszon, kis hőleadás mellett jelentős nyomásesés áll elő, és „2” pontba, ha számottevő a lehűlés is. Így a gőz és a kondenzátum együttes jelenlétére a rendszer szinte valamennyi pontján számítanunk kell, ez a kétféle fázisú közeg határozza meg a gőzfűtések kialakítását, valamint előnyeit és hátrányait [57].

Értelemszerű előny ugyanis, hogy a gőz igen könnyen előállítható a gazdagon rendelkezésre álló és veszélytelen vízből, munkavégző képessége jól kihasználható és hőszállításra igen alkalmas. Ennek igazolására mutatjuk be a 26.1/b ábrát.

A víz hőtartalma 417,5 [kJ]	Párolgáshő 2 257,9 [kJ]
<div> <div></div> <div>1 [kg] gőz hőtartalma 1 [bar] atmoszférikus nyomáson</div> <div></div> </div> <div>2 675,4 [kJ/kg]</div>	

26.1/b ábra. A gőz hőtartalmának jellemzése

A gőz tulajdonságait egyébként az „Alapismeretek” kötet „A termodinamika alapjai” és az „Energiagazdálkodás” c. fejezetek tárgyalják, ahova érdemes visszalapoznunk, mielőtt elmélyedünk a gőzfűtésekkel kapcsolatos gyakorlati kérdésekben.

A „Fűtéstechika” könyv szerzője tehát nincs könnyű helyzetben e fejezet bevezetésének összeállítása során. A klasszikusan fűtéstechikai alkalmazás, a kisnyomású technológia ugyanis a már említett és felsorolt energiagazdálkodási, komfort- és szabályozástechnikai hátrányok miatt teljesen kiveszőben van (lásd még a „Központi fűtési rendszerek” c. fejezetet). Ugyanakkor a nagy nyomású gőz alkalmazása különféle célokra természetesen ma is terjed és fejlődik, s óhatatlan, hogy a nagy nyomásokhoz csatlakoztatott szórványos kisnyomású rendszerekkel szembe ne kerüljünk. Le kell tehát írunk azt a kissé személyes megállapítást, hogy sokkal egyszerűbb lenne egy, a gőzzel ellátható technológiákkal, ipari fűtésekkel, az erőművi megoldásokhoz csatlakozó technikákkal foglalkozó fejezetet írni, mint a gőzzel kapcsolatos technológiát fűtéstechikai keretekbe illeszteni [51], [57].

Az olvasók megértését kérjük, amikor mégis megkíséréljük a kötetünk szellemének megfelelő rövid összefoglalását.

Erre annál is inkább igen nagy szükség van, mert igen sok a meglévő kisnyomású gőzfűtési rendszer, melyeknek üzemeltetése, karbantartása, javítása a berendezések és rendszerek, valamint az alkotóelemek teljeskörű ismeretét igényli. Azt is meg kell említenünk, hogy ezek a fennmaradt gőzfűtések általában igen nagy fontosságú középületekben, (például az Országház épülete, a Debreceni Egyetem főépülete, kórházak, múzeumok, stb.) működnek, s gyors kiváltásuk a nagyságrend és a működőképesség fenntartása miatt nem várható.

*A gőzfűtések elvileg a következő szempontok szerint csoportosíthatjuk:*

- az atmoszférával való kapcsolat szerint megkülönböztetünk:  
nyitott és zárt gőzfűtések;
- a gőz nyomása szerint:  
kisnyomású, nagynyomású, és vákuum gőzfűtések;
- a fő elosztó gőzvezeték elhelyezkedése szerint:  
alsó, felső, és közbenső elosztású gőzfűtések;
- a további gőzvezeték, azaz a felszállók elrendezése szerint:  
kétcsöves, és egycsöves gőzfűtések;
- a kondenzvezeték magassági elhelyezkedése szerint:  
száraz, nedves, és üzem közben nedves kondenzvezeték-rendszereket;
- a kondenzvezeték visszatáplálása szerint:  
természetes (gravitációs) és mesterséges (szivattyús) kondenzvíz visszatáplálási rendszereket;
- a hőleadó típusa szerint:  
döntően konvekciós és döntően sugárzó jellegű hőleadókat.

Mindezek alapján a gőzfűtések kialakításának igen sok módja lehetséges. Valamennyi, a fent felsoroltak alapján kialakuló változatot azonban a gyakorlat megszabta követelmények

miatt soha nem is alkalmazták. A továbbiakban tehát csak a leggyakoribb, és leginkább típusos megoldásokat ismertetjük, mert

- egyfelől ezek alapján a többi változatot már következtetés alapján kiválóan meg lehet érteni,
- másfelől, – ahogy már ezt említettük – az alkalmazás ma már korlátozott, és fejezetünk inkább arra irányul, hogy a meglévő rendszerekkel kapcsolatos problémákat megoldhassuk, illetve a már említett, nagy ipari rendszerekhez csatlakozhassanak.

## **Irodalom**

A 23–35. fejezetek irodalomjegyzékét lásd egyesítve a 35. fejezet után!

## 27. Nyitott rendszerű, kisnyomású gőzfűtések

Mivel Magyarországon, de általában egész Európában szinte kizárólagosan nyitott rendszerű kisnyomású gőzfűtéseket alkalmaztak, ezért a továbbiakban a „nyitott rendszerű, kisnyomású gőzfűtés” elnevezés helyett csak a „kisnyomású” jelzőt használjuk majd. E berendezések értelemszerűen érintkeznek az atmoszférával, ahogyan ezt majd a légtelenítés ismertetésénél is látjuk.

A kisnyomású gőzfűtések felső nyomáshatára: 0,7 bar túlnyomás, azaz 1,7 bar nyomás. Általában azonban sokkal kisebb nyomás is elegendő a rendszer üzemeltetésére, és a tapasztalat szerint szükséges nyomás értékeket a **27.1. táblázat**ban foglaltuk össze. A meghatározás egyébként szorosan összefügg a biztosítás mikéntjével, és ezért igen fontos, hogy a definíciót minden esetben helyesen alkalmazzuk.

A kisnyomású gőz rendszerben alkalmazandó nyomás

27.1. táblázat

A rendszer kiterjedése [m]	Az alkalmazandó gőz nyomása (túlnyomás) [bar]
100 m	0,05
100 – 150 m	0,08
150 – 200 m	0,1
500 m	0,15
maximum	0,7

Az eddigiekkel azonosan ezt a fűtőberendezést is a három alapvető alkotóelemből: hőtermelőből, (gőzfejlesztő berendezésből), elosztóvezetékéből és hőleadókból építjük fel. A hőtermelő elvileg itt is lehet kazán, vagy hőcserélő, sőt, ahogy majd látjuk, a kisnyomású gőzt közvetlenül, nyomáscsökkentő szelepeken keresztül is előállíthatjuk nagynyomású gőzből. Első közelítésben beszéljünk azonban a sokkal gyakoribb esetről, a kazánban való hőtermelésről. A vezetéseket ez esetben élesen kétfelé választjuk: a hőtermelő és a hőleadó között gőzvezetékéről, a hőleadótól a hőtermelőig pedig kondenzvezetékéről beszélünk. Mivel telített gőzt szállítunk, a gőzvezeték teljes hosszában kíséri a lecsapódás jelensége, ami

veszteségként jelentkezik, tehát csökkentendő. A hőleadók viszont csak és kizárólag akkor tudják feladatukat teljesíteni, ha belső felületük mentén a gőz maradéktalanul lecsapódik, hiszen a gőz rejtett hője szolgáltatja a fűtés hőáramát.

## 27.1. A gőzvezetékben keletkező kondenzáció

Mielőtt az egyes gőzfűtési megoldásokat és rendszereket ismertetnénk, összefoglaljuk a gőzvezetékben keletkező kondenzáció jelenségét, valamint az ezzel együtt járó gondok és problémák megoldásának módjait és lehetőségeit. E kérdés ugyanis annyira általános és fontos, hogy a kondenzációval kapcsolatos szerkezeti elemekkel valamennyi rendszerben találkozunk majd.

### 27.1.1. A kondenzáció jelensége és következményei

Amikor a gőzvezeték üzembe helyezzük, a csővezetékben meginduló gőzáram felmelegíti a vezeték, és így rejtett hőjéből veszítve, lekondenzálódik. Az általánosnak tűnő kijelentést támasszuk alá egy, a saját gyakorlatunkhoz igen közelálló példával: ha egy NÁ 100 mm méretű szigetetlen vezetékben megindul a 100 °C hőmérsékletű gőz áramlása, úgy a gyakorlat által igazolt első 15 percig tartó felfűtési idő alatt a vezeték minden folyóméterén 0,5 kg kondenzátum keletkezik. Időegységre vetítve tehát az úgynevezett „kondenzálódási sebesség” az első 15 percben 2,0 kg/h. Folytatva a példát: 25 méter hosszú vezetéken ez 50 kg kondenzátumot jelent.

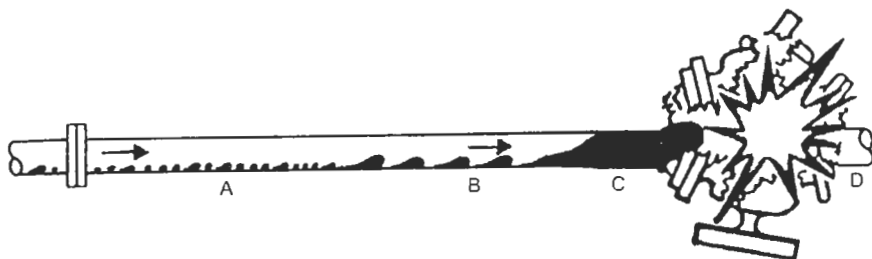
A tartós üzemben működő csővezeték természetesen szigeteljük, és ha a gyakorlatban alkalmazott, megfelelőnek minősített szigetelést alkalmazzuk (ld. kötetünk „Csővezetékek hőszigetelése” c. fejezetét), akkor a tartószerkezeteket és a szerelvényeket is átlagolva 0,17 kW/m hőveszteség jelentkezik ugyanezen a vezetéken. Így a felfűtési kondenzációs sebesség tartós üzemben 0,3 kg/m értékre csökkenthető.

A kondenzáció természetesen tovább csökkenthető, sőt elvileg meg is szüntethető abban az esetben, ha a vezetéken túlhevített gőz áramlik.

A gyakorlatban azonban mindig van lecsapódás és ha a gőzvezetékbeli a kondenzátumot nem távolítjuk el folyamatosan, az lassan összegyűlik (27.1. ábra „A” szakasza), a víz nem képes a gőz sebességével tovább haladni, ezért a vízfelszín hullámzik, felfodrozódik (27.1. ábra „B” szakasza). A víz azonban nem képes a gőz sebességével tovább jutni és emiatt akár az egész csőkeresztmetszetben feltorlódhat. Végül a kondenzáció a gőz áramlását olyan mértékben akadályozza, hogy a vízdugók elszakadnak és a gőz sebességével áramlanak tovább a vezetékekben. A későbbiekben majd látjuk, hogy a gőz szokásosan kb. 25 m/s sebességgel áramlik. (Pusztán a szemléltetés kedvéért: ez 90 km/h sebességnek felel meg!) A vízdugó

ütközése tehát olyan következményekkel jár, mint amikor egy 90 km/h sebességgel haladó jármű nekimegy a falnak. A vízűtés hatására több ezer bar értékű helyi nyomás keletkezhet.

Ezért is olyan lényeges a csapadék folyamatos elvezetése és emiatt tréfásan úgy szoktuk mondani, hogy a „gőzfűtési rendszerekben egyetlen vízszintes csővezeték sem vízszintes”.



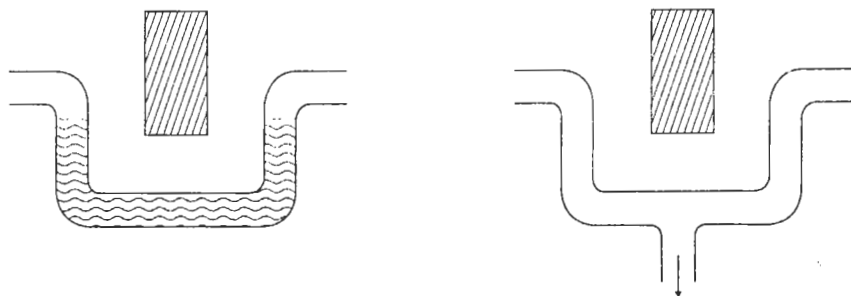
27.1. ábra. Kondenzálódás és gőzűtés [57]

A – kondenzálódás szakasza; B – fodrozódás szakasza ( $w_{kond} < w_{gőz}$ ); C – vízdugó képződése; D – vízűtés jelensége

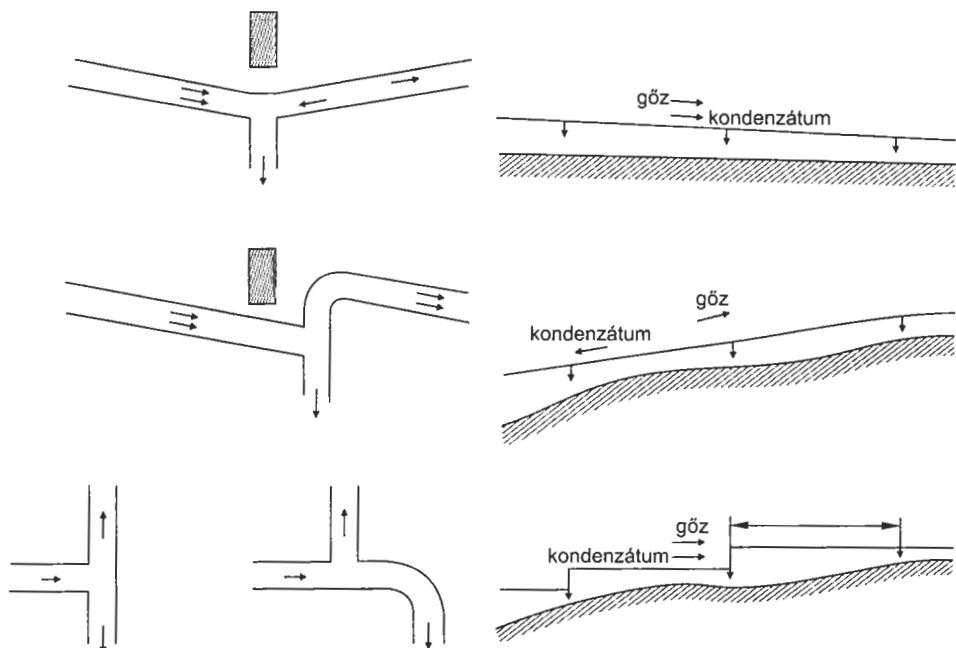
A vezetékek lejtése azért nem lehet túlságosan kismértékű, mert a kondenzátum a csőfalhoz tapad (hiszen a csőürlódás értéke nagyobb, mint a nehézségi erő hatása). A tapasztalat szerint a 0,2% lejtésnél kisebb lejtés gyakorlatilag hatástalan.

### 27.1.2. A gőzvezetékek víztelenítésének megoldási módjai

A 27.2. ábrason néhány példát mutatunk be a gőzvezetékek víztelenítésének megoldási lehetőségére és módjaira.



27.2/a ábra. Gőzvezeték víztelenítése: gerendák megkerülése



27.2/b ábra. Gőzvezeték víztelenítése:  
mélypontok víztelenítése

27.2/c ábra. Gőzvezeték víztelenítése: a terepvonal  
követése

## 27.2. Kisnyomású gőzfűtés, gravitációs kondenzvíz visszatáplálással

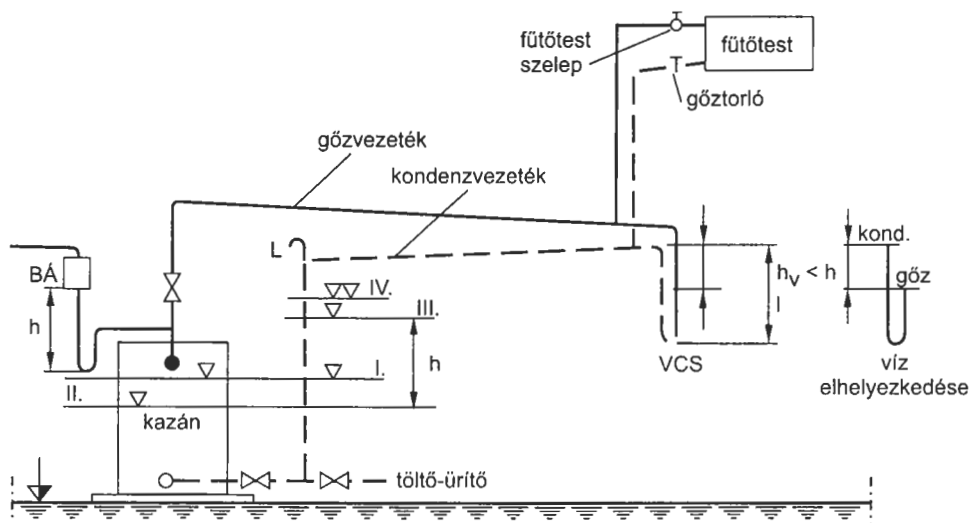
### 27.2.1. Alsó elosztású gőzhálózat és száraz kondenzvezeték

A megoldás alapelve, hogy a fűtőtest olyan magasan legyen a gőzfejlesztő fölött, hogy azt víz ne önthesse el, valamint az, hogy a keletkezett kondenzátumnak gravitációs úton kell visszajutnia a kazánba (27.3. ábra). Amikor a kazánban a gőzfejlődés megindulásakor csökken a vízszint, ugyanakkor a gőz előrehalad a csővezetékben, mintegy maga előtt tolja a levegőt, és közben kondenzálódik attól függően, hogy milyen hideg a környezete. A kondenzátum a gőzvezetékben a gőzzel együtt áramlik. Ezért, ahogy ezt az előbbiekben kifejtettük, a gőzfűtésekben a gravitáció hatásának megfelelő érvényesítése miatt minden egyes csővezetéknek megfelelő lejtéssel kell ellátni, a csővezetékek alsó érintőjének környezetében összegyűlő vizet az úgynevezett vízszák csövek (VCS) vezetik el. Ezek feladata egyébként kettős:

- egyfelől egymástól megfelelő távolságban elhelyezve arról gondoskodnak, hogy a keletkezett víz visszajusson a kondenzvezetékbe, s a következő szakaszban újra száraz, telített gőz haladjon a hőleadó felé;



- másfelől azt akadályozzák meg, hogy friss gőz áramoljék a kondenzvezetékbe. Amennyiben ugyanis ez a jelenség előállna, úgy a friss gőz a kisebb ellenállás mentén visszatérne a kazánba, anélkül, hogy fűtési feladatát teljesítette volna. A vízszákcső működését a 27.3. ábrán külön is ábrázoltuk, részletesen pedig lásd a 27.33 ábrán.



27.3. ábra. Kisnyomású gőzfűtés elvi elrendezése  
(Alsó elosztás, száraz kondenzvezeték) [51]

- I. – üzemszüneti vízállás a kazánban; II. – üzemi vízszint a kazánban; III. – üzemi vízszint a kondenzvezetékben; IV. – maximális, megengedett vízszint a kondenzvezetékben

Mindezen megoldások helyes alkalmazásával száraz, telített gőz jut a hőleadóba, ahol kondenzálódik, és most már folyadék indul vissza a kondenzvezetéken át a kazánba. Azt, hogy a gőz maradék nélkül kondenzálódjék a hőleadóban, az úgynevezett gőztorló biztosítja [7]. A gőztorló feladata tehát, hogy a csapadékot úgy juttassa át a gőz részére fenntartott térből a csapadék számára kialakított térbe, hogy gőz a csapadékot oda ne követhesse. (A gőztorlók szerkezeti megoldásáról a későbbiekben a 27.32. ábrával kapcsolatban még szólunk).

A berendezés további elmaradhatatlan kelléke a **légtelenítés (L)**, melynek feladata:

- egyfelől a légtelenítés a gőzfejlesztéshez szükséges víz betáplálásakor, valamint a légbe-szívás;
- másfelől a gőz előrehaladásával és a kondenzátum távozásával a levegőnek távoznia kell a csővezetékrendszerből.

A légtelenítés megoldására később még visszatérünk, most csak az egyszerű légtelenítő-pipát jelöltük a kondenz alapvezeték végpontján.

Ugyancsak természetes **kellék az elzárható töltő- és ürítő vezeték** is. A kazán gőz- és kondenz csatlakozásába épített elzáró természetesen csak több kazán esetén szükséges a kazánok szakaszolásának biztosítása érdekében. Ha csak egy kazán van, azt nem kell elzárókkal

ellátunk, mert üzemszünet alatt a hálózatban nincs víz, a vezetékek megbonthatók javítás céljából, illetve a kazán mindenképpen önállóan leüríthető.

Az ilyen módon szerelvényezett gőzfűtési rendszer feltölthető. A gőzfűtőrendszerek kazánját arról lehet azonnal felismerni, hogy **vízállásmutató** van a kazánon. Mennyi víz is szükséges a gőzfűtéshez? Annyi, hogy a berendezésben forgalomban lévő gőzön és kondenzátumon kívül mindig maradjon még annyi folyadék halmazállapotú közeg a kazánban, amennyi annak állandó biztonságos hűtését megoldja. Ezért gőztermelés céljára lehetőleg nagyvízterű kazánt kell alkalmazni.

A berendezésbe táplált víz a kazánt és a csatlakozó kondenzvezeték az I jelű szintig tölti ki üzemszünetben, ez az úgynevezett **üzemszüneti vízállás**. Amikor a kazánban a tüzelés megindul, a víz melegszik, és tágul, majd a gőzfejlődés kezdetétől a vízszintek helyzete változik.

A kazánban kettős hatás következtében csökken a vízszint: egyrészt gőz csak a víz rovására keletkezhet, és így „fogyasztja” a vizet, másrészt a gőznyomás a vizet a közvetlenül csatlakozó kondenzvezetékbe juttatja. A kondenzvezetékben olyan magas vízoszlop alakul ki, ami éppen a gőz nyomásával tart egyensúlyt. Így adódik a kazánban és a kondenzvezetékben az **üzemi vízszint** (lásd az ábrán a II. és a III. szintet).

A gőznyomás mértékét természetesen mind biztonsági, mind pedig üzemviteli okokból határolni kell.

A biztonsági követelmény az, hogy a kazáncsatlakozásokba épített elzáró szerelvények zárt állása mellett a gőz nyomása ne érhesse el veszélyes mértéket. Az alkalmazandó üzemi nyomás felső határát a gőzvezeték méretezésekor választott nyomás adja (27.1. táblázat).

E kettős feladatot látja el a **biztonsági állványcső (BÁ)**. A biztonsági állványcső közvetlenül a kazán gőzteréhez, vagy a gőzvezeték elzáró előtti szakaszához csatlakozik. A biztonsági állványcsőben a magassági irányú szerkezeti méretekkel meghatározott „h” magasságú vízoszlop tart egyensúlyt a kazánban lévő gőz nyomásával. Amennyiben a vízzárát kilökve a friss gőz nyomása ezt az értéket meghaladná, a gőz a szabadba áramlik (az állványcső „lefúj”). A biztonsági állványcső méreteiről, és ezzel együtt a gőzfűtések nyomásbiztosításáról az állványcsövek ismertetésénél még szólnunk majd.

Üzemszüneti állapotban a kazán gőzterével közvetlenül összekapcsolt minden állványcsőben – így a kondenzvezetékben is – „h” magasságú vízoszlop alakul ki. Ha ugyanis gőzelvétel van, akkor a gőz-kondenzátum körforgalom miatt a vízszint még módosul, ahogy erre az üzemi állapot tárgyalásakor még kitérünk majd.

Most teljesen világossá válik az, hogy miért olyan fontos, és nem változtatható meghatározás a kisnyomású gőzfűtések már említett, 1,7 bar felső nyomáshatára. A biztosítást ugyanis vízoszloppal oldjuk meg, s a vízoszlop magassága építési-szerkezeti okokból nem növelhető.

Nagyobb nyomásoknál a biztosítást biztonsági szeleppel oldjuk meg. A biztonsági szelep elvileg kétféle kivitelben: súly-és rugóterheléssel készülhet (ld. kötetünk „Csövek és szerelvények” c. fejezetét).

Kövessük most már a rendszer üzemét. Térjünk vissza oda, hogy a melegített vízből megindul a gőzfejlődés. A vízszint csökkenni kezd a kazánban, ugyanakkor a gőz behatol a

csővezetékbe, maga előtt tolja a levegőt és kondenzálódik. Kezdetben a hideg vezeték miatt nagyon nagymértékű a lecsapódás, majd a stacioner körülmények szabják meg a csapadékképződés mértékét. A kondenzátum a függőleges kazáncsatlakozásban a kazán felé halad, az alapvezetékben azonban a lejtésnek megfelelően a gőzzel azonos irányban áramlik. Az alapvezetékben összegyülemelő víz elvezetésére szolgál a vízzsákcső. Az U-alakú cső egyik végével a gőzvezetékhez, másik végével a kondenzvezetékhez csatlakozik, és így a berendezés lassú, első felfűtésekor a víz összegyűlik ebben a zsákban és ezzel elzárja a gőz útját.

A stacioner viszonyok kialakulásával a gőzoldali szárba folyamatosan érkező víz nyomása ugyanennyi vizet lök ki a másik szárból a kondenzvezetékbe, mint amennyi a gőzoldalon odajutott.

A vízzsákcsőben létesülő „ $h_v$ ” vízoszlop magassága nyilvánvalóan kisebb, mint a biztonsági állványcsőben lévő vízoszlop „ $h$ ” magassága, mert a gőzvezetékben a nyomás csökken az áramlási ellenállás miatt. A vízzsákcsőben maradó víz természetesen hiányzik a kazánból, ezért szükség esetén azt megfelelően pótolni kell. „Megfelelő” alatt azt értjük, hogy a felfűtött kazánba sohasem szabad hideg vizet tölteni, ezért a pótlást üzem közben meleg vízzel kell megoldani.

Ily módon a gőz kitölti a felszálló vezetékét, majd a hőleadót. Ha a hőleadók gőztorlóit megfelelően beállították, akkor a hőleadók után a kondenzvezetékben csapadék és levegő van. Mivel a gőzvezetéknek teljesen és a kondenzvezetéknek részlegesen légtelenednie kell, ezért indokolt a légtelenítő ( $L$ ) elhelyezése a kondenzvezeték végén, olyan magasságban, hogy azt a kazánból kinyomott víz soha ne tudja lezárni. Ha a gőz a fentiek szerint tölti ki a berendezést, akkor a bejelölt nyitott pipacső is teljesen megfelel légtelenítési célokra, mivel abból legfeljebb sarjűgőz léphet ki, s ez nem jelent számottevő veszteséget [51].

Mit is nevezünk sarjűgőznek? A Magyar Értelmező Kéziszótár szerint: „a sarjú levágott, lekaszált növény tövéből ugyanazon évben újranoított hajtás...” sarjűgőznek pedig ezen analógia alapján azt nevezzük, ha a nyomás alatt haladó gőz kondenzálódik, és a szabadba távozva nyomáscsökkenést szenved. Ekkor, ahogy azt a 26.1/a ábrán láttuk, újra gőzképződés jöhet létre.

Világítsuk meg egy példán a sarjűgőz keletkezésének jelenségét. A példához nagyobb nyomású gőz adatait használjuk, mert a példa így sokkal szemléletesebb.

Ha fellapozzuk a gőztáblázatot, látjuk, hogy a telítési állapothoz közeli, 7,0 bar nyomású kondenzátum hőmérséklete 170 °C, entalpiája pedig 720,94 kJ/kg. Ha ennek a kondenzátumnak a nyomása 0,5 bar értékűre csökken, akkor hőmérséklete 111 °C, entalpiája pedig 467,13 kJ/kg lesz.

A nyomáscsökkenés során tehát a víz minden kilogrammjának hőtartalmából

$$720,94 - 467,13 = 253,81 \text{ kJ}$$

hő felszabadul. Hová tűnik ez az energia? A kérdés megvilágításra a legjobb analógia az, ha elképzeljük, hogy forrásban lévő vízbe hirtelen nagymennyiségű energiát vezetünk, például beleejtünk egy izzó vasdarabot. A víz ebben a pillanatban erősen forrni kezd, a hőenergia a víz

egy részét gőzzé alakítja. Ha a gőztáblázat alapján megállapítjuk, hogy 0,5 bar nyomáson ezen 1 kg víz elgőzölögtetéséhez 2226,2 kJ energia szükséges, akkor a felszabaduló

253,81 kJ energia  $2226,2/253,81 = 0,1140$  kg víz elgőzölögtetéséhez elegendő.

Ez azt jelenti, hogy ha a kondenzátum 7,0 bar nyomásról 0,5 bar nyomására csökken, úgy a kondenzátum tömegének 11,4%-a alakul át gőzzé.

Kövessük már most tovább a kondenzátum útját.

A kondenz alapvezetékéből a csapadék a függőleges kazáncsatlakozásba áramlik. A kazánban uralkodó nyomás miatt ebben a vezetékben a III. jelű szintig áll a víz (tekintsük az ábrát egyszerű közlekedőedényként). A folyamatosan keletkező, és a kazánba visszajutó csapadék áramlási ellenállásának fedezéséhez nyomástöbbletre van szükség, ezért a kondenzvezetékben a vízszint a III. jel fölött, a IV. jelnek megfelelően helyezkedik el. Ez a **maximális megengedhető üzemi vízszint**.

Természetes, hogy a légtelenítésnek megfelelő biztonsággal a IV. jelű vízszint fölött kell lennie. Az elmondottak szerint kialakított berendezés üzemképes, a gőz-csapadék körforgalom most már tartósan kialakulhat.

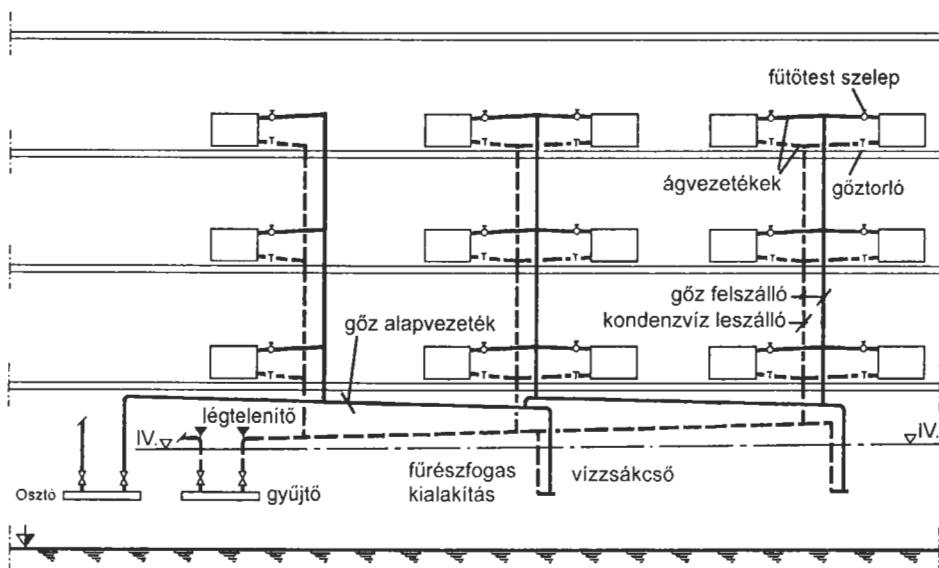
Amikor a gőztermelést megszüntetjük, vákuum keletkezne, ha a rendszer nem érintkezne az atmoszférával. A nyitott gőzfűtőberendezés „L” pipacsővén át azonban levegő áramlik a rendszerbe, tehát ez a pipaszerkezet légkibocsátó és légbeeresztő feladatot is ellát. Amennyiben a gőzszolgáltatás nagyon hirtelen szűnne meg, akkor esetleg a légbeeresztés nem kielégítő, és a vákuum miatt víz távozik a kondenzvezetékéből, s ily módon is jelentkezhet a már említett, kellemetlen és csattogó hangot adó **vízütés**.

Ha leállskor a légbeeresztő szerkezet nem működik, akkor a kondenzálódó gőz szívó hatása miatt megindul a víz vándorlása a berendezésben, ami további üzemzavarhoz, pl. a kazánban jelentkező vízhiányhoz vezethet. A berendezés üzemének helyes leállításakor a kazán és a kondenzvezeték II. és IV. jelű üzemi vízszintjei fokozatosan térnek vissza az üzemszüneti, I. jelű helyzetbe.

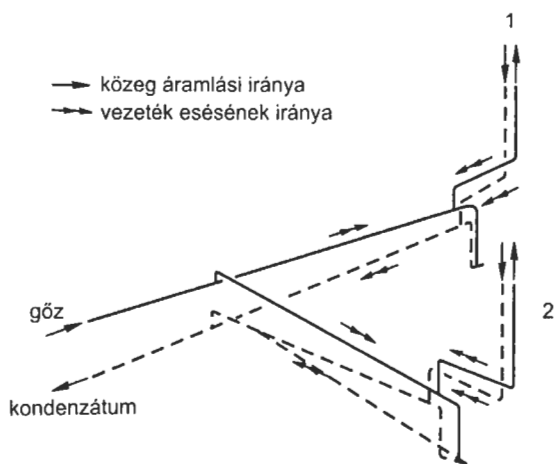
Az így kialakított kondenz-alapvezetékét **száraz kondenzvezetéknek** nevezzük, mert üzemszünetben ténylegesen száraz, míg üzem közben legfeljebb a tervezett mértékig tölti ki a víz és a keresztmetszet többi részében levegő van.

A 27.4/a ábrán az alsóelosztású gőzfűtést ábrázoltuk, majd a 27.4/b axonometrikus ábráján azt mutatjuk be, hogy a hőtágulás okozta feszültségek felvételére úgynevezett elhúzásokat, azaz vízszintes szakaszokat alkalmazunk. Az ábrán azt is látjuk, hogy a felszállókhoz lehetőség szerint mindig a vezeték tetejéről csatlakozunk, hogy a száraz gőz elvételét biztosítsuk.

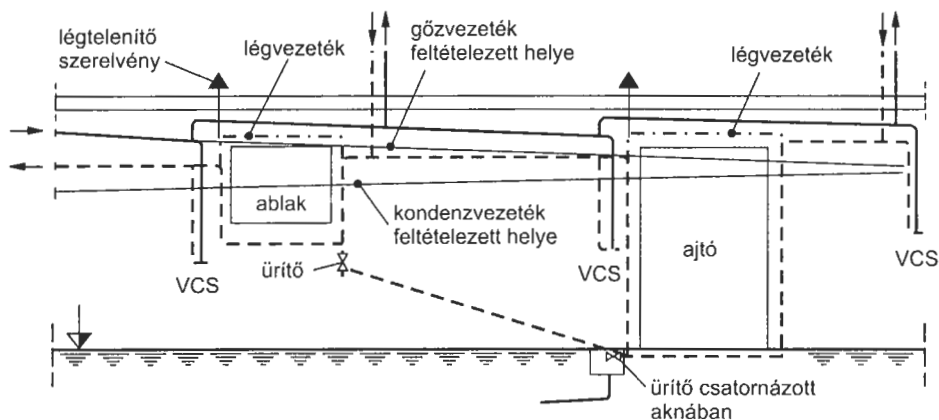
A 27.5. ábra azt az esetet mutatja, amikor a fűrészfogas kialakítást nemcsak a gőzvezeték víztelenítése, de a nyílászárók megkerülése is indokolja. Az ábrák együttes tanulmányozása alapján könnyű felismernünk a 27.3., 27.4. és 27.5. ábra megoldásai között a gondolati összhangot.



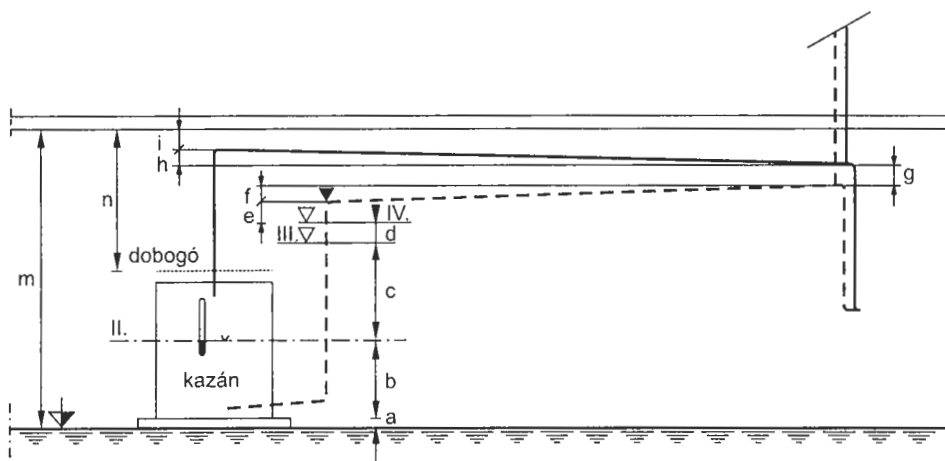
27.4/a ábra. Alsóelosztású gőzfűtési hálózat és száraz kondenzvezeték megoldása [51]



27.4/b ábra. Hőtágulás felvétele és a felszállók helyes csatlakozása



27.5. ábra. Nyílászáró szerkezetek megkerülése [51]



27.6. ábra. Alsóelosztású gőzvezeték és száraz kondenzvezeték belmagasság-igénye [51]

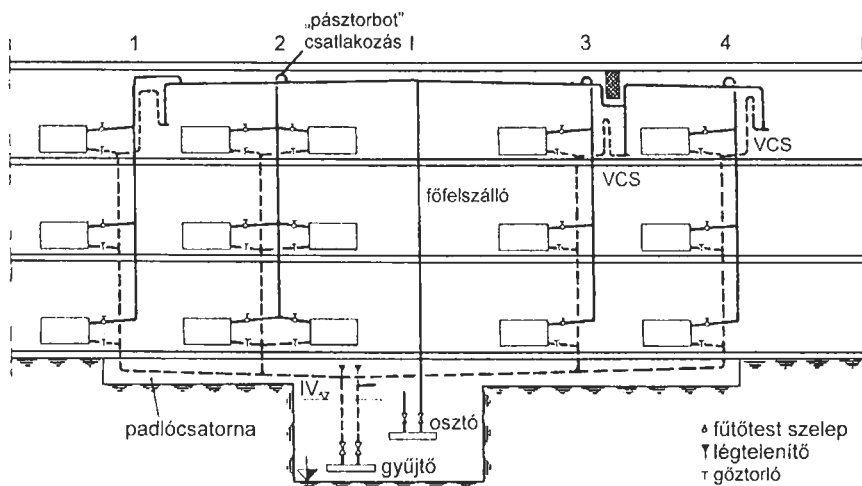
A 27.6. ábrán azt jellemezzük, hogy az alsóelosztású száraz kondenzvezetékekkel ellátott gőzfűtési rendszer milyen kazánházi, vagy alagsori belmagasságot igényel. A 27.6. ábrán látható magasságok:

- $a$  - a kazánalap magassága,
- $b$  - a kazán üzemi vízszintjének magassága,
- $c$  - a kazán üzemi nyomásának megfelelő vízoszlop magassága,
- $d$  - a kondenzátum áramlási ellenállását fedező vízoszlop magassága,
- $e$  - a légtelenítő bekötéséhez szükséges biztonsági távolság,
- $f$  - a kondenzvezeték lejtésének biztosítása,
- $g$  - szerelés és szigetelés helyigénye,
- $h$  - gőzvezeték lejtéséhez szükséges magasság,
- $i$  - szigetelt gőzvezeték szereléséhez szükséges magasság,
- $n$  - a dobogó feletti belmagasság.

Ez a belmagasság igény a magyarázata annak, hogy e kétségtől legkedvezőbb kialakítás nem mindig alkalmazható. Mit lehet tenni, ha nem biztosítható ez az építészeti megoldás? Ilyenkor jön szóba a gőz és/vagy a kondenzvezeték áthelyezése.

### 27.2.2. Felső és közbülső elosztású gőzhálózat

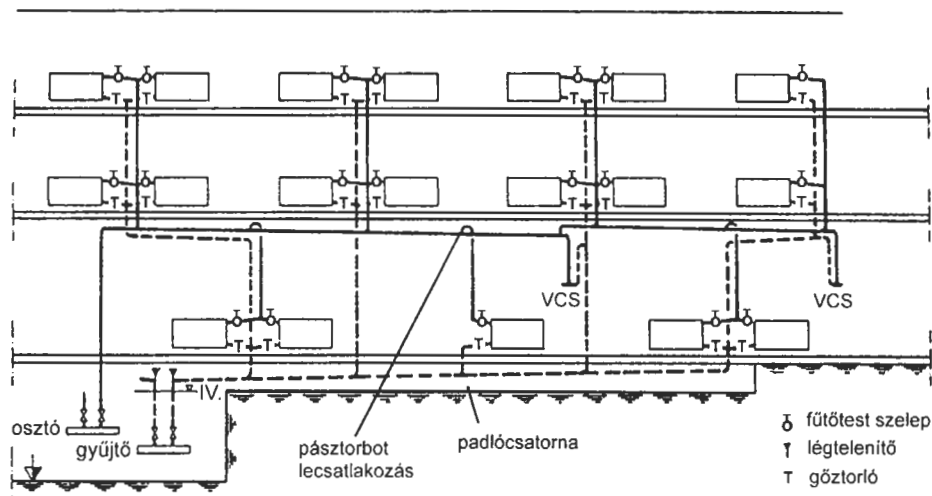
Felsőelosztású rendszert mutat a **27.7. ábra**. Amint látjuk, megoldja az előbb felvetett kérdést, de nagymértékben rontja a felső helyiségcsoport esztétikai megjelenését. Azt, hogy a leszálló gőzvezetékbe száraz gőz jusson, az úgynevezett „pásztorbot” kialakítással oldjuk meg. A pásztorbotok vízszintes elhúzása alkalmas a hőtágulásból eredő feszültségek felvételére. Ugyancsak a pásztorbot adja meg az alsó elosztásnál már tárgyalt fűrészfogas kialakítás lehetőségét is. Az ábrán egy esetleges gerenda, vagy egyéb épületszerkezet megkerülési módját is ábrázoltuk [51].



27.7. ábra. Felső elosztású gőzhálózat [51]

Az esztétikai gondokon enyhíthet a közbülső elosztás (**27.8. ábra**), ahol már csak az ismert elemek értelemszerű alkalmazását mutatjuk be. A 27.7. és 27.8. ábrán a kondenzvezetékét értelemszerűen padlócsatornába rejtettük, hiszen általában esztétikai oka volt annak, hogy a gőzvezetékét áthelyeztük egy felsőbb emeletre.

Nézzük meg most már azt, hogy mit is jelent hidraulikai és üzemviteli szempontból a kondenzvezeték változó magassági elhelyezkedése.

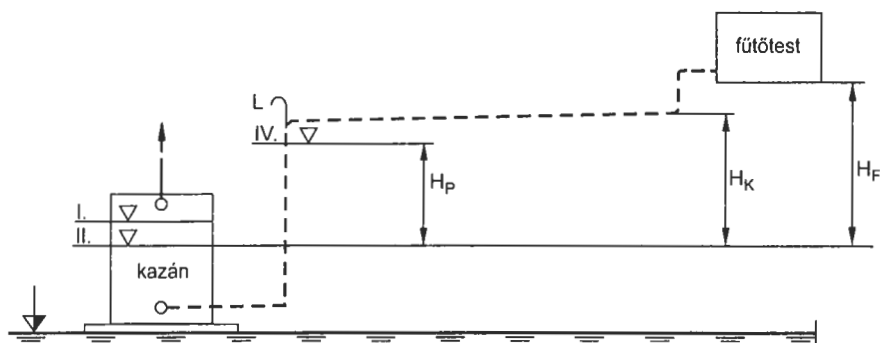


27.8. ábra. Közbűlső elosztású gőzhálózat [51]

### 27.2.3. Száraz, nedves, és üzem közben nedves kondenzvezeték

Határozzuk meg egy egyszerű ábrán még egyszer a száraz kondenzvezeték létesítésének feltételrendszerét. A 27.9. ábrán a kazán üzemi vízszintjéhez (II. jelű) képest a kondenzoldali vízszint (IV. jelű) helyzetét a következők befolyásolják:

- a gőz üzemi nyomása, amely a kondenzvíz  $H_p$  szintemelkedését határozza meg (tekintetbe véve az áramlási ellenállás legyőzéséhez szükséges nyomást is). Ahogy már láttuk, ez az érték általában a gőzvezeték hosszától, a rendszer kiterjedtségétől függ;
- a kondenzvezeték lejtése és hossza, valamint a kondenzvezeték lehetséges magassági elhelyezése a  $H_K$  szintkülönbséget szabja meg (ahogyan ezt az előbb láttuk, a légtelenítő biztonságos elhelyezését és egyéb szerelési helyszükségletet is figyelembe véve),
- a hőleadó szükséges elhelyezési szintje, amely a kazán üzemi vízszintjéhez képest  $H_F$  szintkülönbséget jelent.



27.9. ábra. Száraz kondenzvezeték meghatározása



Ha a három szintkülönbség között a következő kapcsolat áll fenn:

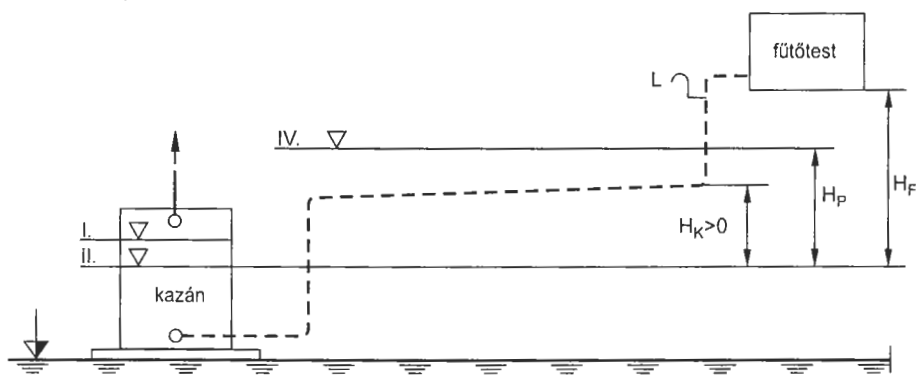
$$H_F > H_K > H_P$$

akkor ez az eddig tárgyalt eset: a kondenzátum *gravitációsan, száraz kondenzvezetéken át*, közvetlenül a kazánba vezethető.

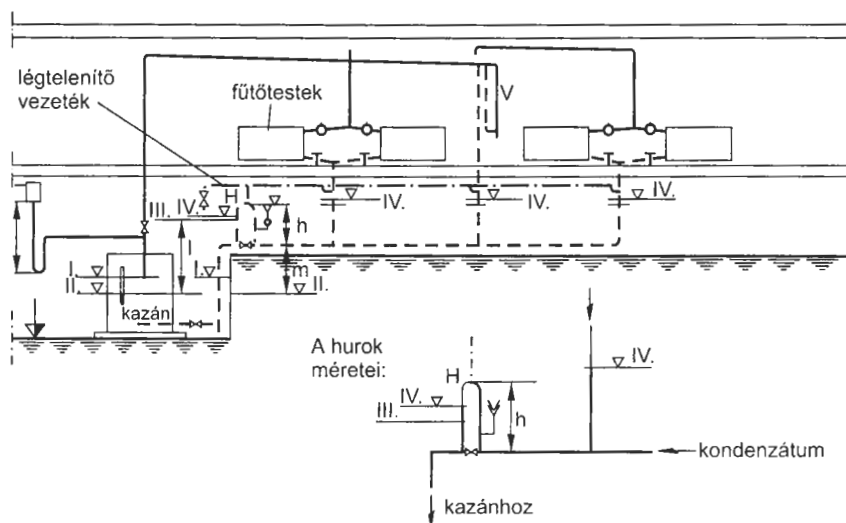
Ha a három szint viszonya a következőképpen alakul:

$$H_F > H_P > |H_K| \text{ és } H_K > 0$$

akkor a hőleadó nem kerül víz alá, de az üzemszünetben száraz kondenzvezetékét üzem közben a víz elárasztja. A közvetlen gravitációs visszatáplálás megvalósítható, de a légtelenítést ( $L$ ) a kondenzátum üzemi vízszintje felett kell elhelyezni. Az így kialakított hálózat elnevezése: *félnedves, vagy szakszerűbben üzem közben nedves kondenzvezeték* (27.10/a ábra).



**27.10/a ábra. Félnedves, vagy üzem közben nedves kondenzvezeték meghatározása**



27.10/b ábra. Félnedves, vagy üzem közben nedves kondenzvezeték



A 27.11/a ábrán bemutatott esetben

$$H_F > H_P > |H_K| \text{ és } H_K < 0.$$

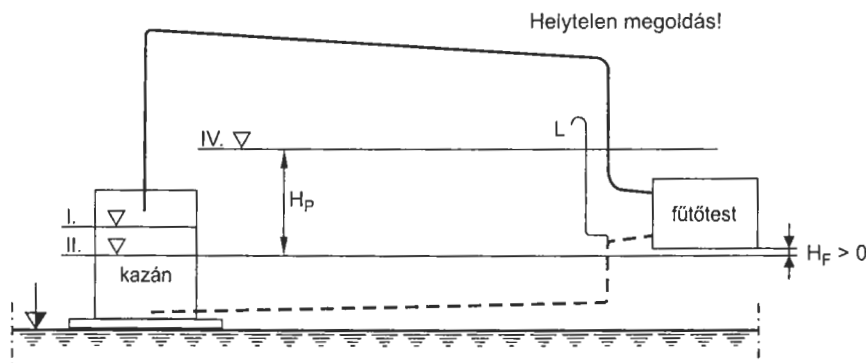
A közvetlen gravitációs visszatáplálás ekkor is megvalósítható, azonban a légtelenítésre ( $L$ ) ismét külön gondot kell fordítani. Az így kialakított hálózat neve **nedves kondenzvezeték**.

E megoldás részletes kialakítását a 27.11/b ábra mutatja.

### 27.3. Kisnyomású gőzfűtés, mesterséges kondenzvíz visszatáplálással

Ahogy ezt már a gőz hőhordozó jellemzésére szánt fejezetben is említettük, a gőz ipari felhasználása sokkal jelentősebb, mint a fűtési alkalmazás. Olvasóink megfelelő tájékoztatása és a „Fűtéstechnika” tárgyköréhez való hűség kettős követelmény rendszerének eleget téve, a nagyobb kazántelemekhez csatlakozó kondenzállomásokat a „Távhőszolgáltatás” c. fejezetben említjük majd meg. A nagynyomású gőztermelés kondenzvíz visszatáplálását ugyanis össze kell kötni a vízkezelés kérdésével és az eltérő nyomásviszonyok sora is eltérő megoldásokat hoz.

A címben két okból is hangsúlyozzuk, hogy kisnyomású gőzfűtés tárgyalásáról van szó. Egyfelől, mert eddig végignéztük a kisnyomású gőzfűtésekben elfoglalható magassági helyzeteket az elosztó gőzvezeték és a gyűjtő kondenzvezeték helyzetének szempontjából, mindig azt feltételezve, hogy a kondenzátum gravitációsan juthat vissza a kazánba. Most, ismerve az eddig tárgyalt eseteket, egyetlen magassági viszonyt, egyetlen szintet változtatunk: mesterséges, azaz szivattyús kondenzvíz-visszatáplálást alkalmazunk, mivel a magassági helyzet csak ezt teszi lehetővé.



27.12. ábra. A mesterséges visszatáplálás feltételének meghatározása

A jelenség megértéséhez vázoljuk az eddigi sorrendben a magassági viszonyokat. Ha a **27.12 ábra** szerint:

$$H_F < |H_P| \text{ és } H_F > 0$$

akkor üzem közben a kondenzátum részben, vagy egészben előnti a fűtőtestet. Ez értelem-szerűen nem engedhető meg. Ha a  $\dot{H}_F < H_P$  egyenlőtlenség nem változtatható meg, akkor a kondenzátum gravitációsan közvetlenül nem táplálható vissza a kazánba. Ez esetben nyitott tartályban kell a csapadékok összegyűjteni és onnan mesterségesen a kazánba juttatni.

Pusztán elvi jelentőséggel említjük meg a  $H_F < 0$  esetet, hiszen ekkor már üzemszünetben is víz alatt lenne a hőleadó.

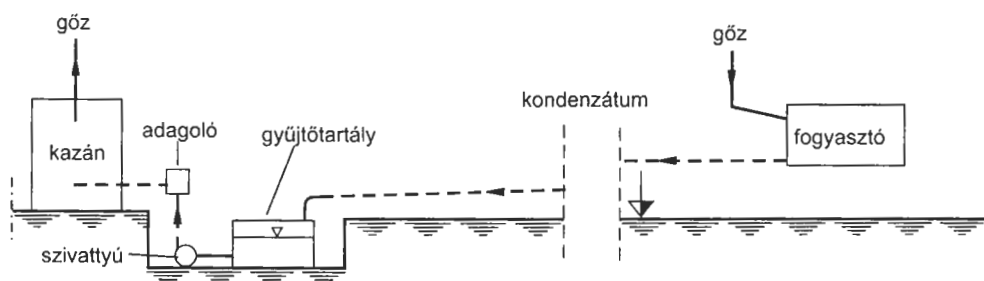
Az általános megoldás: a kondenzátumot általában gravitációs úton gyűjtőtartályba juttatjuk, majd táptartályba emeljük és onnan adagoljuk a kazánba. A visszatáplálás megoldását értelem-szerűen a kazán és a fogyasztó közötti terep jellege befolyásolja.

A **27.13. ábrasorozaton** a mesterséges kondenzvíz visszatáplálás lehetséges eseteit mutatjuk be.

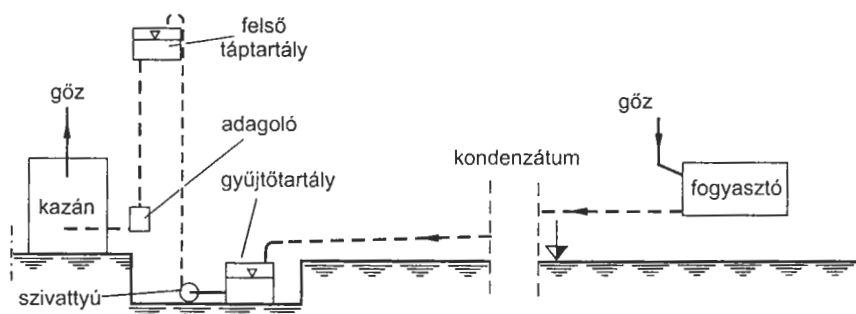
- 27.13/a ábra. Gravitációs kondenzátum gyűjtés a hőtermelőnél, majd további tartály nélkül szivattyús közvetlen visszatáplálás.
- 27.13/b ábra. Gravitációs gyűjtés a kazánházban, szivattyús átemelés felső táptartályba, majd innen gravitációs visszatáplálás. Kisnyomású gőzkazánok esetében ez igen elterjedt megoldás.
- 27.13/c ábra. Gravitációs gyűjtés a fogyasztónál, szivattyús szállítás alsó táptartályba, szivattyús visszatáplálás. A visszatáplálás megoldható a „b” ábrán bemutatott felső táptartállyal is.
- 27.13/d ábra. Gravitációs gyűjtés és szivattyús átemelés felső táptartályba a fogyasztónál, gravitációs visszaszállítás a kazánházba és betáplálás a kazánba. A megoldás nem kedvelt, és nem is ajánlható ebben a formában, mert a víz erősen lehűlve érkezik vissza a kazánhoz.

Itt említjük meg azt a nagyon lényeges kérdést, hogy amennyiben mesterséges kondenzvíz-visszatáplálásról van szó, mindig felmerül a kondenzátum lehűtésének, és hasznosításának kérdése. Ez már esetenkénti tervezési megfontolást igényel, mint ahogyan az is, hogy fogyasztócsoportonként hány gyűjtőtartályt alkalmazunk, erre is látunk példát a 27.4.7. pontban, ahol a gyakorlati megoldásokat ismertetjük (27.50. ábra).

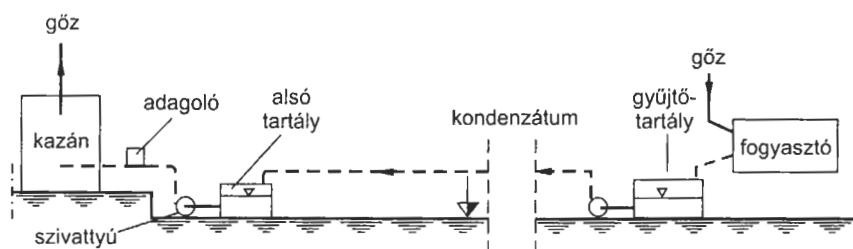
Itt csak arra az energiagazdálkodási szempontból igen fontos problémára hívjuk fel a figyelmet, hogy a gőzrendszerek jelentős veszteségforrást jelenthetnek, a veszteségek csökkentését minden esetben gondos elemzéssel és tervezéssel kell megakadályozni.



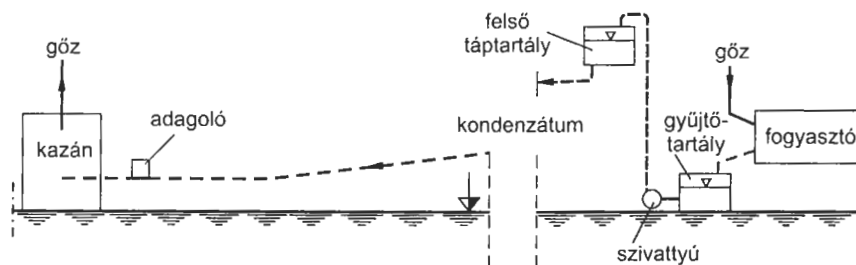
27.13/a ábra. Közvetlen szivattyús visszatáplálás



27.13/b ábra. Közbülső felső táptartály alkalmazása



27.13/c ábra. Közbülső alsó táptartály alkalmazása



27.13/d ábra. Felső táptartály a fogyasztónál

## 27.4. Kisnyomású gőzfűtések gyakorlati megoldása és szerkezetei

Ahogy a bevezetésben már említettük, a kisnyomású gőzfűtés a fűtéstechnika fontos fejezete, de nem nevezhető korszerűnek, s bemutatása inkább csak a meglévő rendszerek kezelése miatt fontos. Amikor ezek a kisnyomású gőzfűtések nagyobb léptékben és mértékben épültek és létesültek, a fűtéstechnika még korántsem állt olyan elméletileg megalapozott fokon, mint ma, és akkoriban fejlődött át mesterségből, kisiparból, tudománnyá. Ezért a gyakorlati megoldások, szerkezeti részek is a mesterségekből hozott, kissé népi ízű, találó hasonlatokon alapuló elnevezéseket kaptak, és viselnek ma is, s alakjuk, megjelenésük néha elüt a korszerű, ma megszokott, újonnan fejlesztett megoldásoktól. Így könyvünk ezen része egyes esetekben kissé talán krónika-jellegű, de a szerző azt reméli, hogy a hallgató-olvasó számára a jelenben is élő közelmúlt hangulatos és fontos információkat hordoz.

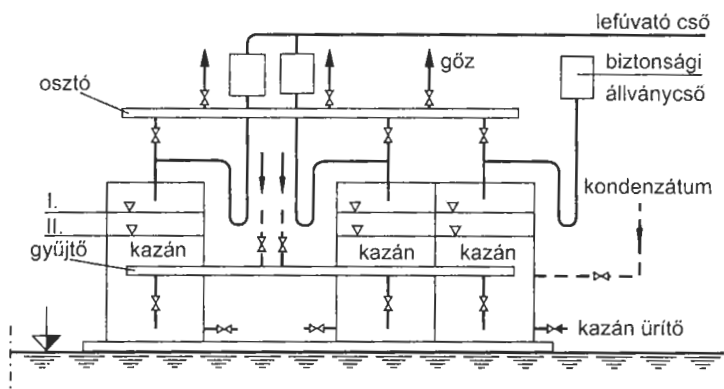
Azt is tudnunk kell, hogy a fejlett ipar ma is gyárt a gőzfűtésekben alkalmazható, korszerű szerkezeteket [35], [57].

Ezzel a szemlélettel kövessük most már végig a hőtermelőtől indulva és visszajutva a hőtermelőig az eddigi elvi rendszerekben a gőz és a kondenzátum útját, s ismerjük meg a gyakorlati kialakítási szempontokat és a legfontosabb szerkezeteket.

### 27.4.1. A gőztermelő berendezés kapcsolása

A kisnyomású gőzt kazánban fejlesztjük, vagy nagynyomású gőzből állítjuk elő.

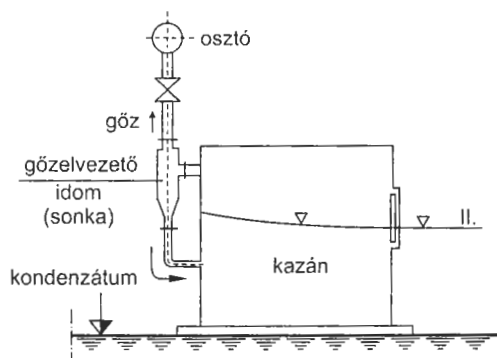
A kazánok szükséges fűtőfelületét a fűtéstechnika alapelvei szerint itt is célszerű több egységre bontani, egyfelől, hogy megfeleljünk a gépészeti tartalékképzés elvének, és másfelől, hogy jobb szabályozási feltételeket biztosíthassunk. A gőzkazánok szakaszolása, egyenkénti kiiktatása mind üzemszünetben, mind üzem közben szükséges lehet. Az üzemben kívüli kazánt mind gőz, mind kondenzátalon el kell zárni az üzemelő kazánoktól (27.14. ábra).



27.14. ábra. Kisnyomású gőz termelő kazánok kapcsolása [51]

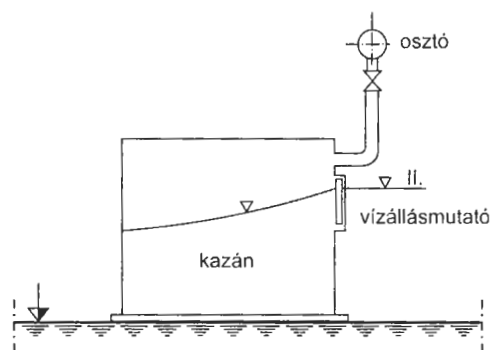
A fejlődő gőzt az **osztó** gyűjti össze, és kiegyenlíti az esetleg eltérő mértékű tüzelés miatti nyomáskülönbséget. Egyben geometriailag módot nyújt a gőz alapvezetékek lecsatlakoztatására is. Ugyanígy a **gyűjtő** összegyűjti a kondenz-alapvezetéseket, majd a vizet szétosztja a kazánok között és értelemszerűen bizonyos vízkiegyenlítő szerepet is betölt.

Kövessük a további részletek bemutatásakor a gőz útját. Induljunk tehát onnan, hogy **a gőz eltávozik a kazánból**. Könnyen belátható, hogy üzem közben nyugodt vízfelszín kell biztosítanunk, hiszen a változó, ingadozó, esetleg nyugtalan felszín a vízfelszínről üzemeltetett segédberendezéseket bizonytalanná teszi, és így további üzemzavarok forrása lehet. A nyugodt vízfelszín biztosítását szolgálta az úgynevezett „sonka” idom. Ez lényegében felbővített T idom, amelyben a kazánból távozó 5–10 m/s gőzsebesség lecsökken, és így elejti a vízcseppeket (27.15. ábra), s a fogyasztóhoz száraz gőz jut.

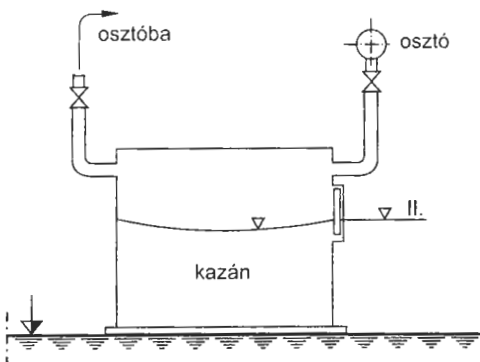


27.15. ábra. Gőzelvezető „sonka” idom bekötése

Hosszú kazánoknál megesik, hogy a víz felszíne ferde lesz. Ennek oka az, hogy a kivezetésnél nagy a dinamikus nyomás, emiatt a statikus nyomás kicsi, és a vízfelszín e lecsökkent statikus nyomásnak megfelelően alakul (27.16/a ábra). E probléma megoldása az, hogy a hátsó kazánfalnál lévő kivezetésből juttatjuk a gőzt az osztóba (27.16/b ábra), és így biztosítjuk a vízszintes felszínt.

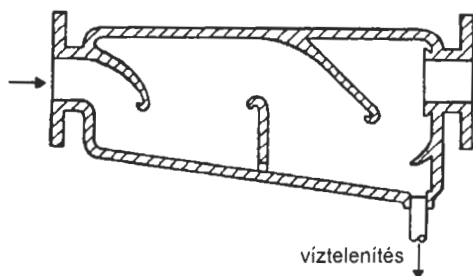


27.16/a ábra. Vízszint alakulása hosszú kazán esetén

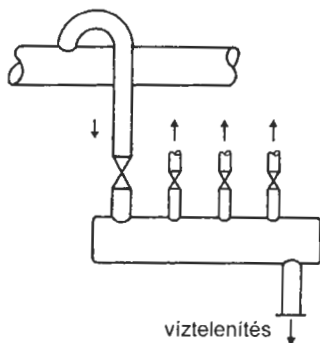


27.16/b ábra. Vízszint alakulása a hátsó és előlő kazánfal összekötésével

Szokásos megoldás még az úgynevezett „gőzsárító” cella alkalmazása (27.17. ábra), valamint az a megoldás, hogy már az osztóba száraz gőzt juttatunk (27.18. ábra).



27.17. ábra. Gőzsárító cella [57]



27.18. ábra. Száraz gőz továbbítása [57]

#### 27.4.2. A gőztermelő és a fűtőberendezés biztosítása

A gőz szállítására a csőhálózatban saját túlnyomását használjuk fel. Vizsgáljuk meg, hogy a termelőben előállított túlnyomás változása és a gőzvezetékben szállított tömegáram-változás között milyen jellegű kapcsolat van. Erre a célra a kazán túlnyomása és a gőzvezeték ellenállás egyensúlyát leíró összefüggést használjuk fel.

$$\Delta p_k = K \dot{m}_{\text{gőz}}^2 \quad (27.1.)$$

Méretezési alaphelyzet a mértékadó állapot: a helyiségek legnagyobb hőszükségletéhez tartozó gőztömeg áramlását biztosítja a kazán lehető legnagyobb üzemi túlnyomása. Ha a nyomás a kazánban például ennek kétszeresére növekedhetne, akkor az áramlási egyensúly értelmében

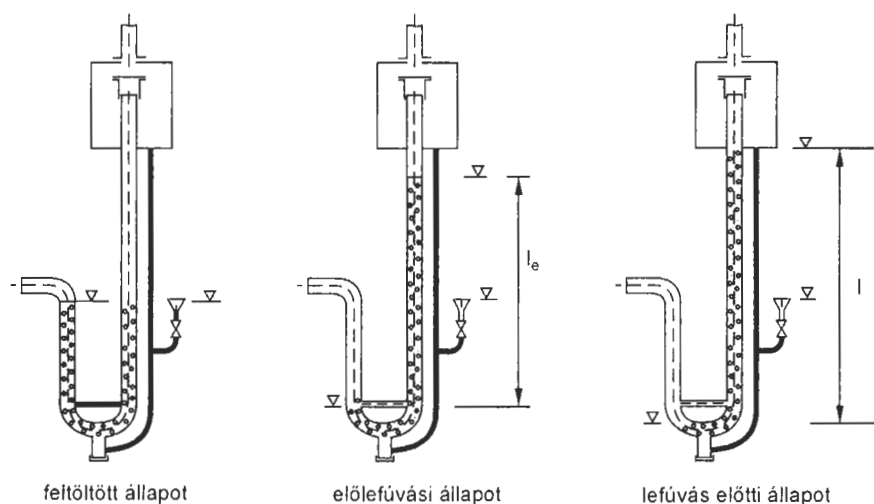
$$2\Delta p_k = 2K \dot{m}_{\text{gőz}}^2 \quad (27.2.)$$

azaz a gőz tömegárama arányosan megnőne. Ez a gőzáram azonban a fűtőtestben annak kötött felülete miatt nem tud teljes egészében lecsapódni, emiatt a gőznyomás megnő, és a gőz átjut a kondenzvezetékbe. Ezt a nem kívánatos jelenséget természetesen el kell kerülni, vagyis a berendezést óvni kell a tervezettnél lényegesen nagyobb gőznyomástól. Erre a célra is szolgál a már említett biztonsági állványcső, amely védi a termelőt és a rendszert a túlnyomástól. A biztonsági állványcsövet valamennyi gőzfejlesztőhöz, tehát kazánhoz, hőcserélőhöz, sőt, a nyomáscsökkentő szelepek után elhelyezett osztókhoz is csatlakoztathatjuk.

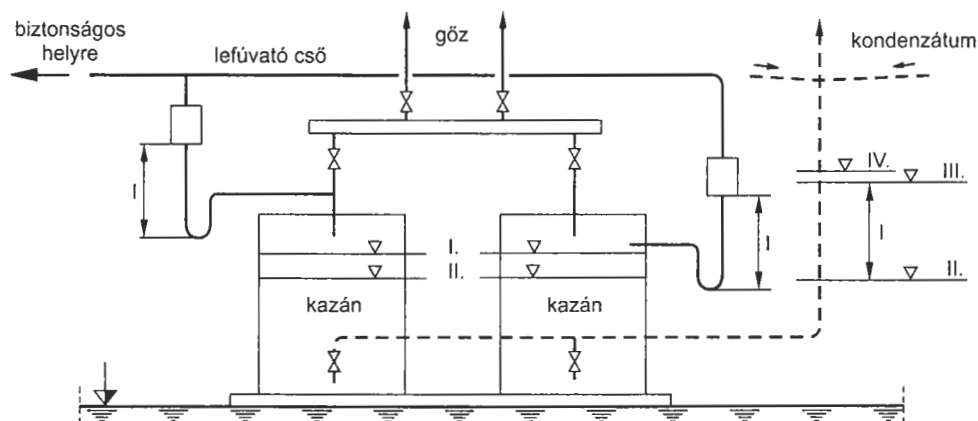
Amennyiben a gőzfejlesztést nem egy egységben, hanem több kazánban (több hőcserélőben) végezzük, úgy minden egyes egységet egyenként szétvethet a gőznyomás, ezért minden egységet külön biztosítással kell ellátni.



A biztonsági állványcső leggyakoribb formáját a **27.19/a ábra** mutatja. Lényege, hogy kellő magasságú vízoszlop tart egyensúlyt a gőznyomással mindaddig, míg a gőznyomás növekedésekor a vízzár már nem képes megakadályozni azt, hogy a gőz a szabadba jusson. Ekkor a meg nem engedett nyomás le is csökken. A kialakítás egyik igen lényeges eleme, hogy a tölcserén át ne lehessen vizet juttatni a kazánba, hiszen így mind a víz kémiai tulajdonságai, mind hőmérséklete árthatna a kazánnak, ahová csak tervszerűen előkészített vizet szabad juttatni. A hőmérséklettel kapcsolatban gondoljunk az öntöttvas alapanyagú kazánokra: az öntöttvas a hőmérsékletkülönbség hatására megreped. Másik fontos szempont, hogy a lefűvátáskor eltávozó gőz senkiben ne okozhasson kárt, tehát a lefűvátást balesetvédelmi szempontból kifogástalanul kell megoldani.



27.19/a ábra. Üzemállapotok a biztonsági állványcsőben



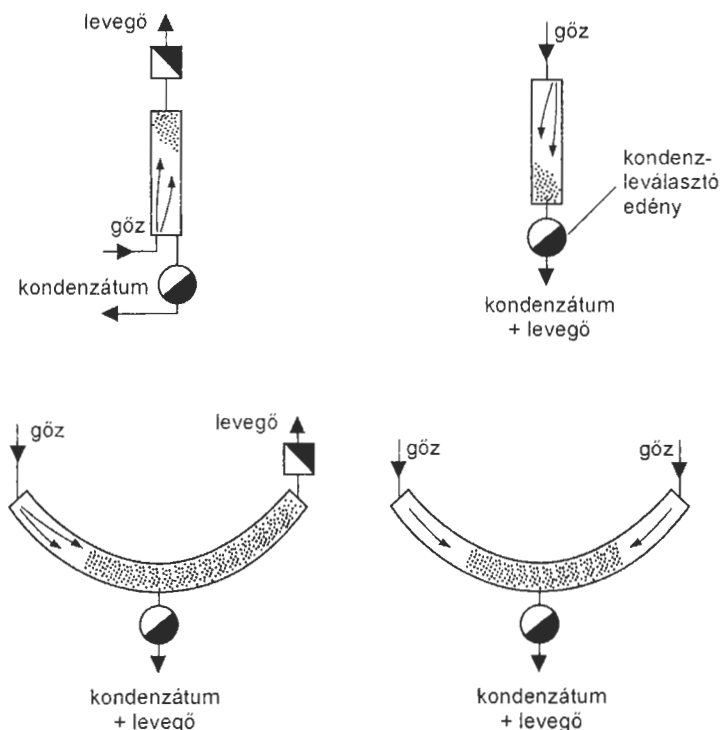
27.19/b ábra. Biztonsági állványcső csatlakoztatási lehetőségei

A 27.19/a. ábrán a nyomás növekedésével alakuló vízszinteket is bemutatjuk. A vízszácskötését a kazán felé mindig enyhe lejtéssel kell szerelni, hogy a csapadék a kazánba jusson vissza. Természetesen a biztonsági állványcső csatlakozásában elzáró szerelvényt elhelyezni tilos! A biztonsági állványcső és a kazánok csatlakoztatására több lehetőség is kínálkozik, példaképpen mutatjuk be a 27.19/b. ábrát.

### 27.4.3. A berendezés feltöltése, ürítése, légtelenítése

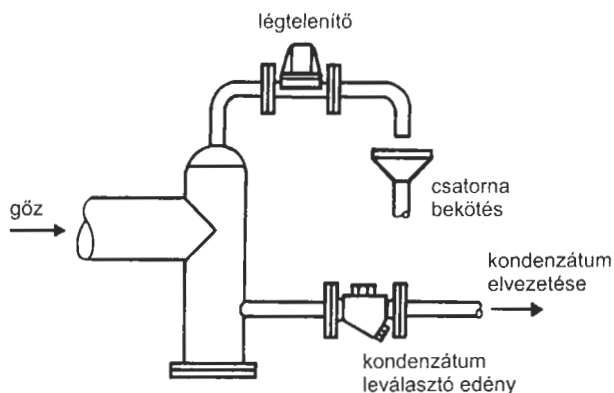
Az eddigiekből látszik, hogy a gőzkazán üzemét nagyon érzékenyen érinti a vízszint változása. Ezért mind a berendezés töltését, mind pedig ürítését jól ellenőrizhető helyen, lehetőleg a kazánoknál kell megoldani. A kondenzhálózat vízszácsjainak ürítése, töltése szintén figyelmes kezelőt igényel. Gyakran előfordul, hogy a terjedelmes kondenzhálózatot nem elég egy központi helyen, hanem több ponton kell légteleníteni. Minden egyes légtelenítési megoldás hozzáférhetőségére, és a kezelésre különös gondot kell fordítani.

A 27.20. ábráson a légtelenítés tipikus és megfelelő helyeit mutatjuk be. Megjegyezzük, hogy ezen alapvető elhelyezési és szerelési megfontolások mellett gondolnunk kell arra is, hogy a légtelenítők esetleg nem csak a levegőt engedik keresztül. Hideg állapotban ugyanis nyitva vannak és a fűtést, vagy a vezeték kondenzátummal való eláraszt-



27.20. ábra. A légtelenítés lehetséges megoldásai [57]

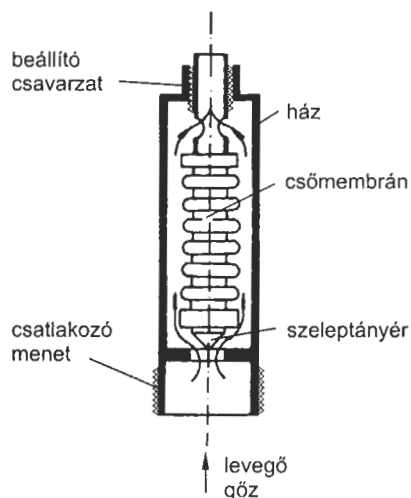
tása esetén a levegő mellett vizet is kiengednek. Ezért az esetleges kismértékű gőzkiáramlás nem a hibás működés eredménye, hanem hozzátartozik a berendezés üzemszerű működéséhez. A jelenség ezzel együtt sem kívánatos, ezért célszerű a nagyobb rendszerek légtelenítójének kilépő nyílásához egy nyitott tölcserőt szerelni (27.21. ábra). Ezt a tölcserőt a csatornahálózatba kell bekötni. Esetleg olyan megoldás is lehetséges, hogy a légtelenítést rögzítetten visszakötjük a kondenzvezetékbe, de természetesen ez kevésbé ajánlatos.



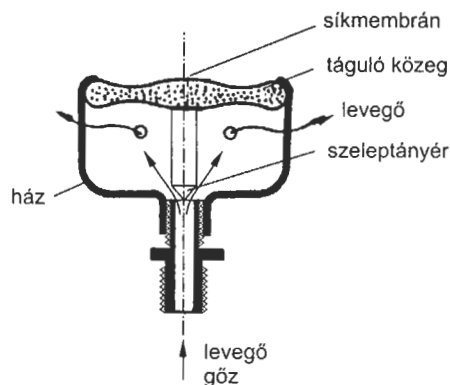
27.21. ábra. Tölcserés csatorna bekötés [57]

A légtelenítés legegyszerűbb megoldása az úgynevezett légtelenítő pipa, melyet a 27.3. ábrán már bemutatunk. Nagy kiterjedésű rendszerekben előfordulhat, hogy a gőz a kondenzvezetékbe jutva kiáramlik a nyitott légtelenítő rendszeren. Ennek elkerülésére alkalmazzuk az önműködő légtelenítő-légbeszívó szelepet. Lényege, hogy a szeleptányér tágulótetthez csatlakozik. A tágulótetet képező csőmembránt hőre érzékeny közeg tölti ki. Amíg az aránylag kis hőmérsékletű levegő éri a csőmembránt, addig a szelepet nyitva tartja, de a lényegesen nagyobb hőmérsékletű gőz érzékelésekor a szelep bezár (27.22. ábra). Másik megoldás az úgynevezett légtelenítő tulipán (27.23. ábra), ahol az előbbi táguló tetet sík membrán helyettesíti. Nagyobb kiterjedésű hálózatoknál előfordulhat azonban, hogy nem minden fűtőtest légtelenedik egyszerre, és a hálózat teljes légtelenedése előtt zárnak a szelepek. E probléma kiküszöbölésére alkalmazzák a kézi és automatikus légtelenítés együttesét (27.24. ábra).

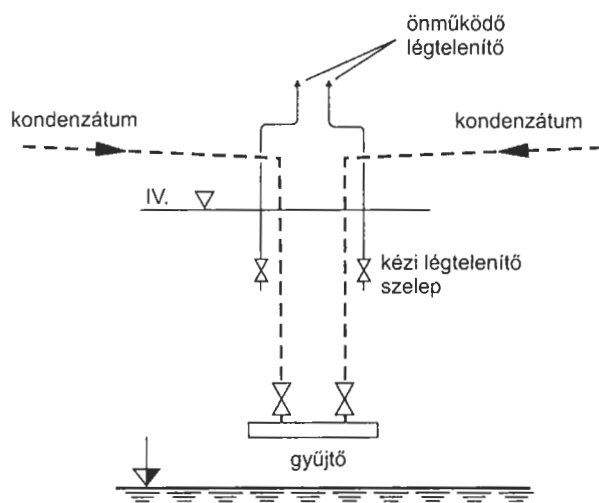
Nagynyomású, nagyméretű, ipari rendszereknél bimetalos légtelenítőket alkalmaznak.



27.22. ábra. Önműködő légtelenítő szelep



27.23. ábra. Tulipán alakú, önműködő légtelenítő szelep

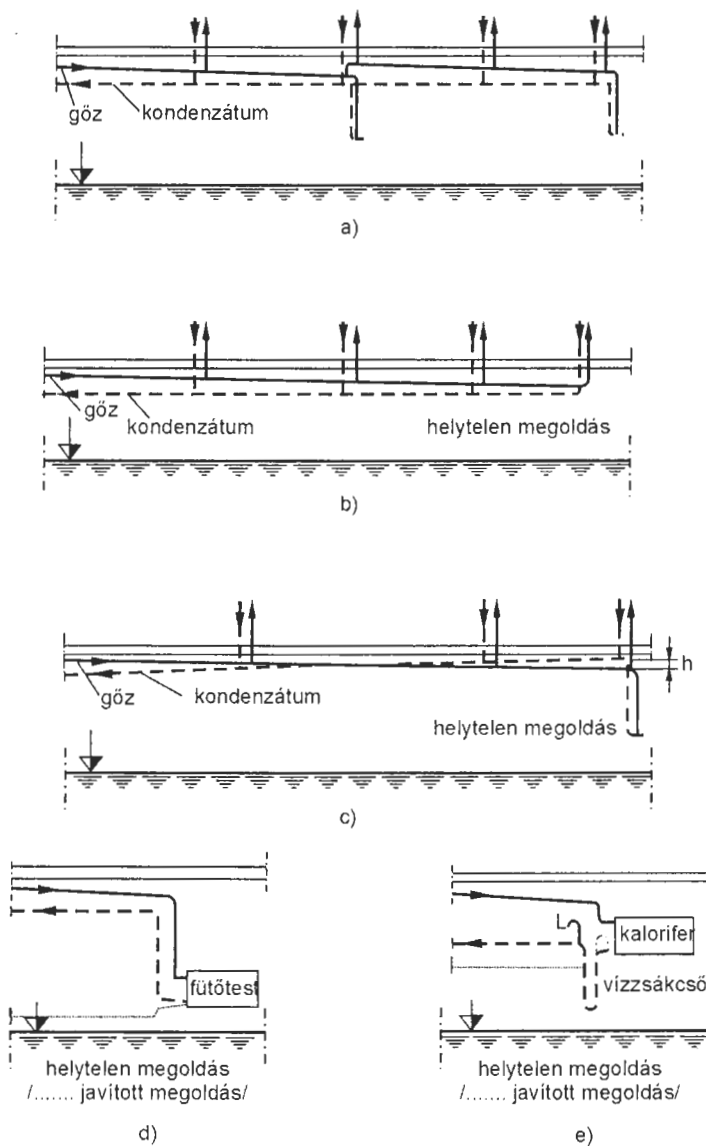


27.24. ábra. Kézi és önműködő légtelenítés együttes alkalmazása

#### 27.4.4. Csőhálózat és hőleadók kapcsolása

A csőhálózat és a hőleadók kapcsolásának helyes gyakorlati megoldását ábrákkal illusztráljuk. A 27.25. ábra az alapvezeték helyes elrendezését szemlélteti: a kondenzvezeték alacsonyabban halad, mint a gőzvezeték. A gőzvezeték legmélyebb pontjait egymástól megfelelő távolságra víztelenítjük egy-egy vízszákcsővel. Ez egyben a gőz nem kívánt áramlását is lezárja. Mivel a gőz – és a kondenz-alapvezeték értelemsszerűen egymással ellentétes

irányban lejt, ezért – a szerelési helyigényt is beleszámítva – a két vezeték magassági irányban eléggé távol kerülhet egymástól. Ebből és a vízsákcső helyigényéből következik, hogy a két vezetéket nem célszerű földem alatt bárhol elhelyezni, a tervezésnél inkább úgy kell gondolkodnunk, hogy a vezetékeket oldalfalra szerelhessük.

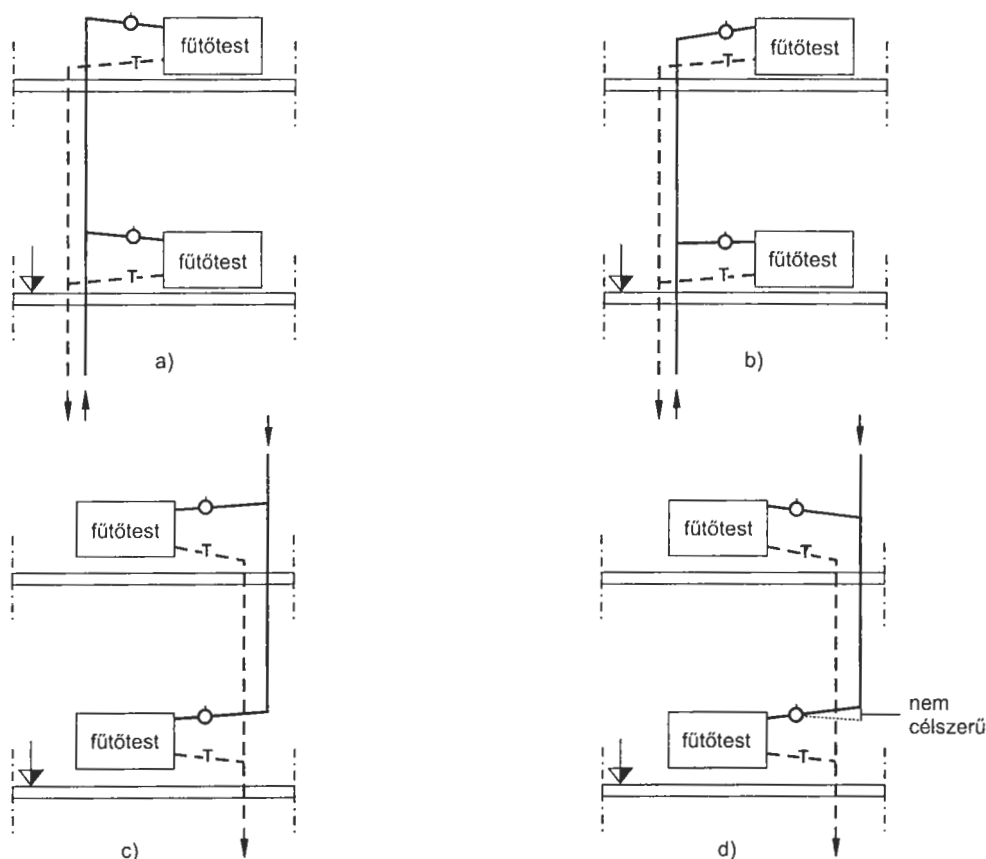


27.25. ábra. Csővezeték elrendezési lehetőségek [51]

- a) Gőz- és kondenzvezeték helyes szerelése; b) A víztelenítés nem kielégítő; c) A magassági viszony helytelen; d) Fűtőtestek vízsákcban; e) Kondenzátum elvezetés túl magasan!

A 27.25/b ábra a végponti vízszákcso hiánya miatt egyértelműen helytelen megoldás, de nem fogadható el a 27.25/c ábra szerinti elrendezés sem. Itt ugyan van végponti víztelenítés, azonban a kondenzvezeték alatt haladó gőzvezeték szakasz ismét víz alá kerül. A 27.25/d ábra szerinti vezetékelrendezés mellett a fűtőtest nyilvánvalóan vízszákban van, a fűtőtest kondenzvezetéke magasabban halad, mint a gőzvezeték legmélyebb pontja. Ezen javítani csak a kondenzvezeték süllyesztésével lehet. A 27.25/e ábrán a kondenzátum elvezetés magasán van, emiatt a hőleadó részben víz alá kerül.

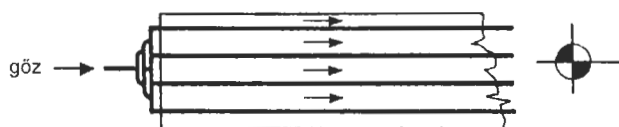
A kisnyomású gőzfűtések szerelésénél egyeduralkodó megoldás a kétvezetékes bekötés, értelemszerűen a felső a gőzcsatlakozás és az alsó a kondenzátum elvezetés. A **27.26. ábra** a tipikus megoldásokat szemlélteti.



27.26. ábra. Radiátorok csatlakoztatása

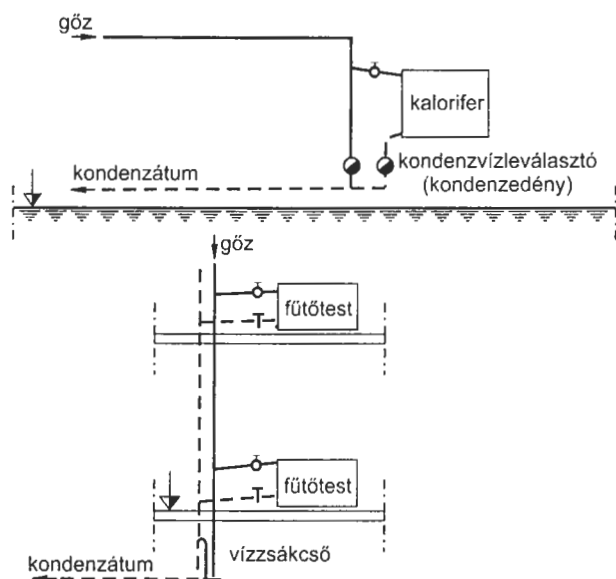
Amíg eddigi példáinkban mindig radiátorokat említettünk hőleadóként, addig itt rátérünk a **27.27. ábrán** a sugárzóernyők bemutatására. A gőzzel táplált sugárzóernyő az ipari csarnokok igen fontos fűtési megoldása. Magát az ernyőt megismertük a hőleadók sorában,

beépítésével kötötünk „Sugárzó fűtések” c. fejezetében foglalkozunk majd. Az ábrán bemutatott ernyőnél egyébként az a lényeg, hogy a gőzt egymással párhuzamos csövekbe vezetjük, hogy az ernyő lehető egyenletes hőmérséklet-eloszlását, és így az egyenletes hőleadást és hőtágulást biztosítsuk.



27.27. ábra. Sugárzó ernyő csatlakoztatók (Alaprajz!)

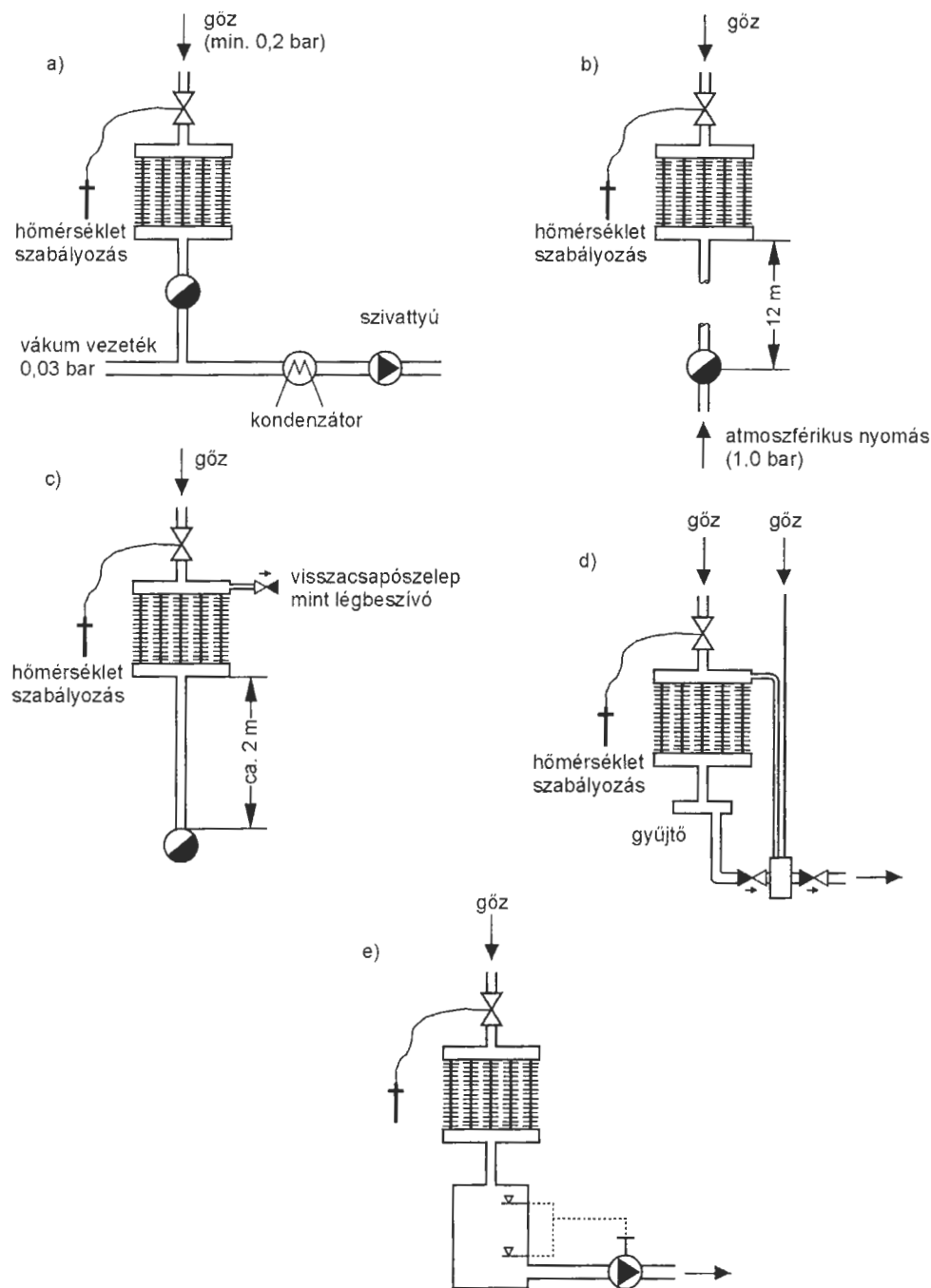
Ha a hőleadóhoz jutó gőzvezeték viszonylag hosszú, akkor a fűtőtest előtt célszerű a vezetéket vízteleníteni. Eerre mutat példát a 27.28. ábra.



27.28. ábra. Víztelenítés a hőleadó előtt [51]

Külön gondot okozhat a légtechnikában alkalmazott kaloriferek (bordázott csökötegből készített fűtőtestek) bekötése. Ezeknél ugyanis előfordul, hogy igen hideg külső levegőt fűtenek, és ebben az esetben a kalorifer elfagyhat és károsodhat. Ezért igen lényeges a fűtőtest megfelelő víztelenítése. Ennek természetes fizikai kulcsa az, hogy a vízelvezetési hely előtt a nyomás feltétlenül nagyobb legyen, mint a víztelenítési hely után.

Ennek egyik lehetséges megoldását mutatja a 27.29/a ábra, mely szerint a kondenzvezetékét vákuum rendszerre kapcsoljuk. Ennek a vákuum rendszernek a nyomása termé-



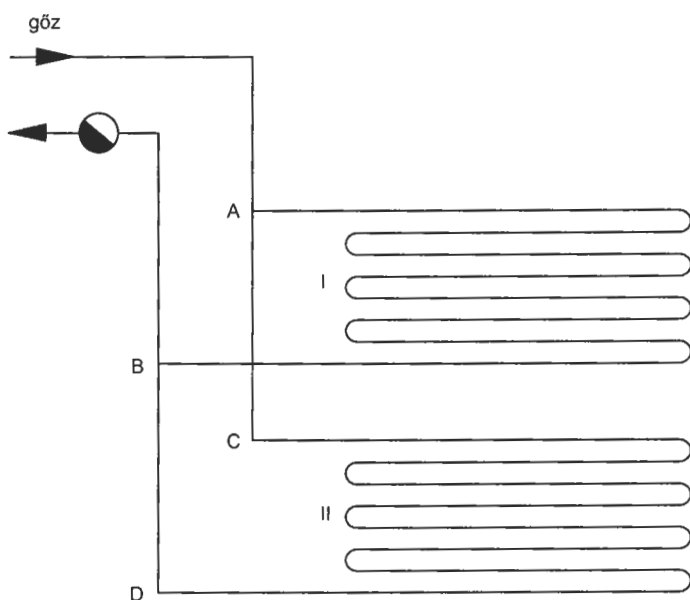
27.29. ábra. Kaloriferek (bordás csököttegek) csatlakoztatása

a) Vákuumvezeték csatlakozás; b) Kondenzcsatlakozás mélyen! c) Légbeszívással ellátott megoldás; d) Gőz, mint segédenergia; e) Villamos üzem, mint segédenergia

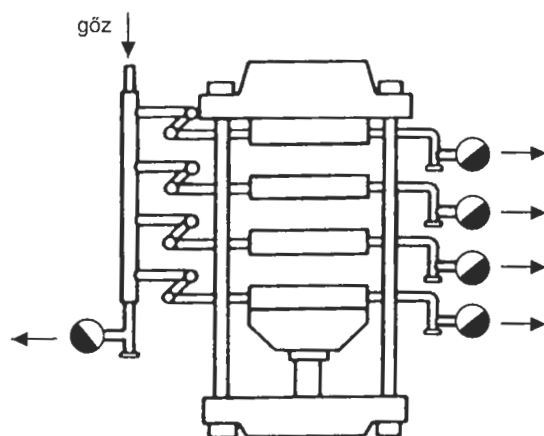


szetesen kisebb, mint a gőztérben uralkodó legkisebb nyomás. A következő, **27.29/b ábra** azt az esetet mutatja, amikor a térbeli szerelési elrendezés megengedi, hogy a kondenzleválasztót eléggé mélyre helyezzük ahhoz, hogy a vezetékben kialakuló vízoszlop súlya miatt a kondenzátum kifolyhasson. E nagy szintkülönbség elkerülésére alkalmas a **27.29/c ábra** megoldása, ahol légbeszívó szelep akadályozza meg azt, hogy a gőztérben a nyomás az atmoszférikus nyomás alá eshessen. Így körülbelül 1–3 m szintkülönbség elegendő ahhoz, hogy a kondenzleválasztó előtt a nyomás a megfelelő értékre növekedjék. Ha az eddig bemutatott eljárások nem megvalósíthatók, akkor a **27.29/d** vagy a **27.29/e ábra** megoldása szerint segédenergiát kell alkalmaznunk. Az ábrák gőzüzemű kondenzátemelőt, illetve villamos hajtású vákuumszivattyút mutatnak.

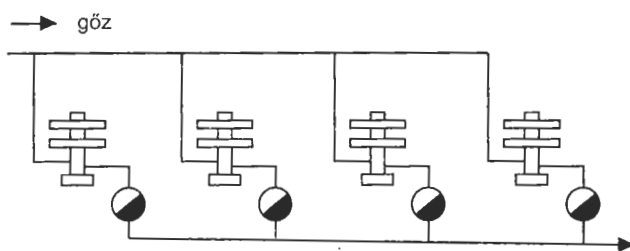
Felhívjuk még a figyelmet arra is, hogy ha több csőkipályát, vagy egyéb, azonos fogyasztót látunk el közös gőzvezetékéről, mindig ügyeljünk arra, hogy a berendezéseket egyenként víztelenítsük. Kedvezőtlen elrendezést mutat például a **27.30. ábra**, ahol a csőkipályák egyenlőtlen hűlése miatt a „B” pontban kialakuló nyomás és a „D” pontban kialakuló nyomás egymástól eltérhet. Így pusztán a fogyasztók üzemiállapota miatt a víztelenítés megoldatlanná válhat. A jelenség kiküszöbölésére a megoldás a fogyasztónként alkalmazott víztelenítés **27.31. ábra**.



27.30. ábra. A közös víztelenítés hatása [57]



Többszintes prés elemként víztelenítve

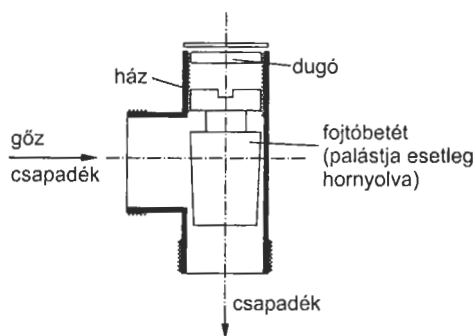


Gőzvasalók egyedi víztelenítése

27.31. ábra. Helyes víztelenítés fogyasztóként megoldva [57]

#### 27.4.5. Fűtőtest-szelep és gőztorló

A fűtőtest-szelepnak azt kell biztosítania, hogy a hőleadóhoz kellő mennyiségű éles gőz érkezzék, s hogy a gőz ne jusson a kondenzvezetékbe. Mivel ezt a vízfűtéseknel megismert, előbeállítós radiátorszeleppel (25.34. ábra) a kisnyomású gőzfűtések eddig összefoglalt tulajdonságai, jellemzői miatt nehézkes lenne megoldani, ezért úgynevezett gőztorlókat alkalmazunk. A gőztorló beépítését a 27.3. ábrán, valamint több kapcsolási rajzon már láttuk. A gőztorló (27.32. ábra) lényegében fojtószerkezet, ahol az erősen leszűkített keresztmetszeten a csapadék átjut, de a gőz lecsapódik. A gőztorlók csavarzatát a fűtési rendszer kézi besabályozásával állítják be. A gőztorló előnye, hogy egyszerű szerkezet, s hogy az üzem indulásakor a levegőt átengedi, és ezért a torló és a hőleadó közé légtelenítő szerelvényt tenni nem kell. Hátránya, hogy működése csak állandó gőznyomásonál megfelelő. Ezért az üzem indulásakor, illetve a gőznyomás váratlan növekedésekor a kondenzhálózatba esetleg gőzt engedhet.



27.32. ábra. Gőztorló működése

#### 27.4.6. Vízleválasztás és kondenzvíz leválasztók

Ahogy ezt már többször említettük, a gőzfűtések (és itt most nem csak a kisnyomású gőzfűtésről, hanem valamennyi, telített gőzzel működő gőzfűtésről beszélünk) üzemelésének egyik sarkalatos kérdése a vízleválasztás. Ennek legegyszerűbb szerkezeti megoldása a vízszákcső (27.33. ábra), aminek beépítését a 27.3. ábrán mutattuk be. A vízszákcső értelem-szerűen nem esztétikus, és természetesen csak a kisnyomású gőzfűtések felső nyomáshatáráig alkalmazható, az itt megkívánt 5,0–6,0 m hosszúság miatt [51].

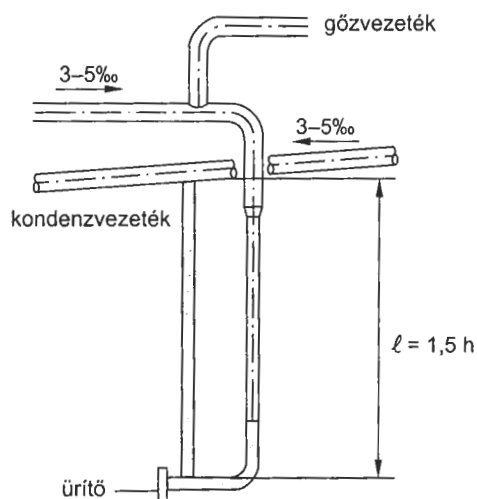
A hurok magassága az üzemi nyomás másfélszerese (lásd még: 27.3. ábra!).

Így helyhiány, vagy esztétikai igényesség esetén kisnyomású gőzfűtésnél is alkalmazzák azokat a vízleválasztó szerkezeteket, melyeket a nagyobb nyomásoknál értelem-szerűen kizárólagosan alkalmazni kell. Közös néven ezeket *kondenzedénynek*, vagy kondenzvíz-leválasztónak nevezzük.

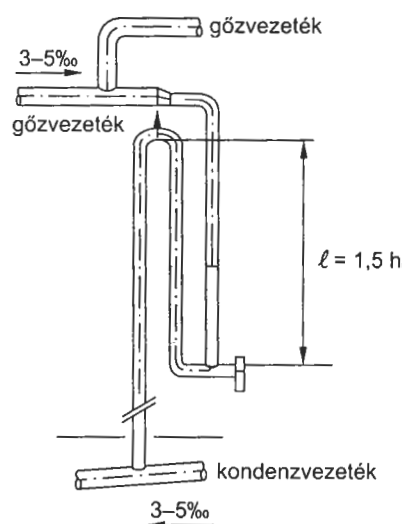
A kondenzvíz-leválasztók az alábbi elveken működhetnek.

- **Labirint** (keresztáramú) kondenzvíz-leválasztó: működési elve és előnye, hátránya megegyezik a gőztorlóéval.
- A **termosztátikus** kondenzvízleválasztók elvi működését a 27.34/a, 27.34/b és a 27.34/c ábra mutatja. E kondenzvízleválasztókat általában nyomásról és hőmérsékletről vezérlik. Az első típus bimetalos elven (a), a második részben folyadékkal töltött membrán tágulásának (b), a harmadik pedig folyadékkal teljesen teletöltött membrán tágulásának elvén (c) alapszik.

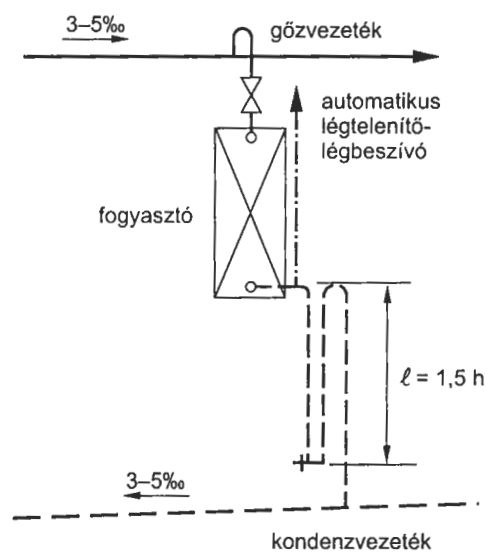
A bimetalos kondenzvíz levezető részletesebb rajzát a 27.35/a és 27.35/b ábra mutatja. Ha két különböző hőtágulási jellemzővel rendelkező fémlemezt összehegesztünk, a kapott elemet bimetalnak nevezzük. Hőmérsékletváltozás hatására a bimetal két elemének egyike erősebben megnyúlik, vagy megrövidül, mint a másik, azaz mindkettő meghajlik. Az ábrán bemutatott megoldás esetében a két lemez egymással szemben hajlik meg, és ily módon a lemezek meghajlása nagy szelep löketté adódik össze. E kondenzvíz levezető legfőbb előnye, hogy nem érzékeny a vízütésre, fagybiztos szerelést tesz lehetővé, kicsi és könnyű.



**Magasan szerelt kondenzvezeték esetén**

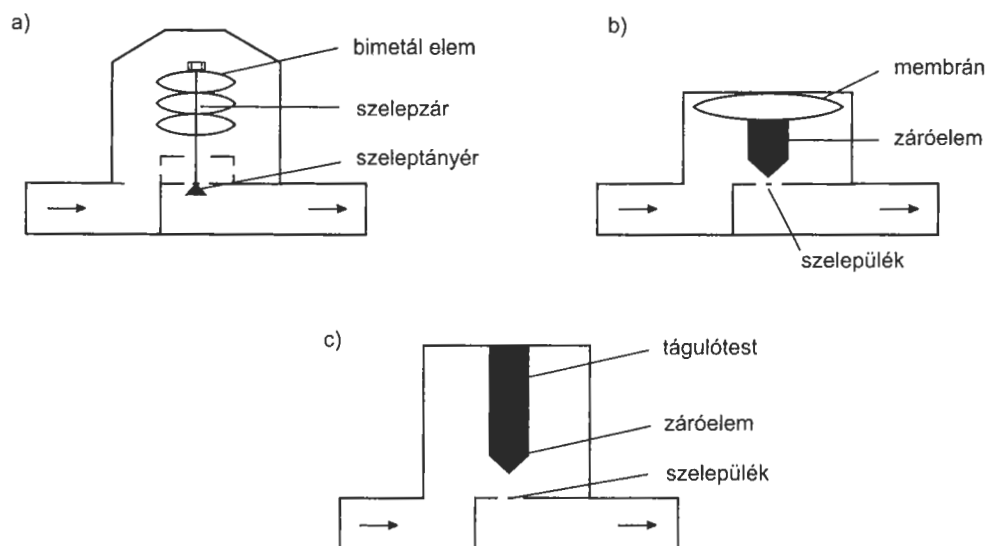


**Alacsonyan szerelt kondenzvezeték esetén**

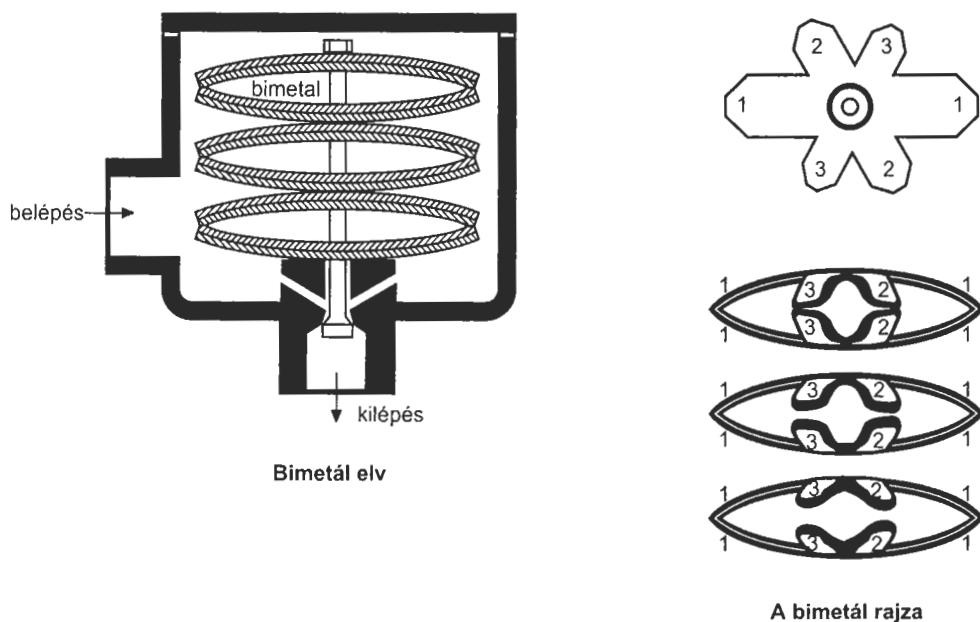


**Vízszákcső csatlakoztatása**

**27.33. ábra. Vízszákcső kialakítása**



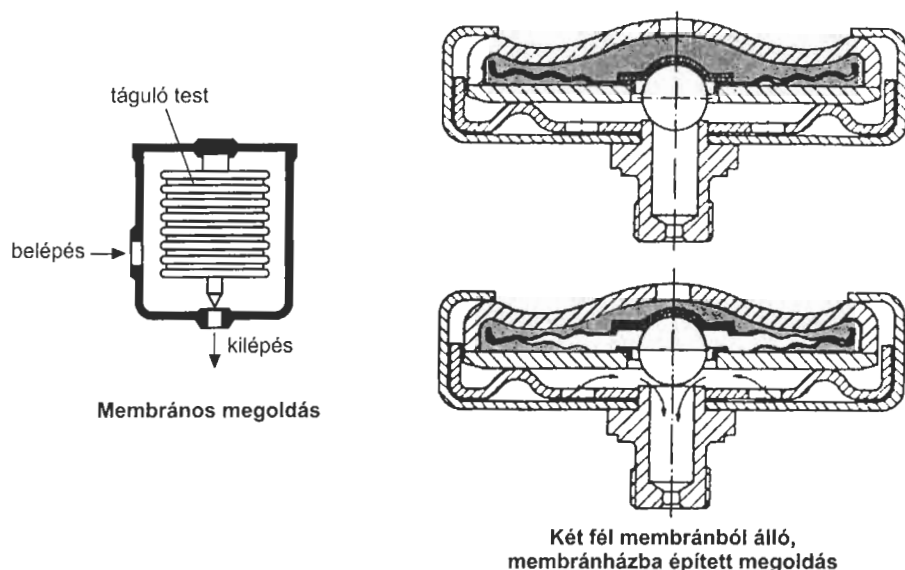
27.34. ábra. Termosztatikus (más néven termoelasztikus) kondenzvíz leválasztók elve [57]



27.35. ábra. Bimetálos kondenzvíz levezető

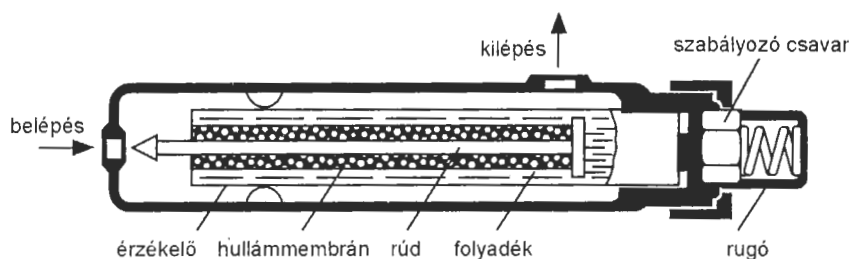
A megfelelő nyitási jelleggörbét az 1–1, majd a 2–2, végül a 3–3 karpár emelkedésével oldják meg.

Az úgynevezett termikus membrán kondenzvíz leválasztó, vagy köznapin nyelven: gyors-  
 üritő részben folyadékkal töltött membránnal működik (27.36. ábra). Lényegében a gőz-  
 fűtésű központi fűtési rendszerek radiátorainak kondenzlevezetője.



27.36. ábra. Membrános kondenzleválasztók megoldása

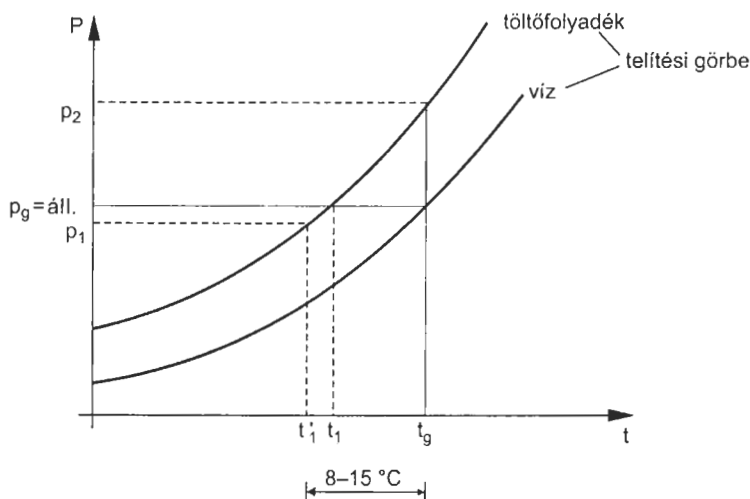
A vízűtésre érzékeny, de kicsi, könnyű és fagyveszély nélkül alkalmazható.  
 A tágulóttestes kondenzedényt, mely a teljes feltöltésen alapul, a 27.37. ábra mutatja.



27.37. ábra. Teljes feltöltésen alapuló tágulóttestes kondenzedény

Azon az elven fejt ki a kívánt hatást, hogy hő hatására egy tágulóttest a fojtóelemet zárja,  
 vagy nyitja. Általában a tágulóttest egy saját telített gőzével érintkező folyadékkal van  
 megtöltve. A hőmérséklet növekedésekor a folyadék egy része elgőzölög, így a tágulóttestben  
 nő a nyomás és a fojtóelem zárási irányban elmozdul. A hőmérséklet csökkenésekor a gőz egy  
 része kondenzálódik, a nyomás csökken, és a fojtóelem nyit. A töltőfolyadékot úgy választják

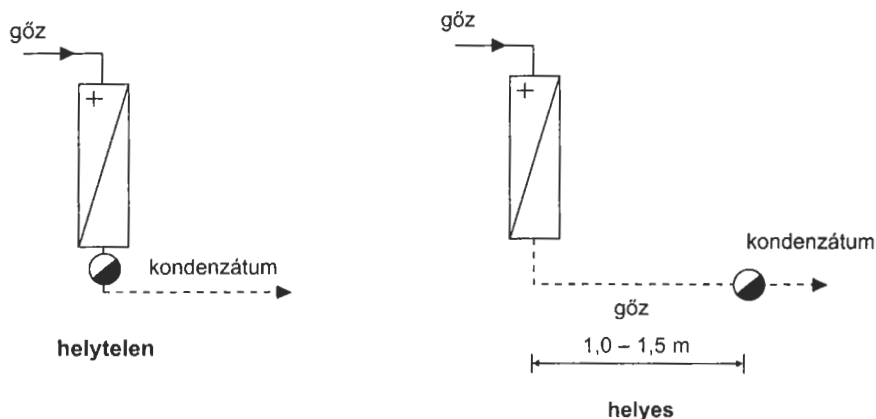
meg, hogy azonos hőmérsékleten telítési nyomása nagyobb legyen a rendszerben áramló vízgőz telítési nyomásánál (27.38. ábra). Ha a tágulótest vízzel érintkezik, a vízgőz telítési hőmérsékletének ( $t_g$ ) megfelelő  $p_2$  nyomás áll be a fojtóelem belsejében, míg a tágulótest fojtóelemére a rendszerben uralkodó  $p_g \approx \text{állandó}$  nyomás hat. A  $p_2 - p_g$  nyomás hatására a fojtóelem zár, a felgyülemelő kondenzvíz lehül. Ha a kondenzvíz  $t_1$  hőmérsékletre hűl, a töltőfolyadék gőznyomása azonos a rendszer nyomásával, a tágulótest két oldalára ható erők egyensúlyban vannak.



27.38 ábra. Nyomás- és hőmérsékletviszonyok a termosztatikus kondenzleválasztókban

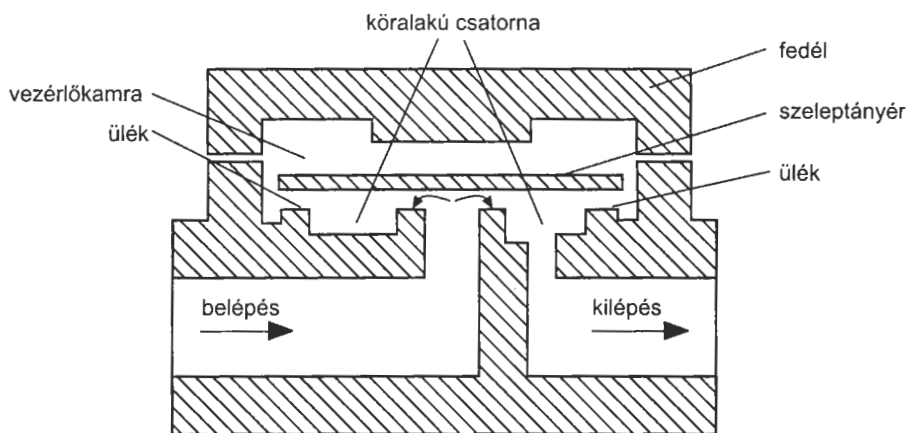
A fojtóelem elmozdulásához a kondenzátumnak tovább kell hűlnie, azaz  $p_1$ -nek kisebbnek kell lenni  $p_g$ -nél. A kondenzátumnak az alkalmazott töltőfolyadék mellett 8–15 °C-kal kell a vízgőz hőmérséklete alá hűlnie ahhoz, hogy a fojtóelem nyitni tudjon.

E tény meghatározza a termosztatikus kondenzvíz leválasztók beépítési helyét. Nem szabad ugyanis közvetlenül a fogyasztók mögé helyezni, mert a kondenzvíz a fogyasztókban gyülemlik majd fel, csökkentve a hasznos hőleadó felületet és a leadott hőmennyiséget (27.39. ábra). E leválasztókat időnként ellenőrizni és tisztítani kell, különben eldugulhatnak, illetve szennyeződés juthat a fojtóelem és a szeleptányér közé, minek hatására folyamatosan átereszt és gőz juthat a kondenzhálózatba. Néhány évi üzem után a kifáradt, rugalmatlan tágulótesteket ki kell cserélni.



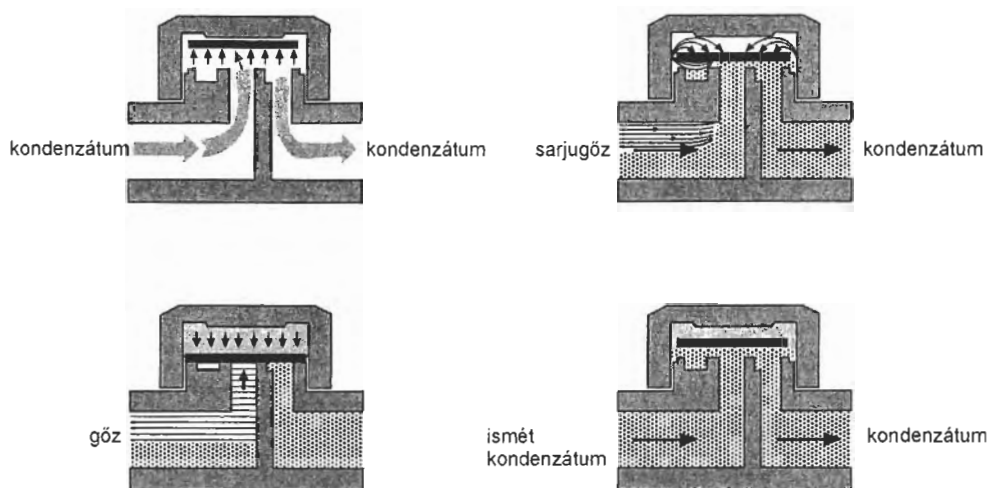
27.39. ábra. Gyorsűrítő elhelyezése a rendszerben

– **Termodinamikus** kondenzvíz-leválasztó. E szerelvény egyetlen mozgó alkatrésze a polírozott felületű szeleptányér. Ha a szeleptestbe víz áramlik, az áramló víz a szeleptányért felemeli a zárófedél belsejében kiképzett vállig. Ha a leválasztóba gőz kerül, az a zárófedél és a szeleptányér által alkotott kis csatornán át a szeleptányér fölé jut és a szeleptányért az ülékre szorítja. A leválasztó szerkesztésének elve a dinamikus és statikus nyomások összegének állandósága, gondoljunk arra, hogy a gőzáramlás sebessége, és így dinamikus nyomása lényegesen nagyobb, mint a kondenzátumé. Elvét a **27.40. ábra**, működését a **27.41. ábra** mutatja. A termodinamikus kondenzvíz-leválasztót ritkán alkalmazzák a kisnyomású gőzfűtésekben, az igen korszerű szellemes és előnyös szerkezet beépítése általában 2,0 bar (1 bar túlnyomás) esetén szokásos.



27.40. ábra. Termodinamikus kondenzedény elve [57]

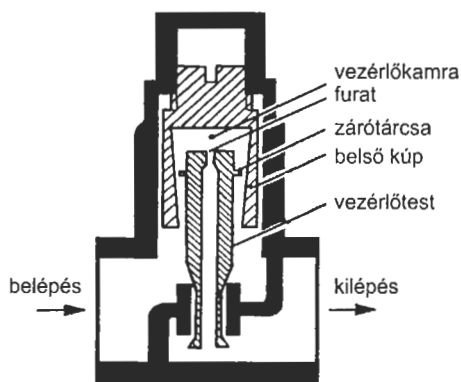




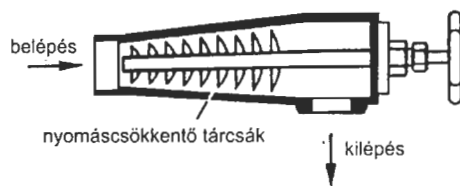
27.41. ábra. Termodinamikus kondenzédény működése [57]

A termodinamikus kondenzédénynek számos előnye van: a teljes felhasználási tartományban jól illeszkedik a változó nyomáshoz és a változó kondenzvíz mennyiséghez. A kondenzátumot gyakorlatilag késleltetés nélkül levezeti, nagyon kis méretű és kicsi a tömege. Tetszés szerinti helyzetben beépíthető, érzéketlen a rezgésekkel, vízütéssel, faggal szemben, korrózióálló. Hátránya az akusztikai kísérőjelenség lehet, valamint az, hogy igen nagy kondenzátum áramoknál nem alkalmazható.

A termodinamikus kondenzédények két, különleges, ritkán használt fajtája az impulzus kondenzvíz leválasztó (27.42. ábra) és a merev leválasztó (27.43. ábra). Ritkaságuk és ritka alkalmazásuk miatt itt csak a vonatkozó irodalmi forrásokra hivatkozunk.

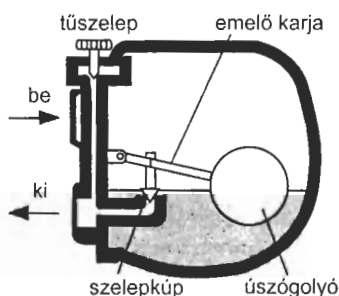
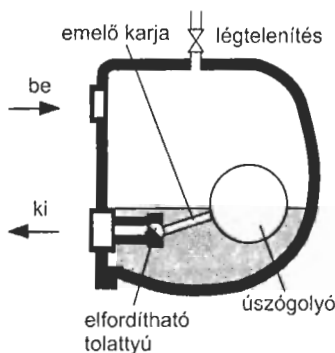
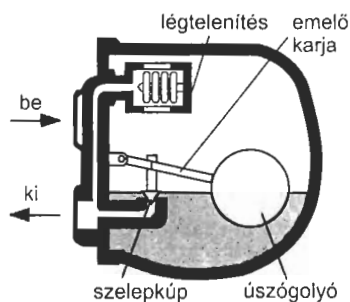
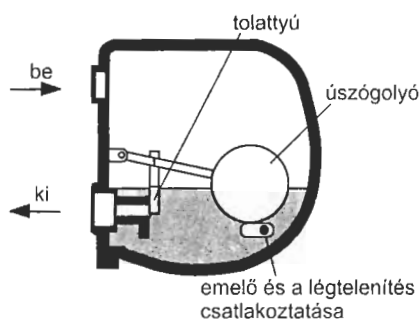


27.42. ábra. Impulzus kondenzvíz leválasztó [57]

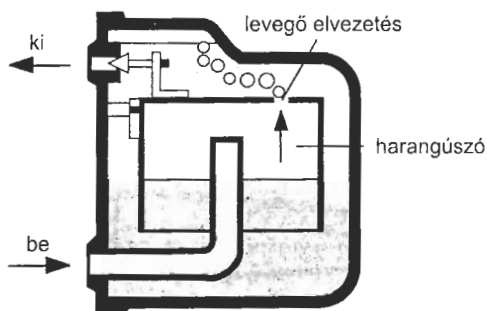


27.43. ábra. Merev kondenzvíz leválasztó [57]

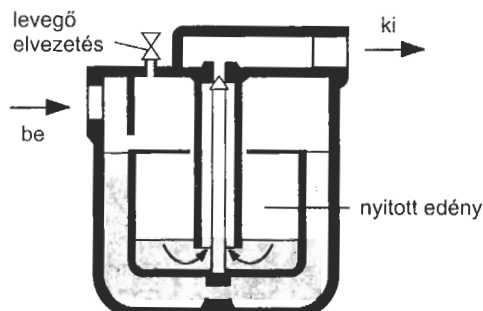
– Az **úszós** kondenzedényeknek három alapvető fajtáját ismerjük: a **27.44. ábrán** bemutatott úszógolyós szelepeket, a **27.45. ábrán** bemutatott harangúszós szelepet és a **27.46. ábrán** látható nyitott edény kondenzvíz leválasztót. Ezek közül az úszógolyós szelepnek van nagyobb jelentősége.



27.44. ábra. Úszógolyós kondenzvíz leválasztó változatai



27.45. ábra. Harangúszós kondenzvízleválasztó

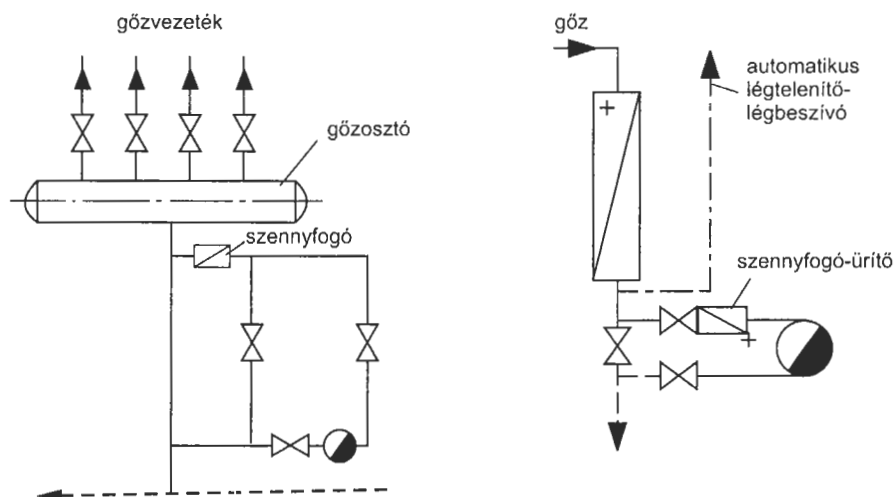


27.46. ábra. Nyitott edény elven működő kondenzvíz leválasztó

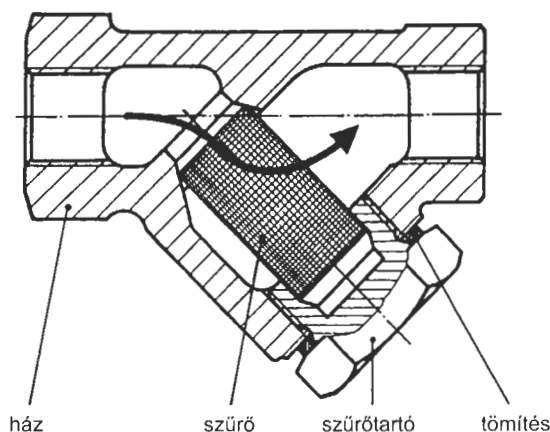
A készülék ugyanis úszógolyós folyadékszint szabályozó. A folyadékszint csökkenésével a szeleptányér gondosan csiszolt felületre fekszik, és így jó zárást biztosít. Ha a folyadékszint és vele együtt az úszógolyó emelkedik, a tolattyú fokozatosan szabaddá teszi a kimenő nyí-

lást. Helyes kiválasztásnál a készülék folyamatosan üzemel, a túlméretezett kondenzvény szakaszos működésű. Tájékoztatásul mutatjuk be a beépítési módot (27.47. ábra), mely tanácsként szolgálhat valamennyi típusú kondenzvíz-leválasztó beépítéséhez.

A 27.48. ábra a szennyfogó rajzát mutatja.



27.47. ábra. Kondenzvíz-leválasztó beépítése megkerülő szeleppel



27.48. ábra. Szűrő-szennyfogó

A kondenzvíz leválasztók összehasonlítását és a mindenkor megfelelő megoldás megválasztását segíti a 27.2. táblázat, amit a SPIRAX-SARCO cég állított össze [57]. A táblázatban található számok jelentése: 1 – nagyon kedvező; 2 – kedvező; 3 – megfelelő; 4 – kedvezőtlen.

## A kondenzvízleválasztók jellemzői

## 27.2. táblázat

Ismertetőjegy	Termo- dinamikus kondenz- leválasztó	Úszó- golyós kondenz- leválasztó	Termikus membrán kondenz- leválasztó	Bimetál kondenz- leválasztó	Gyors- űritő	Harang- úszós kondenz- leválasztó
Alkalmazkodás a nyomásingadozásokhoz	1	1	1	3	2	1
Alkalmazkodás a terhelésingadozásokhoz	1	1	1	2	2	1
Alkalmazkodás a gyors nyomás- és terhelésingadozásokhoz	1	1	1	3	2	1
Alkalmazkodás a tömegre vonatkoztatva	1	3	1	2	2	3
Korrózióállóság	1	2	2 <sup>1</sup>	2 <sup>1</sup>	3-4	2
Nyomásfokozatok ill. raktározási kapacitásigény	1	3	1	1	1	3
Légtelenítési tulajdonságok	3	1 <sup>4</sup>	1	1	1	3
Ellenállóság a vízütés ellen	1	4	2	2	4	3
Működőképesség rázkódás közben	1	4	2	2	2	4
Fagyállóság	1	3 <sup>3</sup>	1	1	1	3
Hő- ill. frissgőzvesztés	1	1	1	1	1	1
Érzékenység a szennyeződésre	1	2	1	2	1	1
Kondenzátum elvezetése, F – folyama- tos, S – szakaszos	S	F	F/S	F/S	F/S	F/S
Beépítési helyzet, T – tetszőleges, E – előírt	T	E	T	T	T	E
Magas üzemi nyomás	1	1	2	1	4	1
Csekély tömeg	1	4	1	1	1	4
Magas vagy ingadozó ellennyomás	1 <sup>2</sup>	1	1	3	1	1
Késedelem nélküli kondenzátumlevezetés	1	1	2	3	1	1
A kondenzátum visszatáplálása aláhűtéssel kívánatos	4	4	3	1	3	4
Túlhevített gőz esetén	2	2	3	2	4	4
Szervíz tulajdonságok	1	2	1	1	1	2

<sup>1</sup> – nemesacél házaz; <sup>2</sup> – ha az ellennyomás több, mint a belépőnyomás 80%-a; <sup>3</sup> – fagyvédelmi berendezéssel 1;

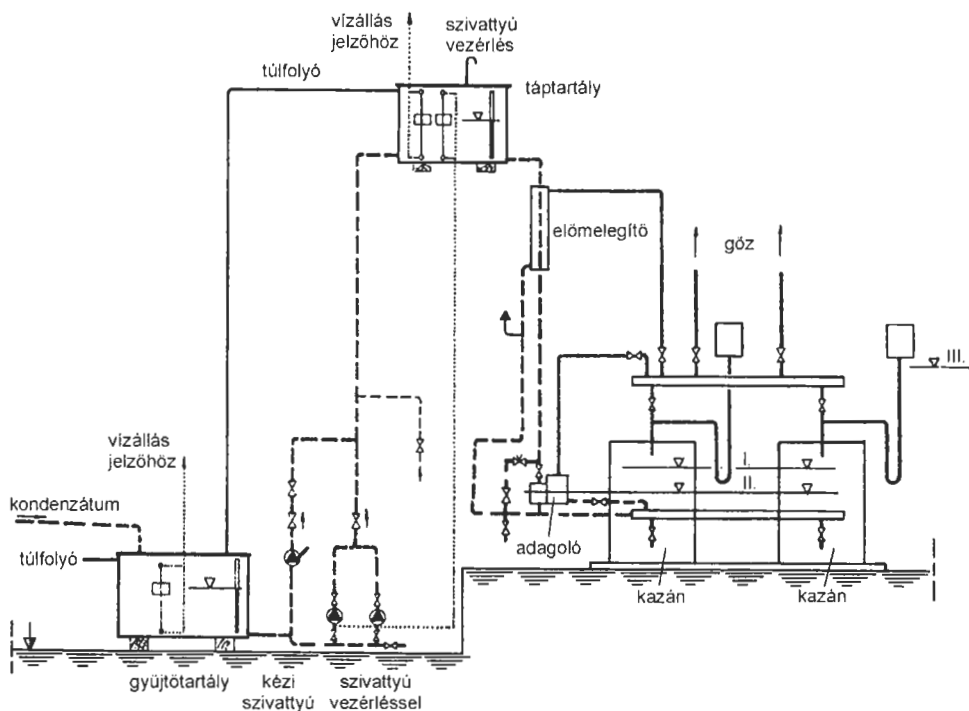
<sup>4</sup> – csak a gőz telítési görbét automatikusan követő légtelenítővel

## 27.4.7. Mesterséges kondenzvíz visszatáplálás

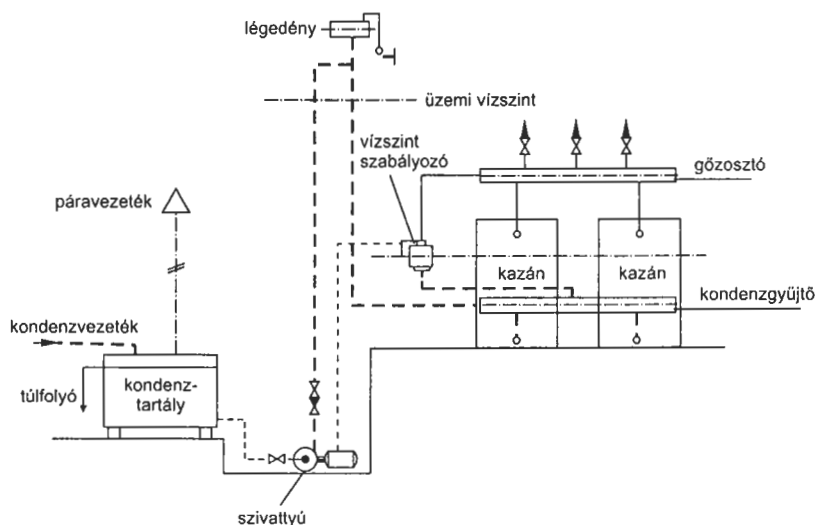
Ahogy a 27.12. ábrán és a 27.13. ábrasorozaton láttuk, abban az esetben, ha nem lehet a kondenzátumot gravitációsan visszajuttatni a kazánba, mesterséges visszatáplálást kell alkalmazni. A visszatáplálás hajtóereje szerint a következő négy rendszert különböztetjük meg:

- Magas tartályos vagy táptartályos rendszer;
- Közvetlen szivattyús visszatápláló rendszer;
- Gőz túlnyomással működő rendszer;
- Vákuummal üzemelő rendszer.

Ezek közül csak az első kettőt mutatjuk be a **27.49. és 27.50. ábrán**. A magastartályos rendszer ugyanis valaha olyan elterjedt volt, hogy esetleg még ma is találkozhatunk e megoldással.



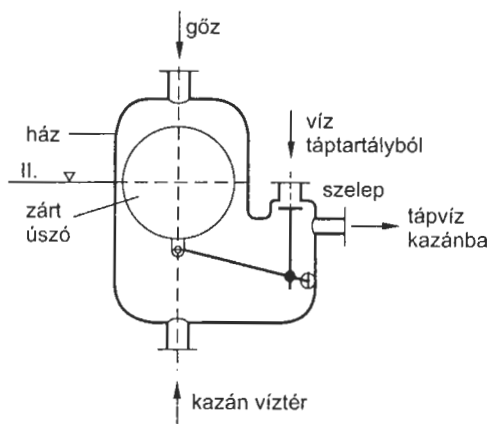
27.49. ábra. Kondenzvíz visszatáplálás magas tartállyal [51]



27.50. ábra. Közvetlen szivattyús kondenzvíz visszatáplálás

A berendezésben a szivattyú a vizet a gyűjtőtartályból a táptartályba emeli, miután ez utóbbiban az úszós kapcsoló indítja a szivattyút, majd a megtelt tartályban a megemelkedett úszó kikapcsolja a szivattyút. A táptartályból előmelegítőn keresztül az adagolóba, majd onnan a kazánba gravitációsan folyik a víz. Ha nem építenénk be adagolót és semmiféle fojtás nem lenne a visszatápláló vezetékben, akkor a táptartály vize a kazánokat nyilvánvalóan előtenné.

Az adagoló egyik klasszikus szerkezeti megoldását a **27.51. ábrán** láthatjuk, ez a kialakítás az úszós kondenzedénnyel van szoros rokonságban. Négy csatlakozó csomópontja van, ezek közül egy-egy a kazán gőz- és vízterével köti össze, így az úszó a kazánok vízszintjét követi. Az úszó karos áttétellel mozgatja a szelepet, amely a táptartály és a kazán vezetékei közötti víz forgalmát szabályozza az úszó helyzetének megfelelően, folyamatos működéssel. Az adagoló esetleges hibáját rövid ideig kézi működtetéssel, a tűszelep fojtásával át lehet hidalni.



27.51. ábra. Az adagoló működése

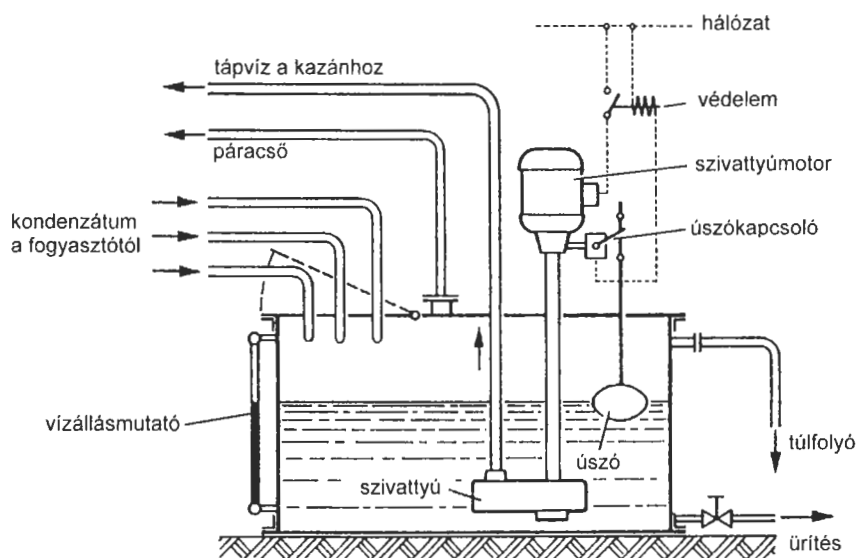
Ma általában a közvetlen szivattyús visszatáplálást alkalmazzák, amit a 27.50. ábrán jellemeztünk. A kondenzvíz visszatápláló rendszerek létesítésekor a következő szempontokat kell figyelembe vennünk:

- A visszatáplált kondenzvíz hőmérséklete ne legyen kisebb a kazángyártó által megadott minimális hőmérsékletnél. Amennyiben ez a veszély fennállna, akkor kondenzvíz vagy tápvíz előmelegítést kell alkalmazni. Kisnyomású, acéllemez gőzkazánoknál ez a hőmérséklet kb. 70 °C, öntöttvas kazánoknál pedig 50 °C.
- A kazángyártó cégek a tápvíz minőségét is előírják, így kazántípusától függően vízlágyító rendszer telepítése is szükséges. Nagynyomású kazánoknál felmerülhet a gáztalanító, vastalanító, mangántalanító beépítése is, ez azonban mint ahogy már említettük, nem témaköre ennek a fejezetnek.

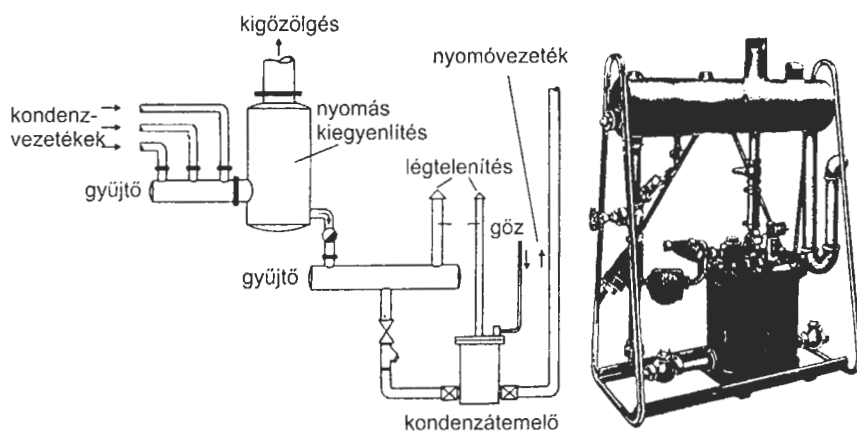
A **27.52. ábrán** a kondenzértály részletes szerelvényezését mutatjuk be.

A **27.53. ábra** előregyártott, kompakt kondenzátemelőt mutat, mellyel számos, ideiglenesen felmerülő kérdést, valamint a gőzvezeték mentén szükséges közbülső átemelést megoldhatunk.

A sarjűgőz hasznosítás és a kondenzvíz hűtés a korszerű gőzfűtési technika és technológia legfontosabb kérdése. Ma már igen komoly irodalom is van e problémakör tárgyalására, hiszen az okozott veszteség 5–30% között mozoghat [12]. A gőzüzemű fűtésekkel és ipari folyamatokkal kapcsolatosan lefolytatott, ma annyira korszerű „energia vadászat”, „energia audit” lényegében e folyamatok felderítésére és a veszteség kiküszöbölésére irányul.



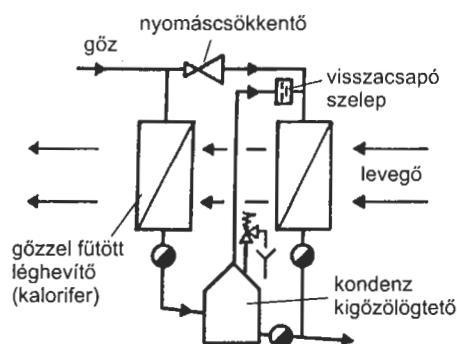
27.52. ábra. Kondenzartály szerelvényezése



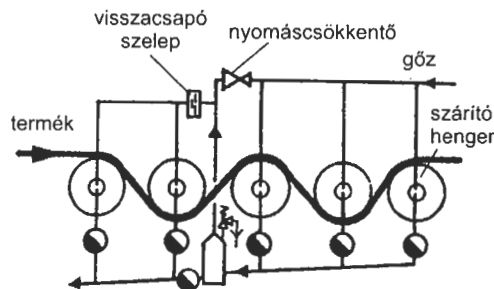
27.53. ábra. Kompakt kondenzátemelő egység [57]

A 27.54. ábrasorozat a sarjűgőz hasznosítás (ld. sarjűgőz keletkezése, 27.2.1. pont) egyik igen kedvező, lehetséges megoldási módját ábrázolja. Az ábrákon ugyanis olyan eseteket ábrázoltunk, amikor a fűtőfelületet kettéválasztjuk és a leválasztott felületet sarjűgőzzel fűtjük. Előny, hogy a hasznosítás a fogyasztóhoz közel történik.

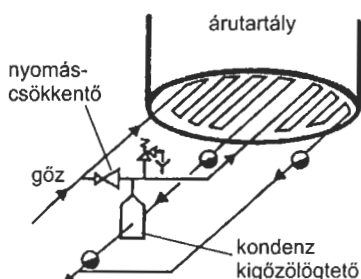
Kézenfekvő gondolat, hogy a sarjűgőzt, illetve a kondenzátum hűtését helyiségek fűtésére és használati meleg víz termelésére használjuk fel. Mivel azonban ezek a fogyasztók részben



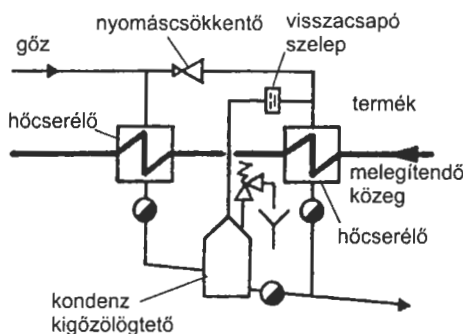
Léghevítő



Többhengeres szárító



Tároló fűtése



Előmelegítő

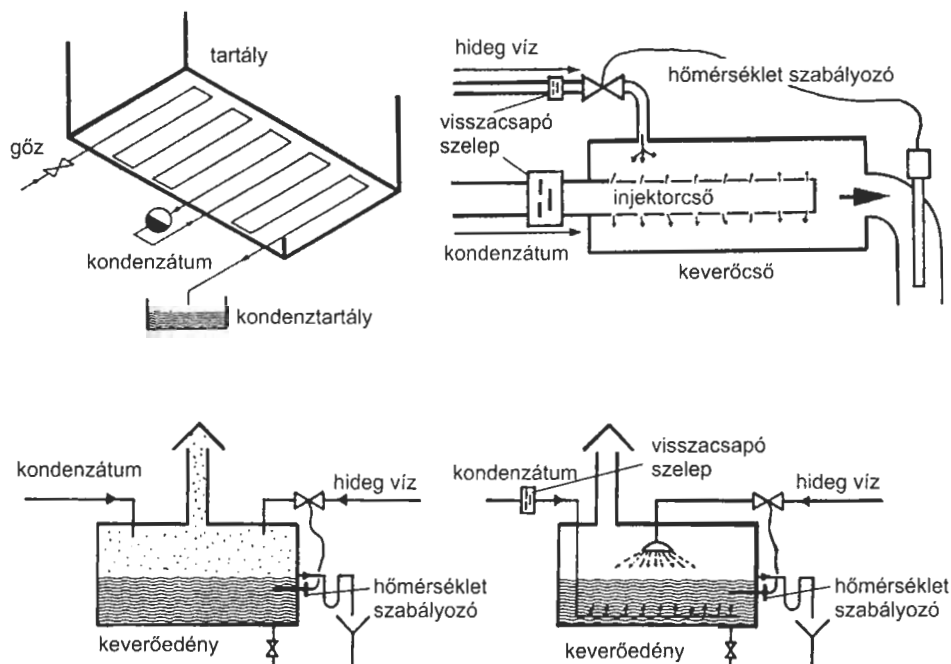
27.54. ábra. Sarjúgőz hasznosítási példák

szakaszosan igénylik a gőzt, részben pedig időnyjellegűek, nem alkalmasak arra, hogy a hőhasznosítás folyamatosságát biztosíthassák. Éppen ezért ezek a megoldások ma már önmagukban korszerűtlennek minősülnek.

A 27.55. ábrarozat a kondenzátum hűtés különféle megoldásait mutatja. A kondenzátum erős lehűtése mindig megfontolandó, hiszen a kondenzátum nyomásának változása víztétést okozhat. Az erős lehűtésre két okból lehet szükség:

- ha a kondenzátum, mint víz, annyira szennyezett, hogy nem lehet a kazánba visszajuttatni, vagy
- ha a csatornázási művek, vagy a vízügyi hatóság nem engedélyezi, hogy forró kondenzvíz jusson a csatornába.



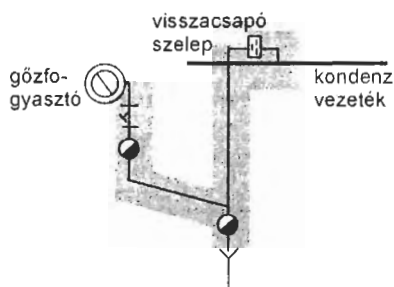


27.55. ábra. Megoldások kondenzátum hűtésére

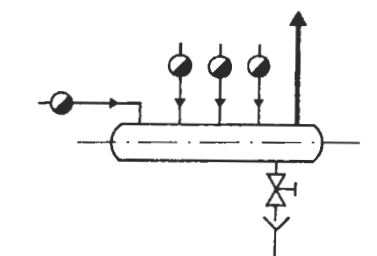
#### 27.4.8. A fagyveszély elkerülése

Valamennyi gőzfűtési rendszer esetében igen fontos, hogy gondoljunk a fagyveszély elkerülésére. Ennek érdekében:

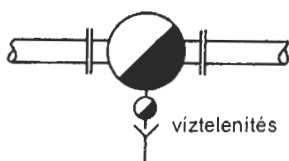
- minden mélypontot maradéktalanul vízteleníteni kell,
- valamennyi szerelvénynek és berendezésnek le kell ürülnie,
- a kondenzvezetékét lehetőleg rövidre, a körülményeket figyelembe véve lehetőleg bő keresztmetszetre, erős lejtéssel kell kialakítani. A vezeték teljes hosszában megfelelően kell szigetelni. A gőzoldal valamennyi szerelvényének tömören kell zárnia.
- A fagyveszély elkerülését szolgáló megoldásokat mutat a **27.56. ábra**.



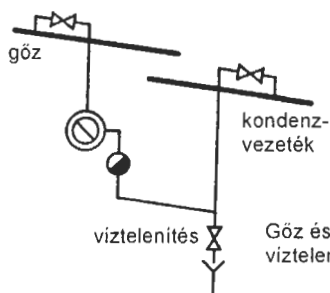
Automatikus víztelenítés



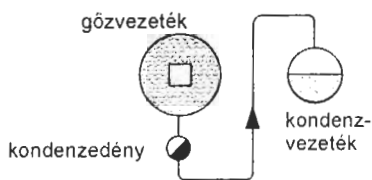
Alacsonyan fekvő kondenzgyűjtő fagyvédelmi víztelenítése kéziszeleppel



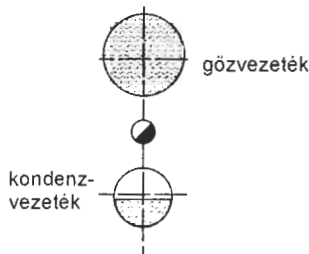
Nagyméretű üszógolyós kondenzválasztó automatikus fagyvédelmi víztelenítése torló segítségével



Gőz és kondenzvezeték víztelenítése



Kedvezőtlen: üzemben kívül helyezéskor a gőzvezetékben víz marad



Kedvező: a gőzvezeték le tud ürülni

27.56. ábra. A fagyveszély elkerülése

## Irodalom

A 23–35. fejezetek irodalomjegyzékét lásd egyesítve a 35. fejezet után!

## 28. Zárt rendszerű, kisnyomású gőzfűtések

Ezek, a nálunk, de általában egész Európában kevésbé ismert rendszerek az atmoszférával nem érintkeznek. A kondenzátum és a levegő eltávolítását a gőzbetáplálás szabályozza. A rendszereket az USA-ban alkalmazták, és „vapor” fűtés néven terjedt el. A névnek közismert magyar fordítása nincs [1], [2], [57].

### 28.1. Vákuum gőzfűtés

Működése azon az elven alapul, hogy az atmoszférikus nyomásnál kisebb nyomáson 100 °C-nál kisebb hőmérsékletű gőzt termelhetünk. E fűtések üzemelését az eddig ismertetett kisnyomású gőzzel indítják, ezzel megoldják a légtelenítést és a hideg rendszer felmelegítését. Ezután a központi légtelenítéshez kapcsolódó légszivattyúval a kívánt nyomást állítják elő a kazán gőzterében. Mind a gőzhőmérséklet, mind a tüzelés szabályozás igen bonyolult, ezért a kézenfekvő gondolat ellenére ez a fűtési rendszer nem terjedt el, s ezért részletesen nem is foglalkozunk vele.

### Irodalom

A 23–35. fejezetek irodalomjegyzékét lásd egyesítve a 35. fejezet után!

## 29. Nagynyomású gőz fűtési célú alkalmazása

A nagynyomású gőz fűtési célú hasznosítása csak ipari–mezőgazdasági célra, vagy olyan esetben jöhet szóba, amikor a különböző technológiai igények miatt termelt nagynyomású telített gőz fűtőberendezéshez is felhasználható. A nagy hőmérséklet miatt kicsi a fűtőfelület-szükséglet, de kifejezett komfort célú fűtések ellátására elfogadhatatlan a mai szemléletnek megfelelő közérzeti követelmények miatt, igényes nyomásfokozatú szerkezeteket és szerelvényeket igényel.

A nehezen kiküszöbölhető vízleválasztó szerkezetek, valamint a szabályozhatóság is a víz hőhordozó javára billentették a mérleget minden olyan esetben, amikor magára a gőzre, mint közegre nincs szükség.

A nagynyomású gőz termelése és szállítása, a kondenzátum fogadása kötetünk „Táv hőszolgáltatás” c. fejezetéhez tartozik, itt röviden csak a felhasználásáról beszélünk.

A nagynyomású gőzt felhasználhatjuk:

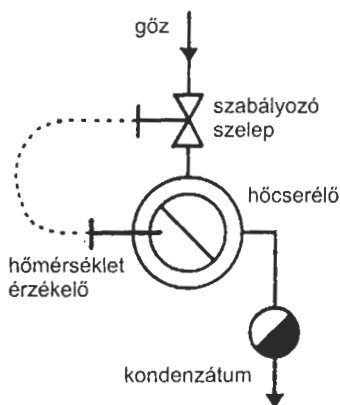
- közvetlenül, változatlan állapotjelzők (nyomás, hőmérséklet) mellett;
- közvetlenül, de a nyomás és hőmérséklet csökkentésével;
- közvetve, hőcserélőn keresztül.

### 29.1. Nagynyomású gőz közvetlen felhasználása

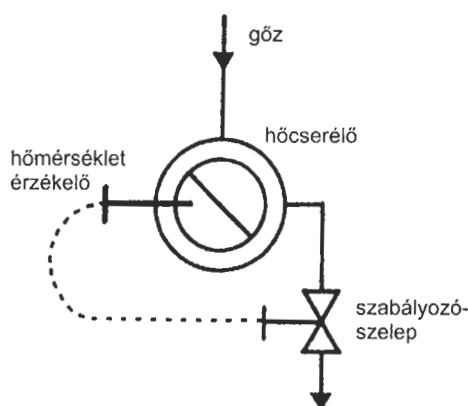
#### 29.1.1. A gőz felhasználása a nyomás és hőmérséklet paraméterek változtatása nélkül

A gőz fogadó hőközpontok legegyszerűbb esete, ha a gőzt, – általában technológiai célra – közvetlenül alkalmazzuk. Mivel a technológiai célú berendezések változata szinte megszámlálhatatlan, vizsgáljuk azt, hogy milyen fűtőberendezések alkalmasak nagynyomású gőz közvetlen alkalmazására? Ahogy már többször említettük, leggyakrabban klíma – szellőző – légfűtő és ködtelenítő berendezések kalorifereinek fűtésére alkalmazzák, ezeknél a fűtőtesteknél ugyanis:

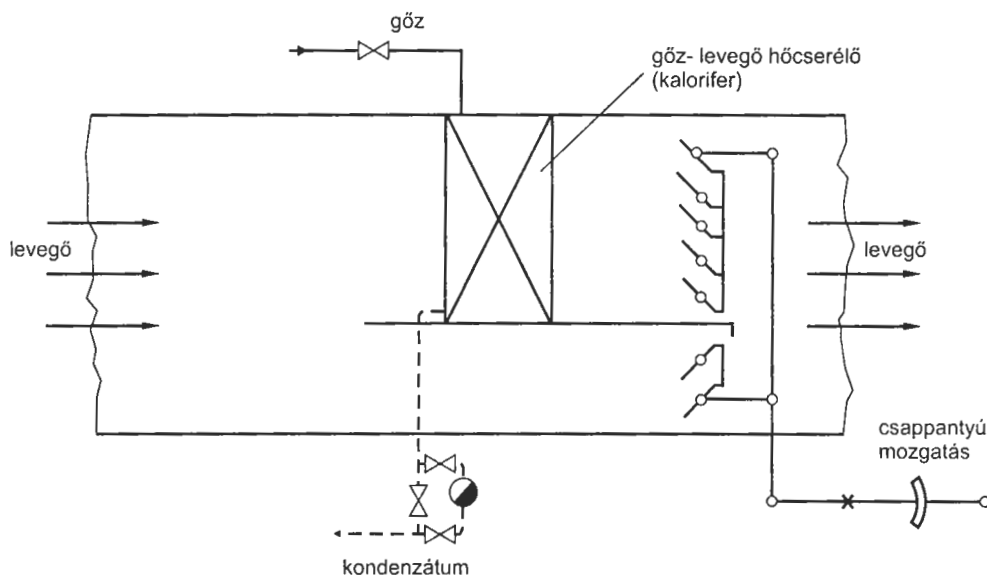
- nincs érintésveszély, mivel a légfűtőtest a csatornavezetékben helyezkedik el, s így üzemi közben emberek nem érhetnek hozzá,
- nincs porlerakódás, így a porpörkölődés kellemetlen higiéniai hatása elesik,
- a hőleadás, illetve a gőzfogyasztás szabályozása megoldható a fűtőközeg és a kondenzátum oldaláról (29.1. és 29.2. ábra), illetve a fűtendő közeg oldaláról is, ugyanis a légfűtőtesthez alkalmazott megkerülő vezeték és ellentétesen működő csappantyúpár beiktatásával a fűtőtesten átmenő és az azt megkerülő levegő mennyiségének keverésével a hőmérséklet változtatható (29.3. ábra).



29.1. ábra. Szabályozás gőzoldalon [57]



29.2. ábra. Szabályozás kondenzátum oldalán [57]



29.3. ábra. Szabályozás levegő oldalán

A nagynyomású gőz azért is előnyös fűtőközeg a légtechnikai berendezések esetében, mert a felfűtés gyors, és megfelelő kialakítással elkerülhető a fagyveszély akkor is, ha télen tiszta friss levegővel dolgozunk.

Ez olyan fontos, hogy kimondottan fagyveszélyes helyeken csak nagynyomású gőzzel fűtött fűtőtesteket szoktak alkalmazni. Például: ipari épületek szellőztető ablakainál a lezuhanó hideg levegő melegítése, vagy párafogó mennyezet, virágablak, üvegház-tető stb. fűtése.

Nagynyomású gőz közvetlen fogadására alkalmas egyébként minden olyan ipari jellegű hőleadó, melynek nyomástűrése megfelelő, s melynél a porpörkölődés és az érintésveszély nem okoz gondot. Ilyenek a bordáscsöves fűtőtestek, vagy a belőlük alkotott konvektorok, és a sugárzóernyők.

### 29.1.2. A gőz felhasználása nyomáscsökkentőn keresztül

Ipari folyamatok gőzellátásának megoldásakor általában többféle nyomáson működő fogyasztói rendszert kell táplálnunk. Ennek általánosan elfogadott gyakorlati megoldása az, hogy a kazánban a legnagyobb igényelt nyomáson termeljük a gőzt, és a különféle igények számára nyomáscsökkentőket alkalmazunk. Ezért a gőz nyomáscsökkentése igen gyakori és általános folyamat, noha meg kell jegyeznünk, hogy elvileg a nyomáscsökkentés természetesen nem illeszkedik a termodinamikailag megalapozott gazdaságos folyamatok sorába. A fűtési igény általában a közép- és kisnyomású tartományba esik, ezért a fűtéstechnika gyakori eleme a nyomáscsökkentő állomásról vételezett gőz.

A fűtéstechnikai célú nyomáscsökkentés szükségességének főbb okai:

- ipari célú gőzkazántelepről fűtést is ellátunk;
- nagynyomású gőz távvezetékéről kapjuk a gőzt, de fűtési célú a felhasználás.

A nyomáscsökkentésre azonban gyakran van szükség az ipari technológia miatt szükséges megfontolásokból is, erre is adunk néhány példát:

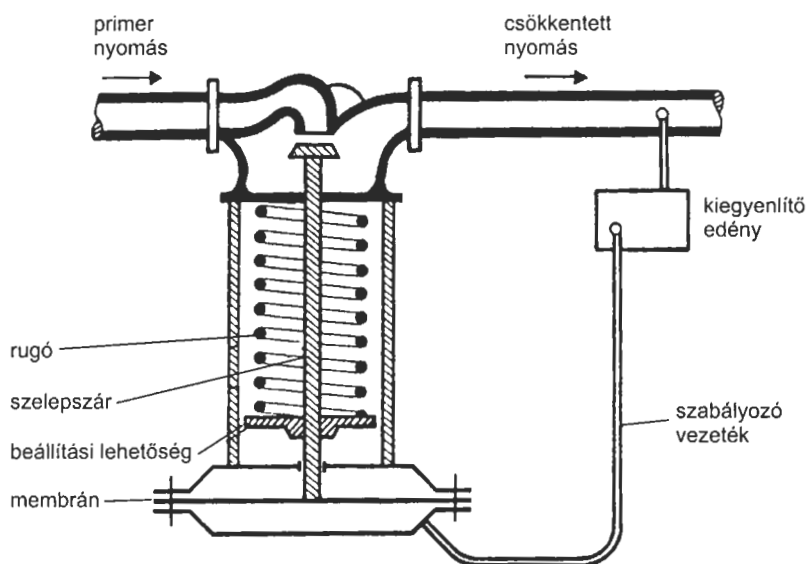
- a készülék felfűtése miatt nagyobb hőmérsékletre, a stacioner üzemhez kisebb hőmérsékletre van szükség;
- a nagy hőmérsékletű és nagyobb nyomású közeg miatt kisebb fűtőfelületet alkalmazhatunk (természetesen ez az eset optimum számítást igényel, hiszen a nagyobb nyomásokra alkalmas fűtőfelület költségesebb kivített igényel);
- a gyártási folyamat (pl. gőzhengerek fűtése), szabályozása egyszerűbben oldható meg a nyomás, mint a hőmérséklet szabályozásával.

### 29.1.3. Nyomáscsökkentő szelepek

Ha visszalapozunk kötetünk „Csövek és szerelvények” c. fejezetéhez, könnyen beláthatjuk, hogy nyomást csökkenteni bármely szeleppel lehet, melyet csak a kívánt mértékben

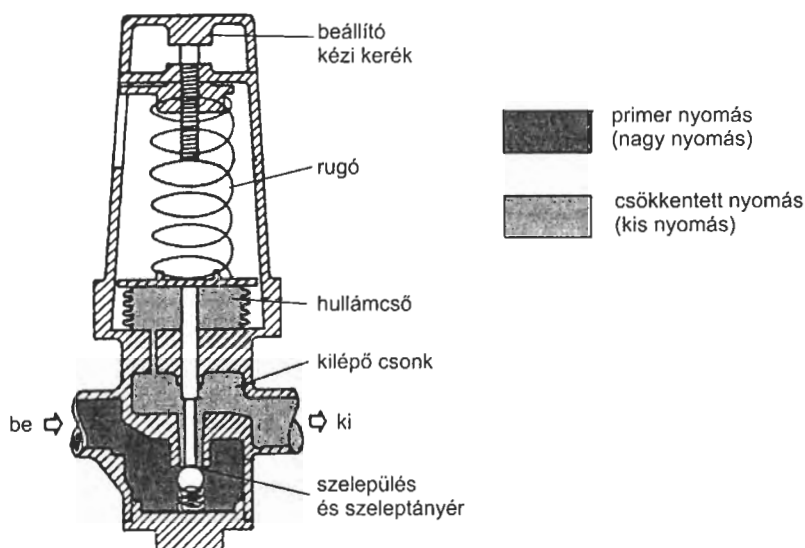
nyitunk ki. A „nyomáscsökkentő szelep” azonban a csökkentett nyomásról szabályoz, azaz a csökkentett nyomást állandó értéken tartja annak ellenére, hogy a felhasználási körülmények és igények állandóan változhatnak.

A nyomáscsökkentő szelepek működésének elvét a **29.4. ábra** mutatja. A segédenergia nélkül működő szelepek legegyszerűbb megoldását a **29.5. ábrán** láthatjuk. Itt a csökkentett nyomás közvetlenül a szeleptányérra hat. Ez az igen egyszerű megoldás akkor alkalmazható, amikor a csökkentett nyomás terheléstől függő kismértékű változása megengedhető. Amennyiben ennél nagyobb üzemi pontosságra van szükség, úgy a **29.6. ábrán** látható szelepet alkalmazzuk, ahol a működtetésre nem csak a csökkentett, hanem a szelep előtti nyomást is felhasználjuk.

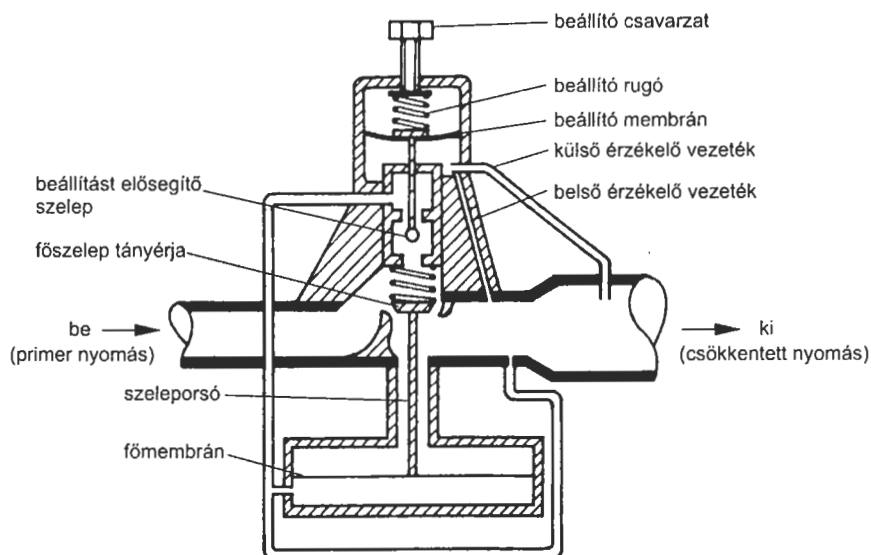


29.4. ábra. Nyomáscsökkentő szelep elve [57]

Kedvezőtlen feltételek esetén, azaz ha a szelep előtti nyomás, vagy az elvétel gyorsan változik, vagy nagy a pontossági követelmény, segédenergiával működtetett szelepre van szükség (**29.7. ábra**).

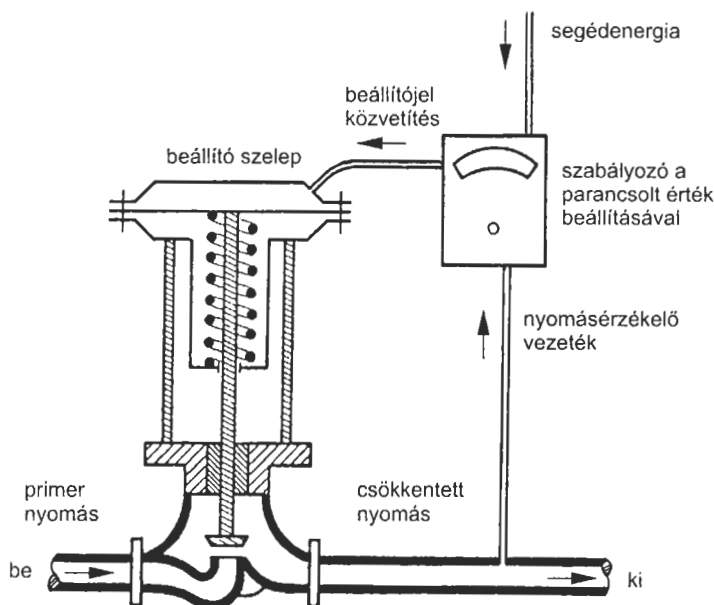


29.5. ábra. Segédenergia nélkül működő nyomáscsökkentő szelep [57]



29.6. ábra. A primer- és a csökkentett nyomások különbségének érzékelése: nagypontosságú nyomáscsökkentő szelep [57]





29.7. ábra. Segédenergiával működő nyomáscsökkentő szelep [57]

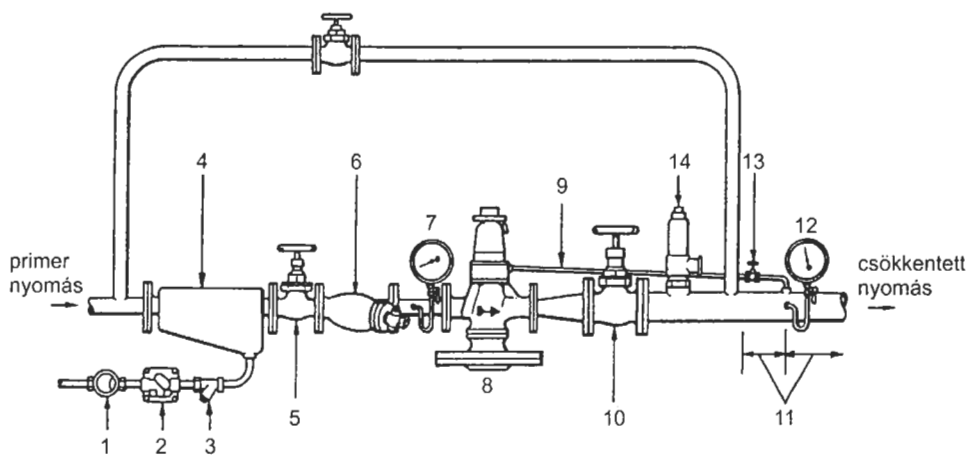
#### 29.1.4. Nyomáscsökkentő állomás

A következő ábrán nyomáscsökkentő állomás szerelvényezését és összeállítását látjuk (29.8. ábra). Ha nagyobb gőzmennyiségek nyomáscsökkentéséről van szó, szokásos a nyomáscsökkentők párhuzamos kapcsolása, de a fűtéstechikai iparban inkább a két nyomáscsökkentő sorbakapcsolása jöhet szóba (29.9. ábra).

A két szabályozószelep sorbakapcsolását két ok indokolhatja. Az első ok az lehet, ha rendkívül nagy kezdő nyomás- és hőmérsékletre indul a szabályozási folyamat. Ekkor, amellet, hogy az áthidalandó nyomáslépcső is jelentős, a vezeték minősége, az armatúrák nyomásfokozatai teszik célszerűvé a redukálás megosztását.

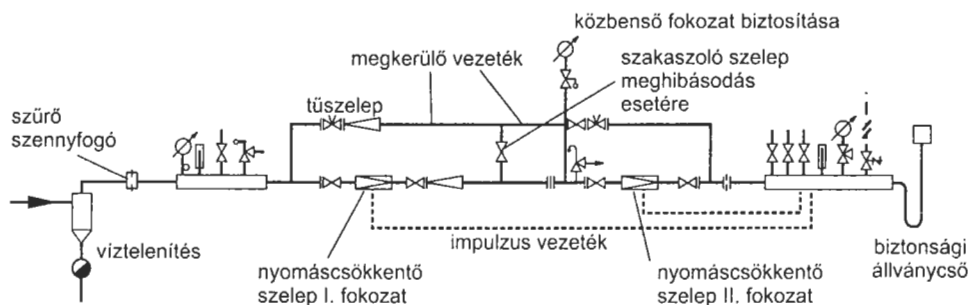
A közbenső nyomás biztosítása után ugyanis a kisebb nyomású fokozat csővezetéke, szerelvényei, (amelyeknek mérete a lényegesen különböző fajtérfogat miatt értelemszerűen jóval nagyobb, mint a nagynyomású vezetéké), már az olcsóbb, gyengébb minőségű gyártmányokból választhatók.

A kétlépcsős redukálás másik oka a fűtéstechikában kizárólag az egyes esetekben megkívánt különösen érzékeny szabályozás lehet.



29.8. ábra. Nyomáscsökkentő állomás szerelvényezése [57]

1 – kémlelő üveg; 2 – kondenzedény; 3 – szennyfogó; 4 – gőzszáritó; 5 – tolózár; 6 – szennyfogó lefúvatóvezetékkel ellátva; 7 – primer nyomást érzékelő manométer; 8 – nyomáscsökkentő szelep; 9 – érzékelő-szabályozó vezeték; 10 – tolózár; 11 – legalább 1,0 m hosszú, inkább 10 DN hosszúságú zavartalan áramlást biztosító csőszakasz; 12 – csökkentett nyomást érzékelő manométer; 13 – elzáró szelep; 14 – biztonsági szelep



29.9. ábra. Nagynyomású gőz közvetlen felhasználása kétfokozatú nyomáscsökkentő állomással

Ha a kisnyomású berendezésekben tized- sőt század bar pontosságú nyomásszintet kell beállítanunk, ha az érzékeny biztonsági állványcsövek és vízsákcsovek vízdugóját kell az üzemvitel során védenünk, ha a kisnyomású gőzfűtések fejezetében ismertetett rendkívül érzékeny nyomásviszonyok hatását kell elemeznünk, ha esetleg a 100%-tól lényegesen eltérő, kisebb teljesítményt is fennakadás nélkül kell biztosítanunk, akkor jöhet előtérbe ez a megoldás.

A közbülső nyomásfokozat beiktatása így azt szolgálja, hogy a fűtőrendszer számára biztosítandó nyomást ne túl nagy lépcső révén állítsuk elő. Természetes, hogy a második fokozat, amely már a kisebb nyomások régiójában a nagyobb fajtérfogatú közeget szállítja, nagyobb méretű lesz, mint az első fokozat. A nagyobb fajtérfogat miatt szükséges nagyobb

átömlőnyílás ugyanis – ugyanolyan impulzusérzékelő szabályozó szervet feltételezve – nyilvánvalóan finomabb adagolást tesz lehetővé. Ebben az esetben az első fokozatként felszerelt szabályozószelep szerepe tehát abban áll, hogy „higítja” a szállított közeget, lényeges nyomáscsökkentést okoz, a finom szabályozást azután a második, nagyméretű szelep végzi el.

Meg kell említenünk a távolról való vezérlés fontosságát, ez pedig magától érthetővé teszi azt az előírást, amely szerint az első fokozat után a lehetőségek figyelembevételével minél hosszabb csőszakaszt tervezünk az áramlás rendeződésének biztosítására.

A káros lengések elkerülésére az első fokozat érzékelő vezetékeit is a fűtési fogyasztóhoz kell kapcsolni (29.9. ábra).

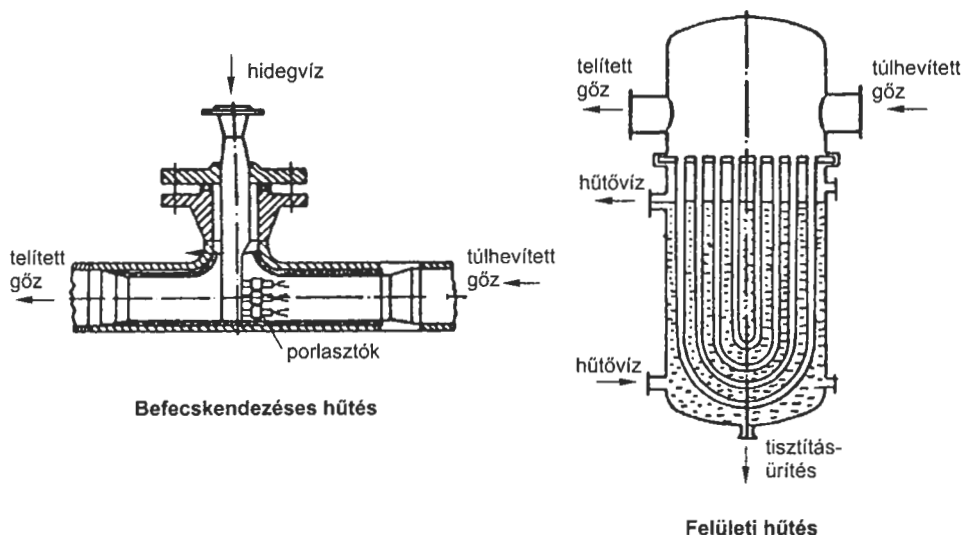
### 29.1.5. A gőz felhasználása a nyomás-és hőmérséklet változtatásával, gőzhűtők

A nyomáscsökkentés folyamata egyrészt rendszerint együtt jár a gőz túlhevülésével, a fogyasztók pedig általában telített gőzt igényelnek. Másrészt célszerű a nagynyomású vezetéken túlhevített gőzt szállítani a lecsapódások elkerülésére, illetve csökkentésére. Ezért a gőz túlhevítési hőmérsékletének csökkentésére a fogyasztók előtt gyakran gőzhűtőket kell alkalmaznunk. A gőzhűtés legismertebb módszerei:

- befecskendező hűtés;
- felületi hűtés.

A gőzhűtés e lehetséges megoldási módjait a **29.10. ábra** mutatja.

A befecskendezést néha magában a szelepből alkalmazzák, ez az ún. egybeépített nyomásszabályozó és hűtő.



29.10. ábra. A gőz hűtése

## 29.2. A nagynyomású gőz közvetett felhasználása

### 29.2.1. Kisnyomású gőz termelése

A kisnyomású gőzt általában nyomáscsökkentővel, közvetlenül állítják elő, ahogyan ezt bemutattuk. Van azonban olyan eset, amikor a közvetett gőztermelést kell választanunk, s ezt általában az egyik, vagy a másik oldal vízminőségi előírása indokolja. Ha például a termelt kisnyomású gőzt bepermetezésre használják fel, és azt az emberek belélegezhetik, akkor e kisnyomású gőzt hőcserélőben állítjuk elő, mert a nagynyomású, ipari célra termelt gőz bepermetezése rendszerint rontja a levegőt. A nagynyomású oldal kazánja viszont igényes vízkezelési rendszereket tehet indokolttá, és ezt a vizet zárt rendszerben kell visszajuttatnunk a hőtermelőhöz.

### 29.2.2. Egyéb közegek termelése

A nagynyomású gőzből természetesen bármilyen egyéb, épületgépészeti célokat szolgáló közeg is előállítható, hiszen éppen ez az egyik fő előnye; azaz termelhetünk:

- forróvizet;
- fűtési melegvizet és
- használati melegvizet is.

Ezek tárgyalása azonban már kötötünk „Távhőszolgáltatás” c. fejezetéhez tartozik, (mint a nagynyomású gőz felhasználási lehetőségének tárgyalása), illetve csatlakozik a melegvízfűtések és a használati melegvíztermelés fejezetéhez.

## Irodalom

A 23–35. fejezet irodalomjegyzékét lásd egyesítve a 35. fejezet után!

## 30. Fűtési rendszerek méretezése – alapvető megfontolások

Kötetünk 23–29. számú fejezeteinek során megismertük a fűtési berendezések és rendszerek kialakítását és működését. E rendszereket néha elemekre bontva, néha egyszerűsítve, néha pedig kis részletekben mutattuk be, annak érdekében, hogy valamennyi megoldással megismerkedhessünk és jól megértsük az üzemelés és működés elveit és alapjait.

A következőkben a rendszerek elemeinek és egészének méretezésével, a méretezéshez szükséges, és annak során alkalmazandó számítási eljárásokkal ismerkedünk meg. Mielőtt azonban a méretezési és számítási módokat ismertetnénk, rögzítenünk kell, hogy a fűtési megoldások méretezése nagy áttekintést, komplex szemléletet igénylő feladat.

Ezt az összetettséget a következő szempontcsoportokkal magyarázhatjuk.

A *fűtési üzem sajátosságából* eredő szempontok az alábbiak:

- a fűtések teljesítményét az úgynevezett „méretezési állapotra” kell megállapítani és tervezni. Ez azt jelenti, hogy statisztikai alapon ki kell jelölni azt a külső hőmérséklet- és szélsőbesség együttest, amelynél keményebb feltételek csak igen kis valószínűséggel fordulnak elő, és amelyek együttese megszabja a rendszerekbe beépített teljesítményt;
- a fűtési rendszerek és berendezések csak az év igen kis hányadában használják ki e teljes, beépített teljesítményt, így gondoskodnunk kell a szabályozásról, és a szabályozás során előálló üzemmenetek és üzemállapotok méretezési és számítási követéséről is;
- egészen újszerű, modern felfogás szerint a ritkán kihasználható kapacitást tárolók alkalmazásával teszik gazdaságossá;
- a szabályozási igény helyiségről helyiségre rendkívül eltérő lehet, így helyiségenként is megoldandó a feladat;
- a fűtési rendszernek a tél során teljes üzembiztonsággal kell működnie, ezért a tartaléképítés eszközeit is alkalmaznunk kell;
- igen gyakran fordul elő az, hogy a fűtési rendszer egy részét, pl. a hőtermelő egységet, vagy a hőszállítás egy részét egy, a jövőben bekövetkező állapotra kell méretezni, amikor a teljes terhelés már igényként jelentkezik majd, de adott pillanatban csak a fűtendő épületek egy hányada készül el. Ilyenkor fogalakozni kell az ideiglenes részterhelésekből következő sajátos üzemállapotok méretezésével is.

A fűtési rendszerek összetettségéből eredő szempontok az alábbiak:

Igaz ugyan, hogy egyedi fűtések esetében meghatározott teljesítményű egységek beépítendő darabszámát kell meghatározni, a központi fűtési rendszerek azonban – mint tudjuk – hőtermelő-, hőszállító- és hőleadó egységekből tevődnek össze, s ezeken túl kell még foglalkoznunk a szabályozás-szerelvényezés-biztosítás-töltés-ürítés-légtelenítés megoldásának méretezésével is.

Az alkalmazandó tudományágak eljárásainak összetettségéből eredő szempontok azok, hogy a fűtőberendezés alkotóelemeinek méretét többféle fizikai folyamat leírása alapján kell meghatározni, és így szükség lehet:

- hőtani méretezésre, ahol a hőátzármaztatás egyenleteit használjuk, pl. a fűtőfelületek, vagy a hőveszteség értékének meghatározására;
- áramlástani méretezésre, amelynek célja pl. olyan keresztmetszetek megállapítása, melyek mellett az egyensúly éppen a szükséges és tervezett térfogatok áramlásakor áll be;
- szilárdságtani méretezésre, amelynek célja pl. az alátámasztások, megfogások, a hőtágulásból eredő feszültségek felvételére szolgáló szerkezetek, a nyomásfokozatok meghatározása;
- akusztikai méretezésre, melynek célja pl. a zajszint meghatározása, vagy a zajjelenség korlátozásához szükséges sebesség meghatározása;
- korróziós méretezésre, melynek célja a korróziós jelenségek megakadályozása, pl. a vízkezelő rendszerek méretezése;
- gazdaságossági méretezésre, melynek célja pl. az optimális szivattyú-emelőmagasság, vagy az optimális lehűlés, a javított megoldások megtérülési idejének számítása.

Gondoljuk meg azt, hogy mindezek e jelenségek, és a jelenségeket leíró fizikai és kémiai egyenletek egymással szoros kölcsönhatásban vannak. Azt is figyelembe kell vennünk, hogy a fűtési rendszerek nagy általánosságban épített létesítményekben foglalnak helyet, és maga az épített létesítmény hőveszteségének, hőigényének kiszámítása is csak igen véges pontosságú. Azzal is érdemes foglalkoznunk, hogy a rendszer valamennyi eleme változik „öregszik” az idők folyamán, tehát a méretezési anyagi jellemzők nem maradnak eredeti értékükön. Mindezek miatt az eddig felsorolt szempontok még bonyolultabb szövevényt alkotnak. Mindezek kiküszöbölésére, és a helyzet megoldására a mérnöki gyakorlat számos *közelítő eljárást* dolgozott ki. E közelítő eljárások elfogadhatóságát és megengedhetőségét az élet igazolta.

E megfontolások miatt a fűtési rendszerek méretezésének ismertetésénél nem térünk ki valamennyi lehetséges elméleti megfontolás, valamennyi üzemállapot, valamennyi előforduló eset, valamennyi elem méretezésének ismertetésére, hanem a gyakorlati tapasztalat szerint az élet megszabta követelményeket elégítjük ki azokkal a módszerekkel és eljárásokkal, amelyek a fűtéstechnika elmúlt, s lassan 100 éves története során folyamatosan alakultak, változtak, de beváltak és egyben közismertek.

Meg kell még említenünk, hogy ma már kiváló számítógépes programok, program csomagok [8] és gyártmány ismertetők állnak rendelkezésre ahhoz, hogy e bonyolult eljárásokat gyorsan, könnyedén és az igényeknek megfelelő pontossággal lehessen végrehajtani. Ezért a

következőkben e kötetben ismertetett eljárásokat úgy is felfoghatjuk, mint a programok gondolatmenetének elvi alapjait. Ezen elvi alapok ismeretére az épületgépész mérnöknek akkor is feltétlenül szüksége van, ha valamennyi számítógépes program rendelkezésére áll, s ha a gyakorlatban értelemszerűen és nagyon helyesen mindig is csak és kizárólag számítógéppel dolgozik. A munkánk gyorsítását és megkönnyítését, az eredmények javítását és pontosítását eredményező kiváló programok ugyanis soha nem helyettesíthetik azt, hogy az önálló, alkotó gondolkodás és tervezés alapjait és módszereit értenünk, ismernünk és tudnunk kell.

Megemlítjük még, hogy szabványok és műszaki előírások egész sora könnyíti meg ezt a munkát. Ezek rögzítik például a következő fontos adatokat:

- a külső mértékadó hőmérséklet, az uralkodó széljárás, és a legnagyobb, figyelembe veendő szélsősebesség értéke;
- a fűtendő helyiségek előírt belső hőmérséklete;
- a fűtési rendszerben érintéssel elérhető legnagyobb felületi hőmérséklet, és az épületben alkalmazható legnagyobb nyomás;
- a fűtés hőellátó rendszerére kapcsolt egyéb rendszerek, mint pl. légtechnikai rendszer, használati melegvízellátó rendszer paraméterei és jellemzői;
- az alkalmazható energiahordozó;
- a környezetvédelmi előírások, stb.

Itt kell hangsúlyoznunk, hogy az Európához való csatlakozás, műszaki felzárkózás különösen fontossá teszi a szabványok, előírások átfogó ismeretét.

Bármely fűtési rendszer méretezését az igények megállapításával kell elkezdenünk. A fűtési hőigény meghatározását országunként szabványok rögzítik (ld. „Alapismeretek” kötet „Hőszükséglet” c. fejezete).

## Irodalom

A 23–35. fejezet irodalomjegyzékét lásd egyesítve a 35. fejezet után!

## 31. Melegvízfűtések méretezési kérdései

A hőszükséglet-számítással valamennyi helyiség fűtési hőigénye ismertté válik. A melegvízfűtések méretezésének következő lépése a fűtési víz hőmérsékletének, és az előremenő-visszatérő víz hőmérsékletkülönbségének megválasztása. Erről, a melegvízfűtési technikában olyan fontos kérdésről gondolkozzunk el kissé részletesebben, mert segít abban, hogy a fűtés fizikai folyamatát jól megértsük.

### 31.1. A fűtési hőmérséklet és a méretezési hőfoklépcső megválasztása

A melegvízfűtési rendszerekben a következő fontos hőmérsékleteket kell megválasztanunk:

$t_{em}$  az előremenő víz hőmérséklete méretezési állapotban (amikor a külső hőmérséklet a leghidegebb, és a hőveszteség a legnagyobb értéket veszi fel) [°C];

$t_{vm}$  a visszatérő víz hőmérséklete méretezési állapotban (amikor a külső hőmérséklet a leghidegebb, és a hőveszteség a legnagyobb értéket veszi fel) [°C];

$\Delta t_m = t_{em} - t_{vm}$  a fűtővíz lehűlése méretezési állapotban (amikor a külső hőmérséklet a leghidegebb, és a hőveszteség a legnagyobb értéket veszi fel) [K].

Ahogy melegszik a külső hőmérséklet, az előremenő és a visszatérő víz hőmérséklete egyre kisebb lehet, és változik a lehűlés is. Ezeket az értékeket értelemszerűen  $t_e$ ,  $t_v$ ,  $\Delta t$  jelöléssel látjuk el. (Természetesen nem a jelölés a fontos, ugyanezen fogalmakat a legkülönbözőbb irodalmi forrásokban változatos elnevezések alatt találjuk, fontos csak az, hogy tisztán értelmezzük ezeket az alapvető mennyiségeket).

A méretezési állapotban jelentkező lehűlés, és a hőveszteség együttese meghatározza azt a víztérfogat, illetve -tömegáramot, mely a méretezési állapotban a melegvízfűtési rendszerben kering:

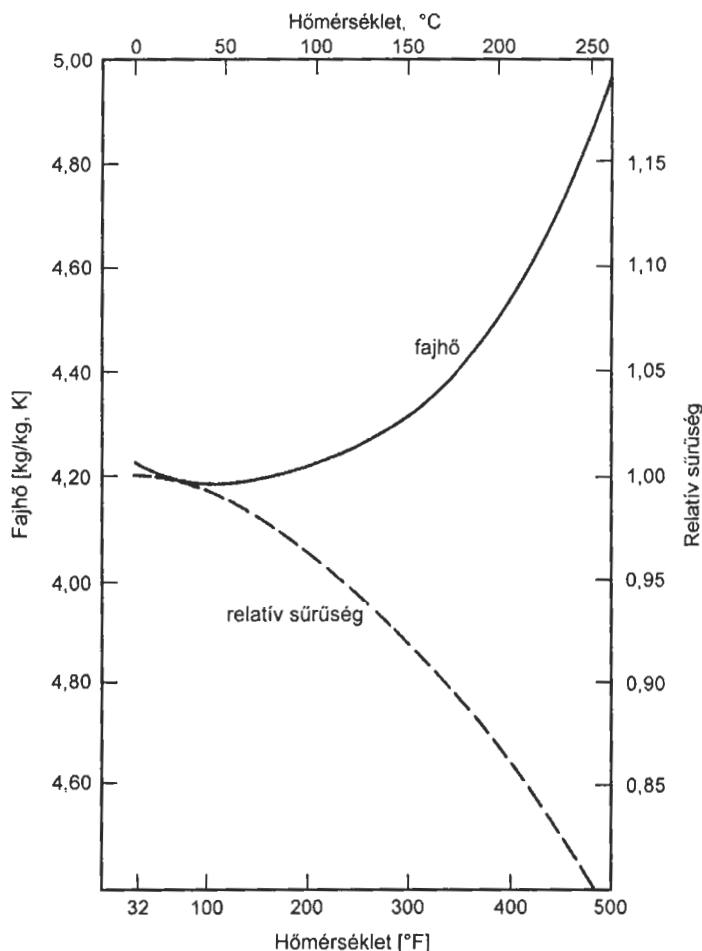
$$\dot{Q}_m = \dot{m}_m \cdot c \cdot \Delta t_m \quad (31.1.)$$



illetve

$$\dot{Q}_m = \dot{V}_m \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta t_m \quad (31.1/a)$$

Mindenekelőtt tisztázzuk, hogy miért nem tettünk indexet a fajhő és a sűrűség jele mellé. A víz fajhőjének és sűrűségének hőmérséklet-függését a **31.1. ábra** mutatja. Az ábráról leolvasható, hogy ha a fajhő és a sűrűség mértékét egy-egy fűtési rendszeren belül állandónak tartjuk, mekkora hibát követünk el.

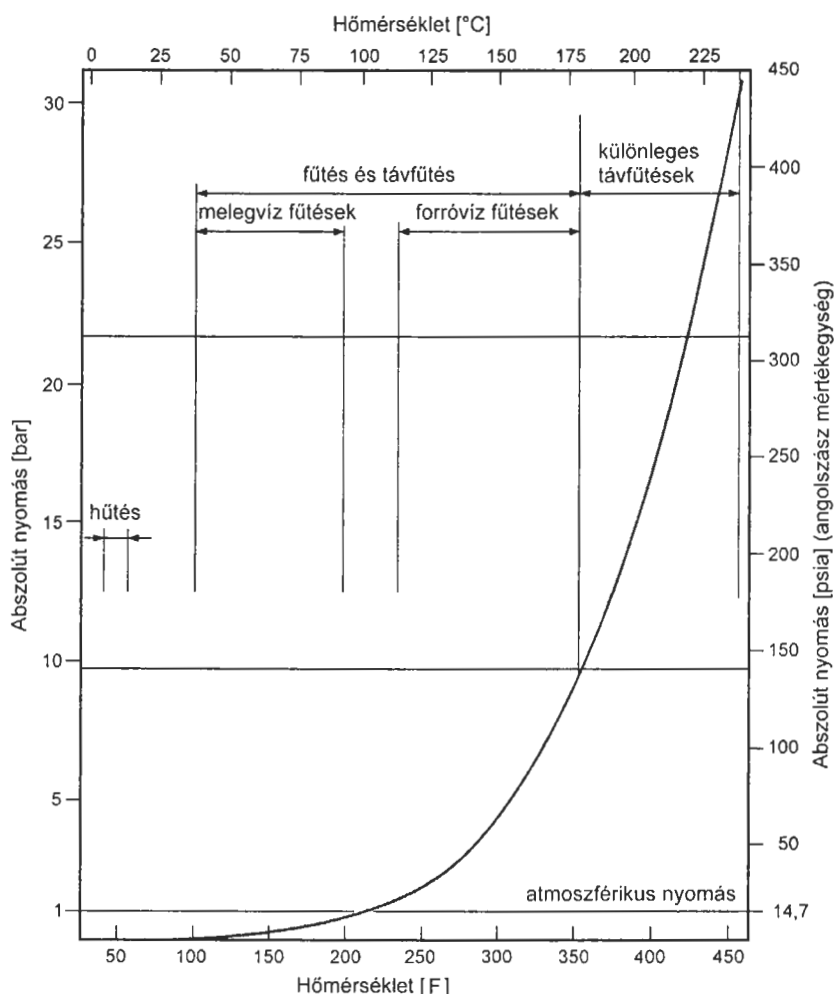


31.1. ábra. A víz fajhőjének és sűrűségének hőmérsékletfüggése

A központi fűtések méretezési gyakorlatában a fajhőt és a sűrűséget igen soká állandónak tekintették, és mivel – ahogyan majd látjuk – a fűtési rendszerek nem túlságosan érzékenyek a tömeg- illetve térfogatáram változására, ez a közelítés jobbra megengedhető. A számítógép elterjedésével és a különféle számítógépi méretezési programok alkalmazásával azonban

annak sincs akadálya, hogy eljárásunkat e tényezők figyelembevételével is pontosabbá tegyük, de mindig mérlegelnünk kell azt, hogy érdemes-e tovább bonyolítanunk a számítást. A fűtési rendszerek méretezése során ugyanis kényszerűen még több közelítést is alkalmazunk majd.

Hogyan választjuk meg most már az előremenő és visszatérő hőmérsékletet? E kérdés boncolásakor ismét vissza kell térnünk a fűtések történetéhez. Ameddig ugyanis csak és kizárólag nyitott rendszerű melegvízfűtések létesítettek, addig a méretezési előremenő hőmérséklet nem lehetett nagyobb 90 °C-nál, hiszen ennél nagyobb hőmérsékleten atmoszférikus nyomásnál a víz elgőzölög (31.2. ábra). Így nagyon hosszú ideig, a vízüzemű központi fűtések elterjedésétől kb. az 1960-as évekig uralkodó volt a  $t_{em} = 90$  °C maximális érték. Ha azt most már értjük, hogy miért volt ez a maximum, vizsgáljuk meg azt is, hogy miért nem



31.2. ábra. Vízgőz telítési görbéje a fűtési tartományban

alkalmaztak a 90 °C értéknél kisebb előremenő hőmérsékletet? Ennek okát a hőleadók felület igényében kell keresnünk. A fűtési rendszerbe beépítendő hőleadó felülete az

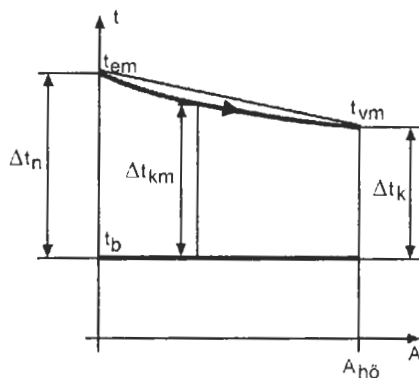
$$A_{h\delta} = \frac{\dot{Q}_{h\delta}}{k_m \Delta t_{km}} \quad (31.2.)$$

összefüggéssel számítható.

A fűtőtestek hőleadásának mechanizmusát és ezzel felületük számítását kötötünk „Hőleadók, fűtőtestek” c. fejezetében tárgyaltuk, ezért itt már pusztán a víz hőmérsékletének hatását elemezzük. A közepes hőmérsékletkülönbséget erre a célra helyettesítsük a számtani közép értékével (31.3. ábra):

$$\Delta t_{km} = \frac{t_{em} + t_{vm}}{2} - t_b \quad (31.3.)$$

(ld. kötötünk „Hőcserélők” c. fejezete).



31.3. ábra. Hőleadó hőmérsékletviszonyai

Innen is nyilvánvaló tehát az a tény, hogy mennél kisebb az előremenő hőmérséklet, annál nagyobb fűtőfelületet kell beépítenünk. Mivel a vízfűtések sora a kisnyomású gőzfűtések nyomdokában terjedt el, a hővesztés- és beépítendő fűtőfelület arányok szokásrendszere a kb. 100 °C közepes hőmérsékletű kisnyomású gőzfűtések hőmérsékleti viszonyai alapján alakult ki. Mind a megszokott méretek, mind pedig a hőleadók beruházási költségével való takarékoskodás indokolta tehát, hogy ne csökkentsék a maximálisan alkalmazható előremenő hőmérsékletet. Arról se feledkezzünk meg, hogy a melegvízfűtések korai megjelenési formája a gravitációs fűtés volt. A gravitációs fűtésben keletkező hatásos nyomás pedig a lehülés függvénye, nagyobb lehülést pedig csak úgy lehet létrehozni, ha a környezethez képest elegendően nagy a fűtőközeg hőmérséklete. Így a gravitációs fűtések méretezési körülményei is a 90 °C előremenő hőmérséklet megválasztását tették ésszerűvé (ld. 24.2. és 24.3. ábra).

Hogyan történik most már a visszatérő hőmérséklet, illetve a lehülés megválasztása? Mai világunkban, amikor is a 25.1. táblázat és a 31.2. ábra szerint nyilvánvaló, hogy igen széles tartományban lehet a vízhőmérsékletet megválasztani, és a víz közegű rendszerekkel rendkívül sokféle feladatot lehet megoldani, az is világossá vált, hogy a lehülés mértéke is sokféle lehet (31.1. táblázat). E táblázatban összefoglaltuk, hogy milyen hatása van a lehülésnek az áramló térfogatra, az elfogadható vízsebesség mellett megválasztandó csőátmérőre, a súrlódási nyomásesésre, és a beépítendő szivattyú teljesítményre egyaránt. A példa persze elméleti jellegű, és csak demonstrációs célt szolgál.

Csőátmérők és szivattyúteljesítmény elvi összehasonlítása. Hőáram = 18,6 GW

31.1. táblázat

	Rendszer típusa	Előremenő hőmérséklet [°C]	Visszatérő hőmérséklet [°C]	$\Delta t$ [°C]	Térfogatáram [l/s]	Cső-átmérő [mm]	Fajlagos sűrűlási nyomásesés [mm/m]	Szivattyú teljesítmény [kW]
1	Hűtés (normál $\Delta t$ mellett)	7,2	11,7	4,4	189,3	300	16,8	106,1
2	Hűtés (nagy $\Delta t$ mellett)	5,6	14,4	8,9	94,6	250	11,0	35,4
3	Melegvízfűtés	82	60	22	39,1	200	5,7	7,4
4	Forróvízfűtés közvetett rendszerhez (normál $\Delta t$ mellett)	149	93	56	16,3	125	10,3	5,2
5	Forróvízfűtés (nagy $\Delta t$ mellett)	149	60	89	10,2	100	13,3	4,3
6	Nagyhőmérsékletű forróvízfűtés	204	104	100	9,5	100	11,3	3,1
7	Különleges esetek	232	104	128	7,6	87,5	13,9	3,0

A szivattyús vízfűtések kezdeti időszakában azonban arra helyezték a fő hangsúlyt, hogy a visszatérő hőmérséklet maximális értéke ne haladja meg a 70 °C értéket, mert az akkor gyártott szivattyúkat ilyen hőmérséklet mellett lehet alkalmazni. (Lapozzunk vissza a „Szivattyús melegvíz fűtések” fejezetében a 25.8. ábrához!) Arra is ügyelni kellett továbbá, hogy a visszatérő hőmérséklet csökkenése miatt se növekedjék túlságosan a hőleadók felülete. Így alakult ki a sokáig szinte mozdíthatatlan 90/70 °C hőmérsékletű vízfűtési rendszer, 20 °C lehűléssel.

A távfűtések elterjedésével a 60-as évek táján azután felmerül az úgynevezett közvetlen fűtések alkalmazása. (Lapozzunk vissza a 25.44. ábrához) E fűtési rendszereknél a távhálózaton uralkodó nyomás érvényesült az épület belső fűtési rendszerén is, tehát a hőmérséklet lényegesen nagyobb értékre növekedhetett. Ugyanakkor a 110/70 °C hőmérséklet-viszonyú fűtések tervezése lényeges fűtőfelület-megtakarítást, és kisebb keringő térfogatáramokat, azaz szivattyúmunka megtakarítást is eredményezett. Miért nem terjedt el mégsem széles körben e fűtések alkalmazása, és miért fordult a fejlett fűtéstechika világa az úgynevezett kishőmérsékletű fűtések felé?

- Ha hátralapozunk a kisnyomású gőzfűtések felsorolt hátrányaihoz, és visszaemlékszünk mindarra, amit az „Alapismeretek” kötet „Épületfizika” és „Hőérzet” fejezetében olvastunk, eszünkbe jut, hogy a fűtés mindenekelőtt az ember kényelmét szolgálja. (Jegyezzük itt meg azt is persze, hogy most általában úgynevezett kommunális fűtési rendszerekről, azaz lakások, kórházak, iskolák, irodák és hasonló, állandó tartózkodásra szánt helyiségekről beszélgetünk. Az ipari és mezőgazdasági hőellátás hőmérsékleti követelmény-rendszere nem általánosítható ilyen egyszerűen!) Márpedig a kevés, de nagy hőmérsék-

letű fűtőfelület a porpörkölődés, az érintésveszély, és a rossz besugárzási viszonyok miatt nem teremt megfelelő hőkomfort érzetet. Emiatt a fűtési szakterület hamar felhagyott az-  
zal, hogy ilyen nagy hőmérsékletű rendszereket tervezzen és építsen, és kb. a hetvenes  
évek közepétől a kishőmérsékletű rendszerek felé fordult. Ennek azonban a kényelmen  
kívül számos egyéb oka is van.

- Az első olajválság időszakában, 1975 táján kezdtek el egyre behatóbban foglalkozni a megnövelt hőszigetelés, illetve a meglévő épületek utólagos hőszigetelésének kérdésével, illetve a nyílászáró szerkezetek megjavításával és a filtráció csökkentésével. E nagyará-  
nyú és sokágú mozgalommal kapcsolatban itt csak annyit említünk meg, hogy nagyon  
lecsökkent az épületek hővesztesége, ugyanazt az épületet lényegesen kisebb előremenő  
hőmérsékletű fűtővízzel is kielégítően el lehetett, illetve el lehet látni megfelelő fűtéssel.
- Ugyanakkor az energiagazdálkodási törekvések miatt, és a fűtéstechnika tudományos  
megalapozottsága révén a túlméretezés, a tartalékképzés erősen csökkent, a gravitációs  
fűtések teljesen kiszorultak, a csővesztés csökkentése fontos szemponttá vált, s emiatt is  
szívesen választottak, – választanak – ma kisebb előremenő hőmérsékletet.
- A fejlett fűtéstechnika az energiaválság leküzdése érdekében, valamint a környezetvéde-  
lem szolgálatában megteremtette az úgynevezett kishőmérsékletű, és kondenzációs  
kazánokat. Az e kazánokat elhagyó előremenő hőmérséklet lényegesen kisebb lehet a haj-  
dani 90 °C-nál (lásd kötetünk „Központi fűtések kazánjai” c. fejezetét).
- A hőforrás oldaláról tovább fokozta a kis hőmérsékletek alkalmazása iránti kedvet az úgy-  
nevezett nem hagyományos, vagy megújuló energiaforrások egyre szélesebb körű elter-  
jedése. Gondolunk itt a szoláris és geotermikus energiára és a hőszivattyúk térnyerésére.  
Ezen források nagy általánosságban kis hőmérsékleten szolgáltatják az energiát.
- Közben a szivattyú technika is rendkívül gyorsan fejlődött. Ahogyan ezt a fűtések kiala-  
kításával kapcsolatban leírtuk, a szivattyú átkerült az előremenő vezetékbe, az úgy-  
nevezett kazánvédő szivattyú alkalmazásával a visszatérő hőmérsékletnek már csak a  
környezet hőmérséklete szab alsó határt. A térfogatáram nagysága, illetve a térfogatáram  
változtatása ma már semmiféle szerkezeti korlátot nem jelent.
- Ugyancsak kiegészítő szempont az, hogy ma már a hőleadók olyan változatos megjelenés-  
ben, fajtában, méretben, stb. állnak rendelkezésünkre, hogy szinte semmi sem köt bennün-  
ket a hajdani fűtőtest-kiosztási elvekhez. Meg kell jegyeznünk azt is, hogy az építéset  
fejlődésével igen változatos esztétikai, elhelyezési és higiéniai igényeket is ki kell elégí-  
tenie a fűtésnek, így is indokolható például a padló- és mennyezet fűtés térhódítása.
- Érdemes még szót ejtenünk arról az igen korszerű kérdésről is, hogy a mai rendszerek  
víztérfogata nagyon kicsi. Az ebből eredő szabályozástechnikai problémák kiküszöbölé-  
sében is segít a jól elosztott, és kisebb hőmérsékletű hőleadó csoport.
- Végül ne feledjük, hogy a távhőellátás automatikus szabályozásával megvalósítható a  
fűtés és használati melegvíztermelés soros és előnykapcsolása is, mely adott esetben  
szintén kisebb előremenő hőmérsékletet eredményez, a visszatérő hőmérséklet csökken-  
tése pedig elemi érdek, ha villamosenergiával egybekötött hőtermelésről van szó (25.52/a,  
25.52/b, 25.53/a, 25.53/b és 25.54. ábra).

Mindezt azért soroltuk fel, hogy érzékeltesük: ma már semmiféle külső szempont sem köti meg a fűtési rendszer tervezőjének kezét abban, hogy milyen előremenő-visszatérő hőmérsékletet válasszon, amikor elérkezik a rendszer tervezésének e második fázisához. Döntésénél figyelembe kell vennie a hőforrást, a hőszállító rendszer lehető legkisebb veszteségét, a fűtőtestek hőleadásának kényelmi, esztétikai, építészeti-funkcionális követelményeit és a jó szabályozhatóságot.

Annak érdekében, hogy mégis megfogható támpontot nyújtsunk, bemutatjuk a következőkben a gazdaságos lehűlés számításának elvét. Ez a számítás, valamint a 31.1. táblázat példaegyüttese azt is világosan mutatja, hogy a hőtani-hidraulikai és gazdaságossági számítás a fűtések méretezésénél mennyire nem egymástól elválasztható, illetve mennyire egymással összefüggő eljárás- és eredmény sorozat.

### 31.2. A gazdaságos lehűlés, a gazdaságos méretezési hőfoklépcső jellemzése és meghatározási módja

Éljünk azzal a közelítéssel, hogy a hőtermelés és a szerelvények költsége nem érzékeny a rendszer lehűlésére, és ezután a fűtési rendszer lehűlés szerinti költségfüggvénye össze tevődik [2], [10], [16], [30], [43], [44]:

- a hőleadók és a
- csővezeték költségéből.

A hőleadók beruházási költsége a hőleadók fajlagos árának és a felületnek szorzataként adódik:

$$K_{h\ddot{o}} = e_{h\ddot{o}} \cdot A_{h\ddot{o}} \quad (31.4.)$$

A  $k = f(\Delta t_k)$  hőleadóként változik, ahogyan ezt a hőleadókkal kapcsolatos fejezetben leírtuk.

Például radiátor jellegű hőleadóknál:

$$A_{h\ddot{o}} = b_1 \frac{\dot{Q}_{h\ddot{o}}}{(b_2 - \Delta t_m)^{1+M}} \quad (31.5.)$$

ahol  $b_1$ ,  $b_2$  és  $M$  megfelelően megválasztott, mérési sorozattal igazolt állandók

és

$$\Delta t_m = (t_{em} - t_{vm})$$

azaz a víz lehűlése méretezési állapotban.

Ha kis egyszerűsítéssel  $n_{h\ddot{o}}$  értékűnek vesszük a hőleadók amortizációs éveinek számát, akkor az egy évre vetített fűtőtest-beruházási költség:

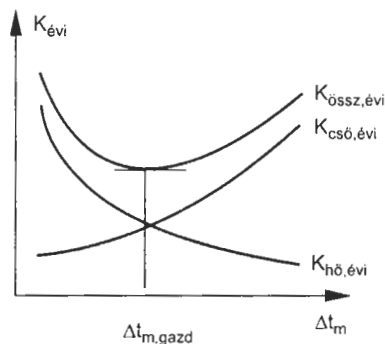
$$K_{h\ddot{o},\text{évi}} = \frac{b_1}{n_{h\ddot{o}}} \cdot \frac{\dot{Q}_{h\ddot{o}}}{(b_2 - \Delta t_m)^{l+M}} \quad (31.6/a)$$

Igen könnyű belátnunk, hogy minél nagyobb érték a  $\Delta t_m$ , azaz minél jobban lehűl a víz, annál olcsóbb csővezetékét építhetünk, hiszen annál kisebb térfogatáramot kell keringetnünk. Lapozzuk fel a 31.1. táblázatot, onnan is világosan látszik ez a tendencia. Az állítás nem is szorul bizonyításra, de teljesség kedvéért levezetés és magyarázat nélkül leírjuk a számítási összefüggést is:

$$K_{cs\ddot{o},\text{évi}} = b_3 \frac{Cs \cdot e_{cs\ddot{o}} \ell_{gerinc}^{0,209}}{\Delta p_{sziv}^{0,209} \Delta t_m^{0,372} n_{cs\ddot{o}}} \quad (31.6/b)$$

Itt „Cs” a beépített cső tömegére jellemző szám, felírási módjára visszatérünk a gyakorlati számításoknál, a (33.2.) összefüggés leírásakor. Ugyanott, a (33.4.) összefüggésben ismét felhasználjuk majd a (31.6/b) függvényt.

A két görbe összegzéséből adódik a rendszer gazdaságos lehűlése, mely nyilván ott jelentkezik, ahol a költségek összeggörbéjének minimuma van. (31.4. ábra). Ezzel az elemzéssel egyrészt támpontot adtunk ahhoz, hogy a korszerű fűtések lehűlését hogyan lehet exakt számítással alátámasztani, másrészt ismét bizonyítottuk, hogy a víz-fűtések hőtani-hidraulikai- és gazdaságossági számítása egymással szorosan összefüggő feladat.



31.4. ábra. A gazdaságos lehűlés meghatározása

### 31.3. A fűtőtestek kiosztása

Az alkalmazandó hőleadók típusának megválasztása után a fűtővíz hőmérsékletének ismeretében kiszámítható most már a hőleadók szükséges fűtőfelülete, geometriai mérete, és a választott felület és méret elrendezhető a fűtött helyiségben. Ezt a folyamatot nevezzük fűtőtest-kiosztásnak. A fűtőtestek, hőleadók fajtáit, típusait, lehetséges megoldását, elrendezését, méretezését, megválasztását kötetünk „Hőleadók, fűtőtestek” c. fejezete tartalmazza.

### 31.4. A csőhálózat kialakítása és nyomásvesztesége

A hőleadók geometriai elrendezése (topológiája), teljesítménye, és a hőtermelés helyének rögzítése után megrajzolhatjuk és megtervezhetjük a csővezeték elrendezését, ennek eredménye az alaprajzok és függőleges csőtervek sora. Ezután következik az úgynevezett elő-méretezés, melynek lényege az, hogy előzetesen megválassztjuk a *csővezeték átmérők méretét*. Milyen segítségünk van ehhez?

#### 31.4.1. Az előzetes méretezés elvi alapjai

Az előzetes méretezés elvének és gyakorlatának megértéséhez át kell ismételniünk a nyomásveszteség számításának elméleti alapjait, hogy jól értelmezzük az alkalmazott fogásokat, egyszerűsítéseket és közelítéseket, s helyesen értékeljük az elhanyagolásokat. Általában érdemes itt megjegyeznünk azt, hogy amikor a nagymennyiségű számítás elvégzése, és a nagymennyiségű adat feldolgozása kedvéért gyakorlati fogásokat alkalmazunk, sohasem szabad elfeledkeznünk a közelítések elvi alapjairól. Ezek nélkül ugyanis a számítások helyes értékelése, esetleges korrigálása, a számításokkal követett fizikai folyamatok elemzése nem lehetséges. Ezért olyan fontos az, hogy a következő gondolatmeneteket jól megértsük és elsajátítsuk.

#### 31.4.2. A nyomásveszteség számításának alapjai, az ellenállás számítása

Ahogy eddig már rögzítettük, a nyomásvesztés számításakor ismernünk kell a fűtőközeg átlagos hőmérsékletét, tömegáramát, továbbá a kör keresztmetszettel jellemzett csővezeték és a szerelvények szerkezeti méreteit, valamint az egyes csőszakaszok hosszát. Csőszakasznak azt nevezzük, ahol a geometriai méret és a rajta átfolyó tömegáram állandó.

Természetesen, amikor a feladathoz hozzáférünk, a csőátmérők még nem ismeretesek. Ezért alkalmazza a fűtéstechika (de ezen túlmenően valamennyi, csőméretezést alkalmazó épületgépészeti ágazat is!) a következőben leírt gondolatmenetet.

A 31.5. ábrán bemutatott vázlatot véve alapul az A és B pontok közötti nyomások egyensúlyát a következő összefüggéssel írhatjuk le [30]:

$$\Delta p_{AB} + \Delta p_{sz} + g \sum_{j=1}^k h_j \Delta \rho_j + \frac{w_A^2 \rho_A}{2} - \frac{w_B^2 \rho_B}{2} - \sum_{i=1}^n E_i = 0 \quad (31.7.)$$

ahol „j” szerint a lehűlési pontokon, „i” szerint pedig az ellenállásokon megyünk végig (ld. „Alapismeretek” kötet „Áramlástechnika” c. fejezet (3.28.) összefüggés) és  $E_i$  az egyes szakaszok ellenállásának értékét jelenti.



Esetünkben az  $A$  és  $B$  pont egybeesik, tehát:

$$w_A = w_B \text{ és } \Delta p_{AB} = 0 \quad (31.7/a)$$

Így az egyensúlyi egyenlet egyszerűbb alakja:

$$\Delta p_{sz} + g \sum_{j=1}^k h_j \Delta \rho_j = \sum_{i=1}^n E_i \quad (31.8.)$$

Ebben az egyenletben a bal oldal első tagja a szivattyú által létesített nyomáskülönbség, a második tagja az áramkörben keletkező gravitációs felhajtóerő; a jobb oldali tag az áramlási veszteségek vagy ellenállások összege, azaz a nyomásesés az áramló közegben. A szivattyú szállítómagassága választható érték; a gravitációs felhajtóerő meghatározási módszerét a gravitációs fűtésekkel foglalkozó fejezetben, a (24.6.) és (24.8.) összefüggésekkel már leírtuk.

A következőkben tehát az áramlási ellenállás számításával foglalkozunk.

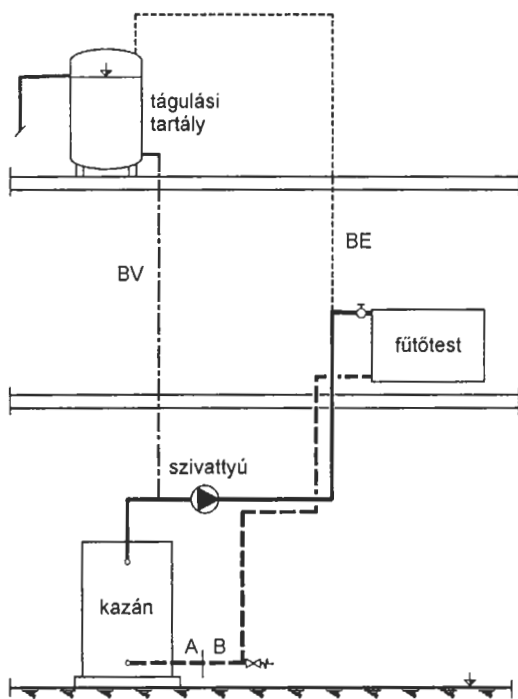
Az áramló közegben a nyomásesést a sűrűlási ( $E_1$ ) és a leválási vagy alaki ( $E_2$ ) veszteségek (ellenállások) okozzák. Ha a „ $\rho$ ” sűrűségű közeg a „ $d$ ” átmérőjű és „ $\ell$ ” hosszúságú csőszakasz teljes keresztmetszetében „ $w$ ” átlagos sebességgel áramlik, akkor a veszteségeket a szivattyúknál már levezetett (25.1.) összefüggéssel a következőképpen számíthatjuk:

$$E_i = E = \left( \lambda \frac{\ell}{d} + \sum_{r=1}^s \zeta_r \right) \frac{\rho}{2} w^2 \quad (31.9.)$$

Az összefüggés számunkra ebben a formában nem alkalmazható, mert sem a csőátmérőt, sem a sebességet, sem az ellenállást nem ismerjük. Ismerjük ellenben a tömegáramot, és felhasználjuk az

$$\dot{m} = \frac{d^2 \pi}{4} \rho w \quad (31.10.)$$

kapcsolatot, melyből a sebességre az alábbi összefüggést kapjuk:



31.5. ábra. Nyomásegyensúly a fűtési körben

$$w = \frac{4}{\pi} \frac{\dot{m}}{\rho d^2} \quad (31.11.)$$

A sebesség kifejezését az előbbi összefüggésbe helyettesítve kapjuk, hogy:

$$E = 0,81057 \left[ \lambda \frac{\ell}{\rho} \frac{\dot{m}^2}{d^5} + \left( \sum_{r=1}^s \xi_r \right) \frac{\dot{m}^2}{\rho d^4} \right] \quad (31.11/a)$$

A (31.11/a) összefüggést általánosítva írtuk fel, azaz elhagytuk a szakaszra jellemző „i” indexet!

A mai európai mérnök társadalom számára már egészen természetes, hogy az SI mértérendszerben dolgozik, s élvezi annak minden egyszerűségét és áttekinthetőségét. A világ műszaki gyakorlata azonban igen súlyos válságokon ment keresztül addig, míg elfogadta a fizika ezen ajándékát, és az angolszász világban, főként az USA egyes államaiban még mindig küzdenek elfogadásáért. Különösen sok ellentmondást és problémát találunk a gyakorlati műszaki irodalomban, ezért annyit itt is megemlítünk, hogy a megszokott dimenzió a „kg/h”, illetve a „mm” volt, s ezért gyakran látjuk az előbbi összefüggést az alábbi állandókkal:

$$E = 6,25 \cdot 10^7 \lambda \frac{\ell}{\rho} \frac{\dot{m}^2}{d^5} + 6,25 \cdot 10^4 \left( \sum_{r=1}^s \xi_r \right) \frac{\dot{m}^2}{\rho d^4} \quad (31.11/b)$$

ahol tehát a tömegáramot „kg/h”, a csőátmérőt „mm”, a nyomást pedig Pa = N/m<sup>2</sup> dimenzióban kell helyettesíteni és érteni.

A (31.11/a) összefüggés másik gyakran alkalmazott formája:

$$E = E_S + E_Z \quad (31.11/c)$$

Vizsgáljuk meg, milyen tényezők befolyásolják az így megállapított ellenállás értéket?

### 31.4.3. Az ellenállások értékének pontossága, a befolyásoló tényezők

Az elvi tisztánlátás és a fizikai folyamatok megértése miatt rendkívül fontos a (31.11/a) összefüggés vizsgálata abból a szempontból, hogy milyen és mekkora szerepe van az egyes tényezőknek, illetve a gyakorlatban alkalmazott elhanyagolásoknak, közelítéseknek az ellenállás alakulásában, vizsgáljuk tehát ezeket sorra.

Ahogy ezt már a (25.6.) összefüggésben bemutatuk, az ellenállás felírható úgy, hogy adott csővezetékrendszeren, adott paraméterek mellett a hőhordozó tömegáramának négyzetével változik:

$$\Delta p = E = K \cdot \dot{m}^2$$

Kérdés lényegében az, hogy a „K” értékét mennyiben tekinthetjük állandónak?

Már említettük, és a 31.1. ábrán be is mutattuk a sűrűség hőmérsékletfüggő változását. Arra is érdemes visszaemlékeznünk, hogy a gravitációs hatásos nyomás tárgyalásakor a (24.7.) összefüggésben felírtuk az „ $\epsilon$ ” hányadost, mely alkalmas a sűrűség hőfokfüggésének leírására. Itt most azt a könnyen megjegyezhető és értékelhető összefüggést adjuk meg, hogy „ $\epsilon$ ” értéke a hőmérséklettel nő, az 50...150 °C hőmérséklettartományban nagyságrendje:

$$\epsilon = 0,7 \pm 0,2 \text{ kg/m}^3\text{K értékű.}$$

A megkívánt pontosságtól függően megfontolható tehát, hogy a sűrűség állandó, átlag-, vagy folytonosan változó értékével számoljunk, de a fűtéstechika már említett pontossági követelményei miatt a szokás az, hogy tartományonként állandó értéket veszünk figyelembe.

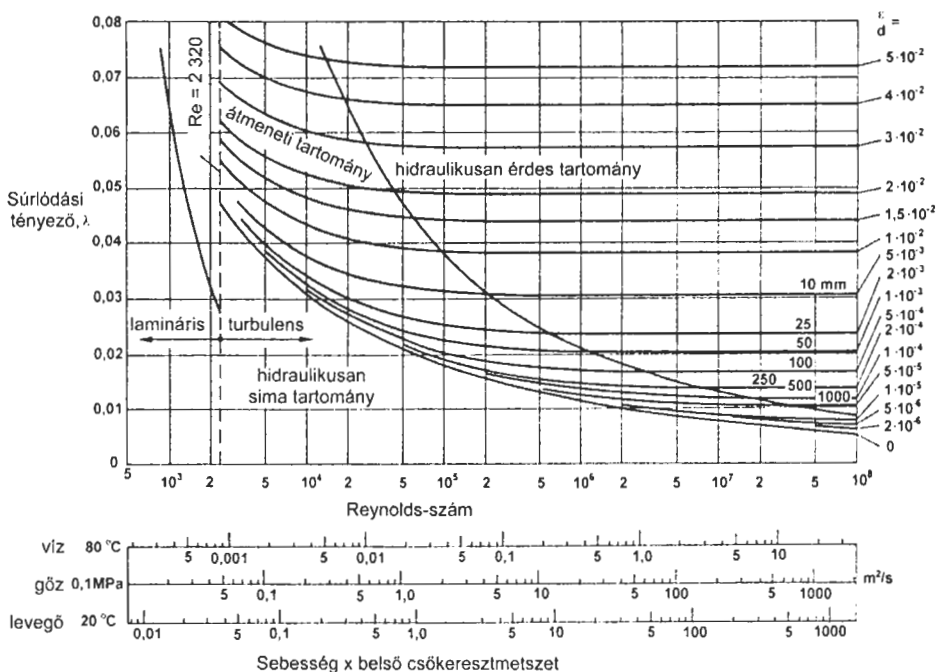
A továbbiakban érdemes elgondolkodnunk azon, hogy a csőátmérő az ötödik hatvány körüli értékkel szerepel az összefüggésben, tehát számszerű értéke igen döntő az eredményben. Ez felveti azt a kérdést, hogy nem kell-e a csőátmérő gyártási tűrését is figyelembe vennünk a méretezésnél. Korábban, amikor a fűtéstechikában a varrat nélküli acélcsövek alkalmazása szinte kizárólagos volt, a szakkönyvek nagy figyelmet szenteltek az acélcsőgyártás tűrés sajátosságainak, és megadták a módszert, ahogyan ezt is követni lehetett. Ma rendkívül sokféle csövet, csőanyagot, csőrendszert alkalmazunk (ld. kötetünk „Csövek és szerelvények” c. fejezete), így általában a gyártók bocsátják rendelkezésre az igen alapos mérések alapján kidolgozott súrlódási táblázatokat, vagy nomogramokat. Ma ez a kérdés tehát úgy egyszerűsödött, hogy az a fontos, hogy az alkalmazott gyártmányhoz tartozó táblázattal, vagy nomogrammal dolgozzunk. Ugyanígy körültekintést javasolunk az átalakításokkal is, igen nagy hibához vezethet, ha a méretezés alapjául szolgáló segédeszköz nem fed pontosan a csőanyag tulajdonságait.

A súrlódási ellenállás logikus módon egyenes arányban áll a csőszakasz hosszával, és mindazon, a súrlódást befolyásoló tényezőkkel, melyeket a  $\lambda$  **súrlódási együttható** foglal össze. A súrlódási tényező értékét az áramlástan kutatói elsősorban mérés, empirikus úton állapították meg [27], [53] de ma már az analitikai összefüggések is rendelkezésre állnak. (Jegyezzük meg az e téren oly nagyot alkotók nevét: *Nikuradze, Prandtl, Kármán, Moody és Colebrook*, s ne feledjük el, hogy *Kármán Tódor* magyar tudós volt!) Mindez már ismerős az „Alapismeretek” kötet „Áramlástan” c. fejezetéből, de a fűtéstechika számára fontos és sajátságosan jelentős részleteket itt összefoglaljuk.

A súrlódási együttható értéke tehát függ az áramlás jellegétől, azaz az  $e$  jelleget reprezentáló  $Re$  számtól. A  $Re$  szám a sebesség, a jellemző geometriai méret, és a viszkozitás függvénye:

$$Re = \frac{wd}{\nu} \quad (31.12.)$$

(ld. „Alapismeretek” kötet „Áramlástechnika” c. fejezet, (3.23.) összefüggés).



31.6. ábra. Súrlódási együttható alakulása

A viszkozitás mint tudjuk, függ a hőmérséklettől, ezen keresztül tehát a súrlódási tényezőt elvileg a hőmérséklet is befolyásolja. (Az áramlás jellege, mint tudjuk: lamináris, átmeneti, vagy turbulens lehet). A súrlódási tényező függ még ezen felül a cső belső felületének  $k/d$  relatív érdességétől. A bonyolult kapcsolatot a 31.6. ábra mutatja. A jellegzetes tartományokat az alábbi összefüggésekkel jellemezzük:

**Lamináris áramlás**, a súrlódási tényező a csőérdességtől függően:

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (31.13/a)$$

(ld. „Alapismeretek” kötet „Áramlástechnika” c. fejezet, (3.30.) összefüggés)

**Turbulens áramlás, hidraulikailag sima cső,** a súrlódási tényező az előbbihez hasonlóan csak a *Reynolds* számtól függ:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \lg(\sqrt{\lambda} Re - 0,8) \quad (31.13/b)$$

Ugyanebben a tartományban a fűtésteknikai gyakorlatban leggyakrabban alkalmazott *Blasius*-féle közelítő formula:

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{Re}} \quad (31.13/c)$$

**Turbulens áramlás, hidraulikailag átmeneti tartomány,** a súrlódási tényező mind a *Reynolds*-szám, mind a csőérdesség függvénye:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \lg \frac{2,51}{\sqrt{\lambda} Re} + \frac{k/d}{3,72} \quad (31.13/d)$$

**Turbulens áramlás, hidraulikailag érdes tartomány,** a súrlódási tényező csak az érdeségtől függ:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 1,74 - 2 \lg\left(\frac{k}{d}\right) \quad (31.13/e)$$

Az érdeség, „*k*” abszolút értéke függ a cső anyagától, gyártási módjától, a használat mértékétől (korrózió, lerakódás, kopás stb.). Nagyságrendjének érzékeltetésére néhány tapasztalati adat: új réz alapanyagú cső: kb. 0,0015 mm; műanyagcső: 0,007 mm; új acélcső: kb. 0,05–0,066 mm; rozsdásodott acélcső: kb. 0,15 mm (lásd még kötetünk „Csövek és szerelvények” c. fejezete).

E megállapítással a fűtésteknika új és igen korszerű fejezetéhez érkeztünk el. Látjuk ugyanis, hogy a berendezések fizikai tulajdonságai az időben nem állandóak, tehát a méretezési állapot korántsem érvényesül a rendszer egész élettartama alatt. Vizsgálatra érdemes tehát például egy átalakításra ítélt rendszer állapotfelmérése a súrlódási tényező szempontjából. Ugyancsak itt említjük meg, hogy ma már *adalékanyagokkal* is csökkentik a súrlódási együtthatót, persze, ez az eljárás inkább a nagy kiterjedésű távhálózatok esetében jöhet szóba. Ez a kis összefoglaló a súrlódási tényezők alakulásáról tehát a fűtésteknika jövőbeni fejlődési irányára is kaput nyit.

### 31.4.4. A fajlagos súrlódási ellenállás fogalma

Ameddig a mai korszerű számítógépek nem álltak rendelkezésre, és nem terjedtek el, addig a (31.11/a) és (31.11/b) összefüggések feldolgozására egyszerűsítő módszereket kellett találni, s ezzel egyidejűleg célszerűnek mutatkozott valamiféle jól kezelhető jellemző bevezetése a fűtési rendszerek nyomásviszonyainak elemzésére.

Így alakult ki az annyira fontos, **1 folyóméterre eső súrlódási veszteség** fogalma. Ezt a jelentős méretezési segédértéket a magyar fűtéstechikai irodalom általánosságban  $S'$ -vel, a német irodalom  $R$ -rel jelöli. Az előbbieket alapján írhatjuk ugyanis:

$$S' = 0,81057 \lambda \frac{\dot{m}^2}{\rho d^5} \quad (31.14/a)$$

és ezzel:

$$E_s = \ell \cdot S' \quad (31.14/b)$$

Az így jellemzett, 1 folyóméterre eső fajlagos súrlódási nyomásvesztést a fűtéstechikai irodalom táblázatokba, vagy nomogrammokba foglalta össze, így könnyítve meg az előzetes és végleges csőméretek megválasztását. Vizsgáljuk meg rendre, milyen állandók és változók vannak e táblázatokban, illetve nomogramokban, s az eddigiek alapján így azt is kiválóan értjük, hogy használatuk során milyen közelítésekkel és pontatlanságokkal élünk.

### 31.4.5. A súrlódási ellenállás megállapításának segéd táblázata, illetve nomogramjai

<ul style="list-style-type: none"> <li>– vízközeg</li> <li>– közepes hőmérséklet</li> <li>– sűrűség</li> <li>– <math>\Delta t = t_e - t_v</math></li> <li>– cső paraméterek</li> </ul>	}	értéke állandó, és rögzítendő a táblázat értékeivel
--	---	---

$t = \text{áll.}$ ( $p = \text{áll.}$ )	$d_1$	$d_2$	$d_3$	stb.
$S'_1$	$\dot{m}_{11}$ ( $\dot{Q}_{11}$ ) $w_{11}$ $p_{d11}$	$\dot{m}_{12}$ ( $\dot{Q}_{12}$ ) $w_{12}$ $p_{d12}$		
$S'_2$	$\dot{m}_{21}$ ( $\dot{Q}_{21}$ ) $w_{21}$ $p_{d21}$	$\dot{m}_{22}$ ( $\dot{Q}_{22}$ ) $w_{22}$ $p_{d22}$		
stb.				

31.7. ábra. A súrlódási ellenállás-táblázat felépítési elve

A táblázatok megjelenési formáját a **31.7. ábra** mutatja. Nyilvánvalóan rögzítenünk kell, hogy milyen közepes hőmérsékletű vízre vonatkozik a táblázat, vagy nomogramm, hiszen a sűrűség és a fajhő hőmérsékletfüggő. Amennyiben nemcsak a térfogat, illetve tömegáramot adjuk meg, hanem a számítási eljárást a hőáram értékének feltüntetésével is megkönnyítjük, úgy nyilván az előremenő-visszatérő hőmérséklet különbségét, azaz a lehűlést is meg kell jelölnünk. A másik adat a csővezeték-rendszer geometriája és minősége. Egy-egy ilyen táblázat, vagy nomogram csak egy és ugyanazon csővezetéki anyagra és gyártmányra vonatkozik. Ez különösen fontos manapság – ahogy ezt most láttuk –, igen sokféle csővezeték (acél, réz, műanyag, és kombinált rendszerek) alkalmazunk a fűtéstechnikában. A táblázat adatai egy-egy fajlagos súrlódási nyomásesés-érték, és egy-egy átmérő érték találkozásánál: a tömegáram, a hőáram, a sebesség és a dinamikus nyomás. Az elvileg bemutatott táblázaton az is nyilvánvalóan látszik, hogy a táblázat az  $S'$  irányában haladva igen kis lépcsőkben változik, míg a csőátmérők irányában lépegetve a gyártott, és forgalomban levő kereskedelmi méretek-től függ az egyes oszlopok közötti lépés nagyságának értéke (**31.2. táblázat**).

Fajlagos súrlódási nyomásesés táblázatos meghatározásának részlete

31.2. táblázat

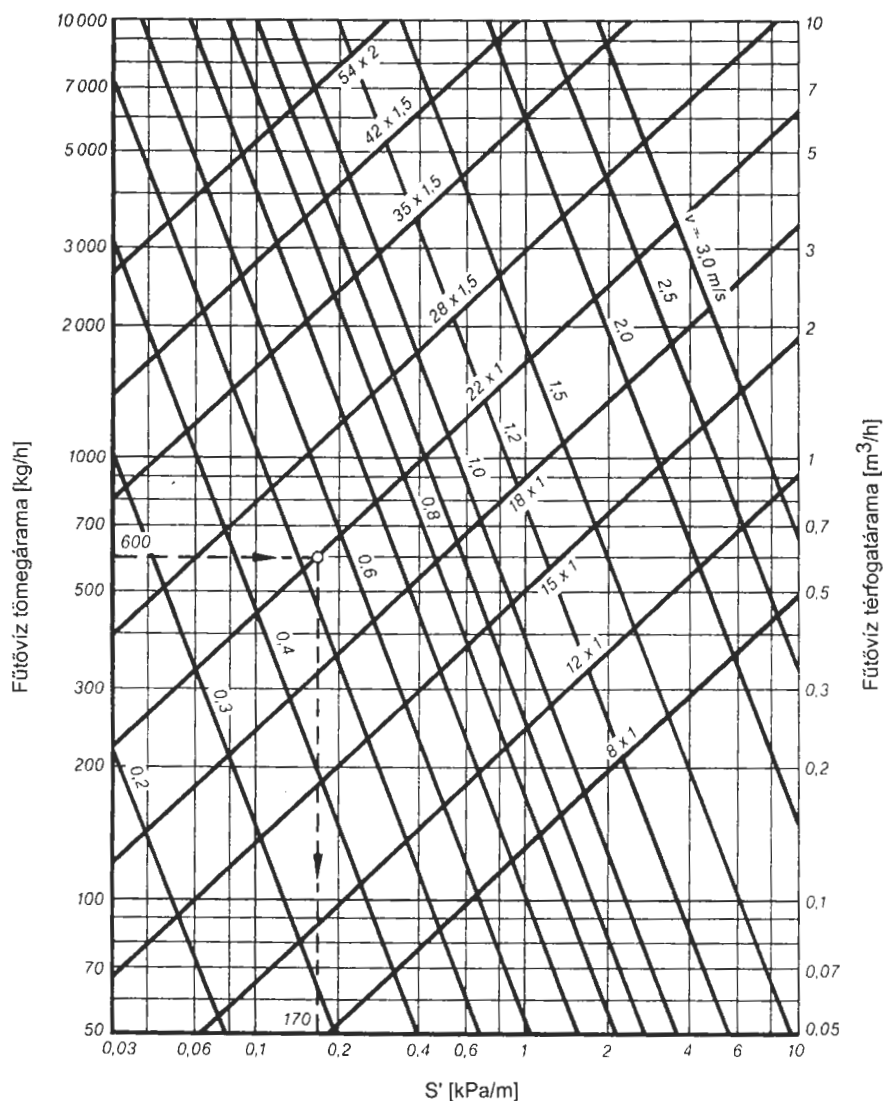
Acélcső:  $t_{\text{közepes}} = 80^\circ\text{C}$ ,  $\Delta t = 20^\circ\text{C}$ , víz közeg,  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ 

Felső számsor: víz tömegárama [kg/sec]

Alsó számsor: víz közeg  $\rho = 1,0 \text{ kg/m}^3$ , víz sebessége [m/sec]

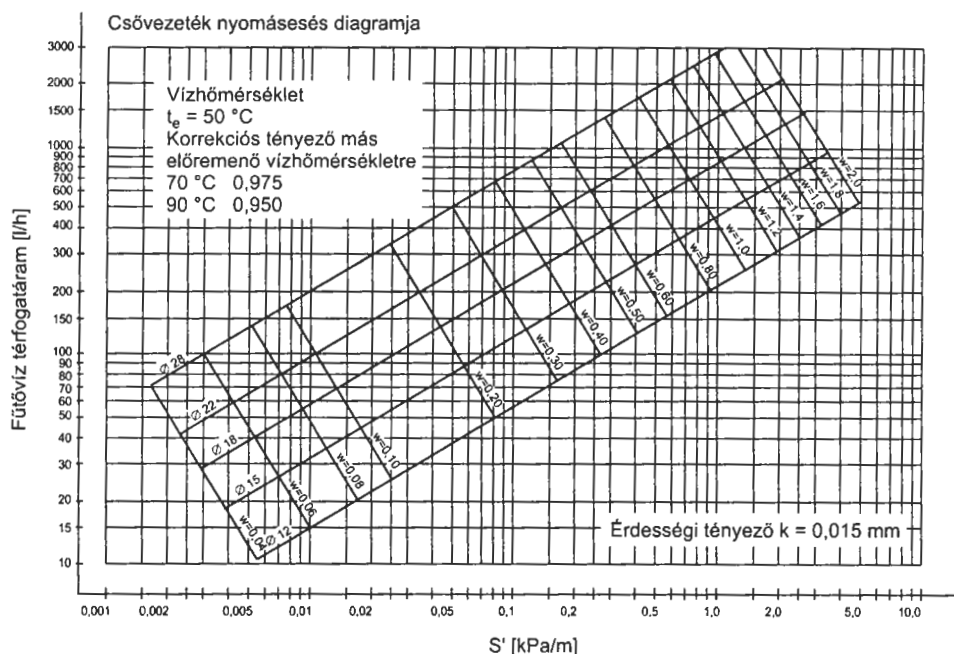
S' Pa/m	Legkisebb türt átmérő [m]						
	0,0114	0,0150	0,0204	0,0260	0,0347	0,0406	0,0497
	Névleges átmérő						
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	50 mm
0,5	0,0006 0,01	0,0017 0,01	0,0059 0,02	0,0153 0,03	0,0260 0,03	0,0395 0,03	0,068 0,04
0,6	0,0007 0,01	0,0020 0,01	0,0071 0,02	0,0131 0,03	0,0285 0,03	0,0440 0,03	0,076 0,04
0,7	0,0008 0,01	0,0024 0,01	0,0083 0,03	0,0143 0,03	0,0315 0,03	0,0480 0,04	0,083 0,04
0,8	0,0009 0,01	0,0027 0,02	0,0095 0,03	0,0155 0,03	0,0335 0,04	0,052 0,04	0,089 0,05
0,9	0,0010 0,01	0,0031 0,02	0,0107 0,03	0,0165 0,03	0,0360 0,04	0,055 0,04	0,095 0,05
1,00	0,0011 0,01	0,0034 0,02	0,0118 0,04	0,0175 0,03	0,0380 0,04	0,058 0,05	0,101 0,05
1,20	0,0014 0,02	0,0041 0,02	0,0102 0,03	0,0194 0,04	0,0425 0,05	0,065 0,05	0,112 0,06
1,40	0,0016 0,02	0,0048 0,03	0,0111 0,03	0,0210 0,04	0,0460 0,05	0,070 0,06	0,112 0,06
1,60	0,0018 0,02	0,0054 0,03	0,0120 0,04	0,0230 0,04	0,0495 0,05	0,076 0,06	0,131 0,07
1,80	0,0020 0,02	0,0061 0,04	0,0128 0,04	0,0245 0,05	0,053 0,06	0,081 0,06	0,140 0,07
2,00	0,0023 0,02	0,0068 0,04	0,0136 0,04	0,0260 0,05	0,056 0,06	0,086 0,07	0,148 0,08
2,5	0,0028 0,03	0,0085 0,05	0,0154 0,05	0,0290 0,06	0,064 0,07	0,097 0,08	0,167 0,09

A fajlagos súrlódási nyomásesést nomogramban feldolgozva mutatja a **31.8/a ábra** rézcsőre, a **31.8/b ábra** pedig műanyag csővezeték-alapanyagra. Ezzel most már a feldolgozás lehetséges módjait is jellemeztük.



31.8/a ábra. Fajlagos súrlódási nyomásesés rézcső esetén  
(érdesség = 0,0015 mm)  $t_{küzepes} = 80^\circ\text{C}$





31.8/b ábra. Fajlagos súrlódási nyomásesés WIRSBO-RAKA cső esetén  
 (érdesség = 0,015 mm)  $t_{közepes} = 50^\circ\text{C}$

Ezek a táblázatok és nomogrammok szolgálnak egyébként arra is, hogy fejezetünk címe szerint előzetesen méretezzük a fűtési rendszer csőhálózatát. Ezt ugyanis igen könnyen megtehetjük most már akkor, ha

- a szokásos értéknek megfelelően megválasztjuk a méterenkénti fajlagos súrlódási nyomásesést. A szokásos szivattyús melegvízfűtéseknel az előzetes átmérő megválasztásakor **100–200 Pa/folyóméter, azaz 100–200 N/m<sup>2</sup>/m**, minden szélső lehetőséget figyelembe véve: 50–400 Pa/m értéket lehet figyelembe venni. A 31.2. táblázatból egyszerűen leolvassuk, hogy ennek a fajlagos súrlódási nyomásesésnek milyen átmérő felel meg az egyes szakaszokon áramló hő- illetve tömegáram esetén.
- Első közelítésként kiindulhatunk a sebesség értékéből is. A fűtőberendezésekben megengedett sebességek felső korlátja ugyanis az eróziós károsodást előidéző 3,5–4,0 m/s sebesség. Ennél azonban lényegesen kisebb értéket enged meg a zajvédelem. Ebből a szempontból a **0,5–1,5 m/s** közötti értéket kell figyelembe venni, s ez is elég ahhoz, hogy a bemutatott táblázatok alapján a tömeg- illetve hőáramok birtokában az előzetes átmérőt megválaszthassuk (31.3. táblázat). Megjegyezzük azonban, hogy elvileg helyesebb az előbbi módszer, azaz a méterenkénti fajlagos nyomásvesztés megválasztása.

## Gazdaságos sebességek

## 31.3. táblázat

Csővezeték faja	Sebesség $w$ [m/s]	Ellenállás $S'$ [Pa/m]
Lakóépületben, fűtőtestekben és felszálló/leszálló vezetékben	0,5...0,7	50...100
Lakóépületben, a pincei/alagsori fő elosztó vezetékben	0,8...1,5	100...200
Lakóépületen kívül, távvezetékben	2,0...3,0	200...400
Ipari épületben, fűtőtestben és felszálló/leszálló vezetékben	1,0...2,0	100...250
Ipari épületen kívül, távvezetékben	2,0...3,0	200...400

- Más esettel állunk szemben, ha az elhasználható összes nyomás előre adott. Ez az eset áll fenn gravitációs fűtéseknel, vagy akkor, ha a szivattyúnyomás valamilyen okból meg van szabva. Ez esetben először ki kell választanunk az úgynevezett **mértékadó áramkört**. A mértékadó áramkör jellemzője, hogy ezen az áramkörön a legnagyobb a nyomásvesztés. Az előzetes méretezésnél általában csak becsülni tudjuk, hogy vajon melyik is lesz ez az áramkör. Kiválasztása után megmérjük a hosszát, legyen ez a hossz: „ $\Sigma \ell$ ”. Ezután kiszámítjuk, hogy az összes elhasználható nyomás mely hányada jut súrlódásra, és ezt az értéket osztva a  $\Sigma \ell$  értékkel, megkapjuk a méterenként elhasználható súrlódási ellenállást, azaz:

$$S' = \frac{(1-a) \cdot \Delta p}{\Sigma \ell} \quad (31.14/c)$$

Honnan tudjuk azonban, hogy mennyi az ütközési nyomásra eső „ $a$ ” arány? Erre a kérdésre a nagymennyiségű tapasztalat ad választ, s eszerint:

- a gravitációs fűtések csővezetékrendszerében  
az ütközési nyomásesés aránya: kb. 33%
- a szivattyús fűtések csővezetékrendszerében  
az ütközési nyomásesés aránya: kb. 50%
- kazánházakban, hőközpontokban, szivattyúházakban, elosztóhelyeken  
az ütközési nyomásesés aránya: kb. 90%

Az „ $a$ ” arány definícióját a (31.16/b) összefüggésben is megtaláljuk.

Térjünk át most már a továbbiakban az ütközési (alaki) ellenállások tárgyalására.

#### 31.4.6. Az alaki ellenállások meghatározása és számítása

Az alaki (más néven: helyi) ellenállás egyenesen arányos a leválások mértékével. A leválás, mint tudjuk, energiavesztéssel jár, ennek mértékét az úgynevezett alaki ellenállástényezővel határozzuk meg. A leválás keletkezésének oka az áramlás irányának megvál-

tozása, azaz az áramlás „rendezettségének” csökkenése, illetve megszűnése. A fűtőberendezések alkotóelemeiben nagyon változatos alaki ellenállások fordulnak elő, ezek jellegzetes megjelenési formáit csak vázlatosan foglaljuk össze [10].

- Irányváltozás, ha a keresztmetszet és a térfogatáram állandó. (Ilyenek a csőívek és csőkönyökök, a készülékek belsejében lévő irányváltozások, stb.) Ez esetben az irányváltozás mértéke, a görbület és a keresztmetszet alakja befolyásolja az ellenállás mértékét.
- Beömlési és kilépési veszteség.
- Keresztmetszet-változás állandó térfogatáram mellett. A keresztmetszet-változás fokozatos vagy hirtelen (*Borda-Carnot* veszteség), egyenes irányú vagy irányváltoztatással egybekötött lehet. Ilyen megoldásokat találunk az egyes készülékekben (kazán, hőcserélő, fűtőtestek, szerelvények), valamint ide soroljuk a diffuzorokat.
- Térfogatáram-szétoztás és egyesítés. Ezt a feladatot az úgynevezett nadrág, a T, és a keresztidomok oldják meg. Ellenállásuk függ az irányváltozás mértékétől, a keresztmetszet alakjától, a térfogatáramok arányától, attól, hogy áramlat-egyesítésről, vagy szétoztásról van-e szó, és természetesen a gyártás módjától és a kivitelezés minőségétől is.
- Szelepek, tolózárak, csappantyúk okozta veszteség.

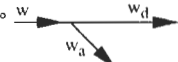
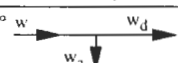
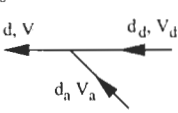
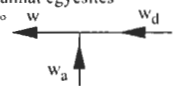
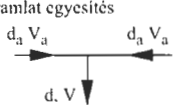
Lényegében az alaki ellenállás-tényező a sűrűlási együtthatóhoz hasonlóan függvény jellegű. A bonyolult mérési sorozat eredményeképpen adódó értékeket azonban általában táblázatosan, a gyakorlat számára könnyen felhasználható módon adják meg (**31.4. táblázat**). Részletesen ld. „Alapismeretek” kötet „Áramlástan” c. fejezet, „Néhány veszteségforrás” cím alatt.

A táblázat azonban ebben a formában csak tájékoztató jellegű, helyesebb, ha a mindenkori tervben figyelembevett, adott gyártmányokra vonatkozó részletes táblázatokból dolgozunk. (Itt jegyezzük meg, hogy a fűtéstechnikai kézikönyvek teljesen egyöntetűen víz- és gőzfűtésekre ugyanezt a táblázatot adják meg).

Az alaki ellenállás jellemezhető a kötetünk „Csővezetékek és szerelvények” c. fejezetében ismertetett „ $k_v$ ” tényezővel is. Különösen előnyös ezen érték például hőleadók jellemzésére, mert ahogy láttuk a „ $k_v$ ” tényező a víz térfogatáramának függvénye.

Alaki ellenállások  $\zeta$  értéke

31.4. táblázat

ív	$r/d$ $\zeta$	1 0,5	2 0,35	3 0,3	4 0,3	5 0	6 0						
Könyök	DN $\zeta$	10 és 15 2,0	20 1,5	25 1,5	32 1,0	40 1,0	50 1,0						
Áramlat szétválás	Elválás $\zeta_a$						Átmenet $\zeta_d$						
45° 	$w_a/w$ $\zeta_a$	0,3 7,0	0,4 4,0	0,6 1,5	0,8 0,8	1,0 0,6	2,0 0,5	$w_d/w$ $\zeta_d$	0,5 0,5	1,0 0			
90° 	$w_a/w$ $\zeta_a$	0,3 12	0,4 7,0	0,6 3,5	0,8 2,5	1,0 2,0	2,0 1,0	$w_d/w$ $\zeta_d$	0,5 0,5	1,0 0			
Áramlat egyesítés	Csatlakozás $\zeta_a$						Átmenet $\zeta_d$						
45° 	$V_a/V$ $d_a/d$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	$V_a/V$ $d_a/d$	0,6	0,8	1,0			
	0,3 0,4 0,5 0,7 1,0	0,3 -1 -3	0,8 0,8 0,3 -0,5	1,0 0,8 0,8 0,5 -1,0	0,8 0,8 0,8 1,0 1,5	1,0 1,5	<1 1	0,3 0,5	0,3 0,3 0	0			
Áramlat egyesítés	Csatlakozás $\zeta_a$						Átmenet $\zeta_d$						
90° 	$w_a/w$ $\zeta_a$	0,2 -1	0,4 0,5	0,6 1	0,8 1	1,0 1,5	$w_d/w$ $\zeta_d$	0 1,5	0,2 1,3	0,4 1,1	0,6 0,8	0,8 0,5	1,0 0
Áramlat szétválás	$w_a/w$ $\zeta_a$	0,4 6,5	0,6 3,0	0,8 1,8	1,0 1,3	1,5 0,8	2,0 0,5						
Áramlat egyesítés	$V_a/V$ $d_a/d$	Áramlat egyesítés $\zeta_a$											
	0,3	0,5				1,0							
0,5 0,7 0,8 1,0	5,0 6,5 9,0 15,0	1,3 2,0 3,0 5,0				1,0 1,3 1,8 3,0							
Alaki ellenállás tényező	NÁ 10-15	NÁ 20-25	NÁ 32-40	NÁ > 40	Alaki ellenállás tényező	átmérő független							
tolózár, szűkülettel	1,0	0,5	0,3	0,3	csap, átmenő	0,2							
tolózár, szűkület nélkül	0,4	0,3	0,2	0,2	csap, sarok	2,0							
átmenő szelep	10,0	7,0	5,0	4,0	étázs idom	0,5							
ferdeszelep	3,5	3,0	2,5	2,0	redőzötti lra	1,5							
sarokszelep	4,0	2,0	2,0	1,5	kazán, min.	2,0							
fűtőtestszelep, átmenő	8,5	6,0	5,0	4,0	kazán, max.	3,0							
fűtőtestszelep, sarok	4,0	2,0	2,0	-	fűtőtest	2,5							
visszacsapó-szelep	5,0	4,0	4,0	3,5	osztó kilépés	0,5							
csappantyú	2,0	1,5	1,2	1,0	gyűjtő, belépés	1,0							

Az alaki ellenállást helyettesíthetjük az úgynevezett egyenértékű csőhosszal is. Az egyenértékű csőhossz kifejezése:

$$\ell_{egy} = \zeta \frac{d}{\lambda} \quad (31.15/a)$$

azaz a teljes alaki ellenállás értékét egy olyan hosszú (egyenértékű) csővezeték szakasszal helyettesítjük, amelyen a súrlódási ellenállás éppen azonos az ütközési veszteséggel. Az egyenértékű csőhossz a *Reynolds*-szám függés miatt azonban függ a sebességtől, ezért számítását a **31.5. táblázat** szerint kell megoldani. A táblázat ismét csak példa. Rézcsőre vonatkozik, és természetesen különféle csőanyagokra más és más értéket kapunk.

A súrlódási és alaki ellenállás ismeretében elemezhetjük most már a közeg hőmérsékletének az ellenállásra gyakorolt hatását.

Egyenértékű csőhossz „ $\ell_{\text{egy}}$ ” rézcsőre. Vízhőmérséklet:  $80^\circ\text{C}$  és  $\xi = 1$

**31.5. táblázat**

Mértékegysége: m

w [m/s]	Csőátmérők									
	8x1	10x1	12x1	15x1	18x1	22x1	28x1,5	35x1,5	42x1,5	54x2
0,1	0,11	0,16	0,22	0,31	0,42	0,55	0,74	1,01	1,31	1,81
0,2	0,14	0,20	0,28	0,39	0,51	0,68	0,91	1,23	1,60	2,14
0,3	0,16	0,23	0,31	0,44	0,57	0,75	1,01	1,36	1,74	2,35
0,4	0,17	0,25	0,34	0,48	0,61	0,81	1,08	1,45	1,85	2,50
0,5	0,19	0,27	0,36	0,50	0,65	0,86	1,13	1,52	1,94	2,62
0,6	0,20	0,28	0,38	0,52	0,67	0,90	1,17	1,58	2,02	2,72
0,7	0,21	0,29	0,39	0,54	0,70	0,93	1,20	1,63	2,09	2,81
0,8	0,21	0,30	0,40	0,56	0,72	0,96	1,23	1,67	2,15	2,89
0,9	0,22	0,31	0,41	0,57	0,73	0,98	1,26	1,71	2,20	2,96
1,0	0,22	0,32	0,42	0,59	0,75	1,00	1,29	1,74	2,24	3,02
1,5	0,25	0,35	0,45	0,63	0,80	1,01	1,40	1,86	2,41	3,23
2,0	0,26	0,36	0,48	0,66	0,85	1,12	1,46	1,96	2,55	3,38
2,5	0,27	0,38	0,50	0,69	0,89	1,17	1,52	2,05	2,67	3,50
3,0	0,28	0,39	0,51	0,71	0,92	1,20	1,56	2,12	2,78	3,60

### 31.4.7. A szabályozás során előálló hőmérsékletváltozás hatása

Az eddigiek során megállapodtunk abban, hogy a méretezést az előremenő és a visszatérő víz közepes hőmérsékletének figyelembevételével végezzük el. A víz hőmérséklete azonban nemcsak a fűtési rendszerben elfoglalt helye szerint, hanem az időjárásfüggő szabályozás miatt időben is változik. Vizsgáljuk meg azt is, milyen hatása van az ellenállásra, illetve az ellenállás változására a szabályozás során fellépő vízhőmérséklet-változásnak.

Felírva az ellenállást a mindenkor, szabályozott vízhőmérséklet mellett ( $E$ ), és vonatkoztatva ezt az értéket a méretezési hőmérsékletre tartozó vízhőmérsékletre ( $E_m$ ), kapjuk hogy:

$$Pr = \frac{E}{E_m} = \frac{\left( \lambda \frac{\ell}{d} + \sum \xi \right) \frac{\rho}{2} w^2}{\left( \lambda_m \frac{\ell}{d} + \sum \xi \right) \frac{\rho_m}{2} w^2} \quad (31.16/a)$$

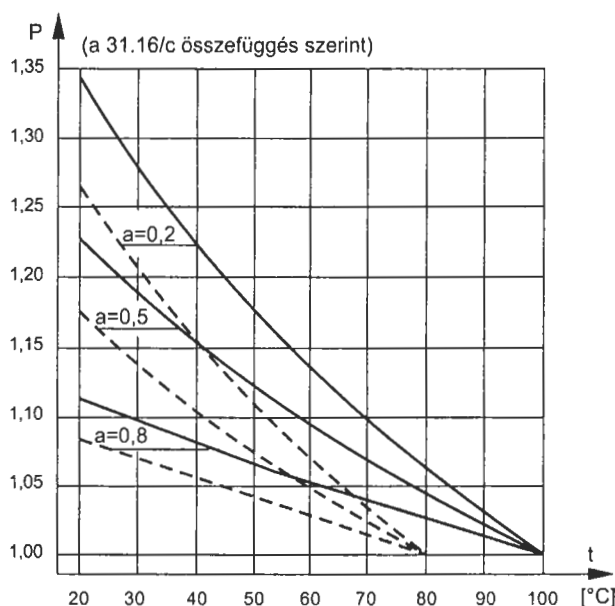
a súrlódási és alak ellenállások aránya:

$$a = \frac{E_z}{E_s + E_z} \quad (31.16/b)$$

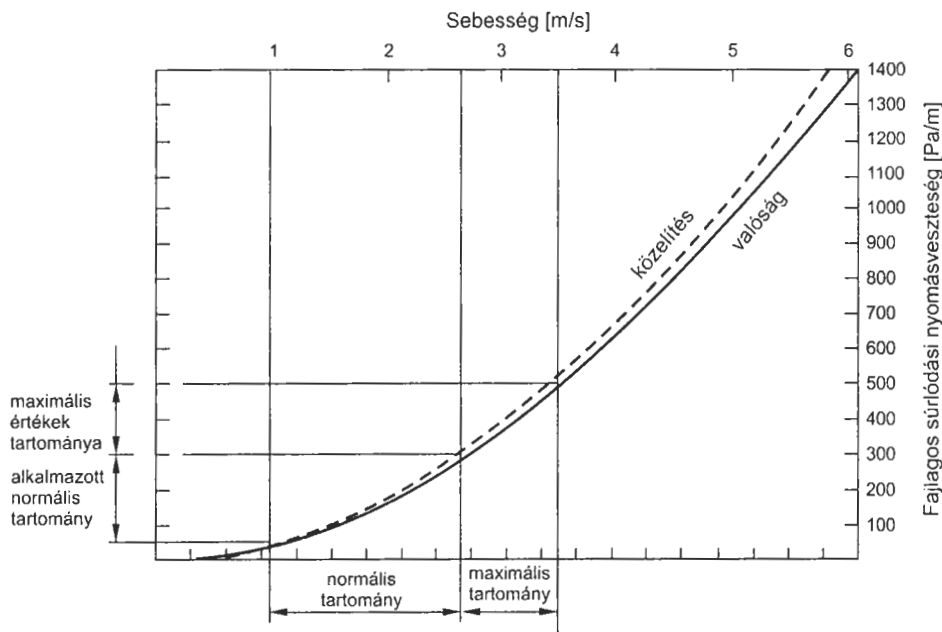
Ahogy látjuk, az összefüggésben a jelölési rendszerrel úgy közelítettük a valóságot, hogy a geometriai méreteket és a térfogatáramot, s ezzel a sebességet hőfok-függetlennek tekintettük, de a súrlódási- és alak ellenállástényező (a *Reynolds*-számon keresztül) hőfokfüggő. Az eddig ismert összefüggések behelyettesítésével megkaphatjuk az ábrázolásra alkalmas összefüggést:

$$P = \frac{\rho}{\rho_m} \frac{\left(\frac{\nu}{\nu_m}\right)^{0,25} \frac{l-a}{a} + l}{\frac{l-a}{a} + a} \quad (31.16/c)$$

ahol  $\nu$  a hőmérsékletfüggő kinematikai viszkozitás értéke. Az összefüggés ábrázolását a **31.9. ábrán** láthatjuk. Az ábráról leolvasható, hogy a fűtések szokásos hőmérséklet tartományában a változás nem jelentős, nem szükséges a fűtések méretezését a különféle, szabályozás során előálló vízhőmérsékletekre is elvégezni.



31.9. ábra. Az áramlási ellenállás jellemzése a fűtővíz hőmérsékletének függvényében [51]



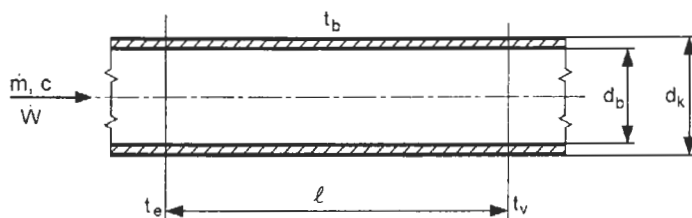
31.10. ábra. A sebesség változásának hatása a nyomásesésre ( $d = \text{konst.}$ ,  $t = \text{konst.}$ )

A 31.10. ábrán az eddigiek alapján azt foglaltuk össze, hogy a fűtésteknikai gyakorlatban alkalmazott csőátmérő- és sebességtartományban egy-egy méretezési hőmérséklet mellett a nyomásesést arányosnak tekinthetjük a sebesség négyzetével.

Az eddigiekben a nyomások alakulását vizsgáltuk a csővezeték mentén, a továbbiakban nézzük meg azt, hogyan változik a lehűléssel a hőmérséklet. Ezzel aztán minden eszköz a kezünkben lesz ahhoz, hogy a fűtési rendszert méretezhessük.

### 31.5. A csővezeték rendszer lehűlésének számítási elve és gyakorlata

A csővezetékben áramló víz hőhordozó közeg hőmérséklete nagyobb, mint a környezeté, s így a hővesztés miatt hőtartalma, és ezzel hőmérséklete az áramlás során csökken. A fűtésteknikai tervezés hamar felismerte, hogy ezt a lehűlést milyen pontossággal érdemes a gyakorlat számára elfogadhatóan és megbízhatóan közelíteni. A csővezetékek lehűlésének pontos számítását az „Alapismeretek” kötet „Hőközlés” c. fejezetében találjuk (1.60–61. összefüggések), valamint a bővebb ismeretek kedvéért lapozunk vissza kötetünk „Csövek hőszigetelése” c. fejezetéhez is.



31.11. ábra. Csőben áramló folyadék hőegyensúlya

Ezek az egyszerűsítő számítási eljárások bizonyos helyzetű, „ $d_k$ ” és „ $d_b$ ” átmérőjű, „ $\ell$ ” hosszúságú csőszakaszban áramló, „ $c$ ” fajhőjű, „ $\dot{m}$ ” tömegáramú és „ $t_e$ ” kezdeti hőmérsékletű közeg hőegyensúlyából indulnak ki, ahogy ezt a **31.11. ábra** szemlélteti. A környezet „ $t_b$ ” hőmérsékletű, a csővezeték hőszigetelése „ $\eta_{sz}$ ” hatásfokú. A hőegyensúlyt a következő egyenlet írja le

$$\dot{Q}_{cső} = \dot{m}c(t_e - t_v) = \ell k_{cső} \left( \frac{t_e + t_v}{2} - t_b \right) (1 - \eta_{sz}) \quad (31.17/a)$$

Az  $\eta_{sz}$  fogalmát a „Csővezetékek hőszigetelése” c. fejezetben írtuk le részletesen.

Mivel a lehűlés felírható a  $t_e - t_v = \Delta t$  különbség formájában is, a (31.17/a) összefüggés így is megfogalmazható:

$$\dot{Q}_{cső} = \dot{m}c\Delta t = \ell k_{cső} \left( t_e - \frac{\Delta t}{2} - t_b \right) (1 - \eta_{sz}) \quad (31.17/b)$$

Első lépésben feltételezzük, hogy az 1 méter hosszú csőszakasz  $\Delta t_l = t_{e,l} - t_{v,l}$  értéket hűl. Ezek után feltételezzük, hogy ez a  $\Delta t_l$  érték éppen egyenlő 1 °C értékkel, azaz

$$\Delta t_l = 1 \text{ °C}$$

Ehhez a lehűléshez  $\dot{W}_l$  vízhőértékáramot feltételezve, több elhanyagolással, a megfelelően átalakított egyenletek hányadosaként kaphatjuk, hogy

$$\Delta t = \frac{\dot{W}_l}{\dot{W}} = \frac{\dot{m}_l c}{\dot{m} c} = \frac{\dot{m}_l}{\dot{m}} \quad (31.18.)$$

Ennek értékét számítás vagy mérés alapján táblázatban foglalták össze. Ilyenre mutat példát a **31.6. táblázat**. A hasonló táblázatok kézikönyvekben megtalálhatók.



1 m hosszú csővön 1 °C lehűléshez tartozó víztömegáram,  $\dot{m}_l$  (kg/°C, s, m)

31.6. táblázat

 $\Delta t' = [(t_c + t_v)/2] - t_b$ ; (°C)

$\Delta t'$	A cső névleges átmérője					
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"
30	4,7	5,6	6,9	8,3	10,3	11,7
35	5,6	6,9	8,3	10,3	12,5	13,9
40	6,7	8,1	10,0	12,2	14,7	16,7
45	7,8	9,4	11,4	13,9	17,2	19,2
50	8,9	10,8	13,1	16,1	19,7	21,9
55	10,0	12,2	14,7	18,1	22,2	24,7
60	11,1	13,6	16,7	20,3	24,7	27,8

$\Delta t'$	A cső névleges átmérője								
	50 mm	65 mm	80 mm	100 mm	125 mm	150 mm	200 mm	250 mm	300 mm
30	13,3	16,9	19,7	23,1	28,1	32,8	43,1	51,7	61,9
35	16,1	20,6	23,6	27,8	33,6	39,4	51,9	63,9	74,2
40	18,9	24,7	28,1	33,1	40,3	47,2	62,5	76,1	88,3
45	22,2	28,3	32,8	38,1	46,4	54,4	72,0	87,5	102,2
50	25,3	32,5	37,5	43,9	53,3	62,5	82,8	100,8	117,5
55	28,6	36,7	42,2	49,4	60,0	70,3	93,3	113,9	132,8
60	32,2	41,4	47,5	55,6	67,2	79,2	107,2	127,2	150,0

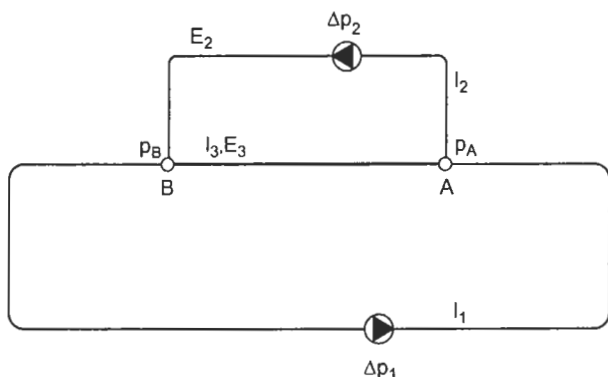
Ma a számítógépek világában ilyen táblázat híján úgy is dolgozhatunk, hogy meghatározzuk a hőátbocsátási tényezőt, és pontosan számítjuk a lehűlést, illetve a  $t_v$  értékét, melynek birtokában  $\dot{Q}_{cső}$ , a vezeték vesztesége már egyszerűen számítható.

A csővezeték hőleadását mérési eredmények alapján is feldolgozták, e mérések a következő függvények alakjában adják meg a veszteséget:

$$\dot{q}_{cső} = KONST \cdot \Delta t_k^{1+M} = f(d_k, d_b, \dot{m}, M, \eta_{sz}, \text{ a cső geometriai helyzete}).$$

### 31.6. A végleges csőátmérők megállapítása

Amikor az előzetes átmérőket valamelyik ismertett módszerrel megállapítottuk, kiszámíthatjuk az ellenállást. E számításhoz értelemszerűen a 31.7., vagy a 31.8. ábrát alkalmazzuk. (Illetve aktuálisan tervezett csővezetékre vonatkozó, ezekkel azonos felépítésű táblázatot, vagy nomogramot használunk.) A kiszámított ellenállás birtokában most már véglegesen is eldönthetjük, hogy melyik is a *mértékadó áramkör*. Sok szakkönyv ezt a fogalmat *gerincáramkörnek* nevezi. (Emlékezzünk a mértékadó- vagy gerincáramkör meghatározására: ez a legnagyobb ellenállású áramkör!) Egyébként a számítógépes méretezési programok is ezt a gondolatmenetet követik.



31.12. ábra. Párhuzamosan kapcsolt áramkörök

A fűtési rendszer többi áramköre a kitüntetett, mértékadó áramkörrel párhuzamos áramkör. Az egymással párhuzamosan kapcsolt áramkörökre az jellemző, hogy terhelésük egymástól eltérő, de a csatlakozási pontok között elhasználható nyomáskülönbség azonos. Ennek szemléltetésére rajzoltuk meg a 31.12. ábrát. Az ábra jelöléseivel teljesülnie kell a

$$\Delta p_2 - E_2 = -E_3 = p_A - p_B = \Delta p_{A-B} \quad (31.19.)$$

összefüggésnek [51].

A mértékadó áramkörben nyilvánvalóan minden szelepet nyitott állásra méretezünk. A többi, párhuzamos áramkörben azonban esetleg fojtást kell alkalmaznunk. Ezért a hidraulikai egyensúly biztosítása érdekében minden egyes áramkörre meg kell adni a szükséges fojtást, és az ehhez tartozó szeleppállást. A szelepek jellemzőiről, a szelepekkel végrehajtható fojtásról részletesen olvashatunk kötetünk „Csövek és szerelvények” c. fejezetében.

Ezen értékek feltüntetését a fűtés beszabályozási tervének nevezzük.

A fűtési csőhálózatok méretezését célszerűen táblázatosan végezzük. Ilyen táblázat fejlécét mutatja példaképpen a 31.13. ábra.

Szakasz- szám	$\dot{Q}$ W (J/s)	$\dot{m}$ kg/s	$\ell$ m	Méretezés							
				$d$ mm	$S'$ Pa/m	$E_s$ Pa	$w$ m/s	$\Sigma \zeta$	$E_z$ Pa	$E = E_s + E_z$	$E$ Pa
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

31.13. ábra. Csővezeték méretezési táblázat célszerű fejléce

Megjegyzés: a 12. sorszámu, „E” jelű oszlopot a gyakorlatban a szakaszok ellenállásának összegezésére használják, tehát csak a csőszakaszok összegezésének sora van kitöltve.

Foglaljuk össze most már a hálózat-mértekezés gyakorlati lépéseit:

- A hálózat kialakítása, alaprajzok, függőleges csőterv elkészítése;
- A hálózat szakaszokra bontása. Ennek elve: egy-egy szakaszon belül sem a víz térfogat-áram, sem pedig az átmérő nem változhat;
- Fogyasztói hőáramok alapján a szakaszokon áramló víz térfogatáram meghatározása;
- A víz térfogatáramok, és az  $S' = 100\text{--}200$  Pa/méter feltételek alapján az előzetes csőát-mérő meghatározása;
- Valamennyi szakasz ellenállásának számítása azzal a feltétellel, hogy a szabályozásra alkalmas szerelvények nyitott állapotban vannak;
- Ezután össze kell adni egy-egy áramkörhöz tartozó szakaszok ellenállását. Meg kell ke-resni a legnagyobb ellenállású áramkört, ez a mértékadó- vagy gerinc áramkör;
- Meg kell határozni, hogy egy-egy mellékáramkör ellenállásának legyőzésére mennyi nyo-más áll rendelkezésre, mennyi a mellékáramkörök nyomásvesztése, mekkora fojtásra van szükség, és ehhez milyen szelepállás tartozik;
- Ezután át kell gondolnunk az eredményeket. Például a következőket javasoljuk meg-fontolásra: nem túl nagy, vagy túl kicsi-e a mértékadó áramkör ellenállása; nem lehet-e az átmérőket egyes helyeken csökkenteni, lehetséges lesz-e a következőkben leírandó termo-sztatikus szelepek alkalmazása;
- Ha változtatásra van szükség, akkor újra kell előzetes csőátmérőt választani, és a további lépéseket újra meg újra végre kell hajtani.
- Az átmérők ismeretében lehet a lehűlés számítását elvégezni. A cső lehűlés értéke módo-síthatja a fűtőtestek méreteit!

### 31.7. Szilárdságtani mértekezés

A fűtési rendszerek szilárdságtani mértekezése lényegében a hőtágulásból eredő feszült-ségek felvételének és a megfogások távolságának meghatározásából áll. E számításokat köte-tünk „Csövek és szerelvények” c. fejezetében találjuk.

### 31.8. Akusztikai mértekezés

Fűtési rendszereinknél ezen eljárást általában a sebesség-határ betartására korlátozzuk, (lásd még a „Fűtési rendszerek szabályozása” c. fejezetet is.

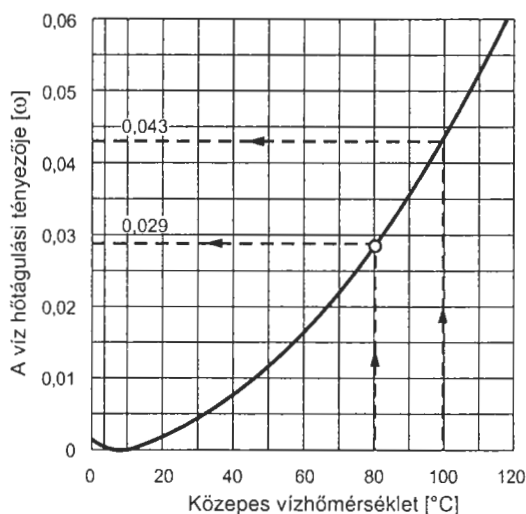
### Irodalom

A 23–35. fejezet irodalomjegyzékét lásd egyesítve a 35. fejezet után!

## 32. Melegvízfűtések kiegészítő elemeinek méretezése

Nézzük most már rendre a központi fűtések fontos kiegészítő elemeinek méretezését. Ahogy ezt a gravitációs és szivattyús fűtéseknel egyaránt láttuk, a legfontosabb kiegészítő elem a tágulási tartály.

### 32.1. A tágulási tartály, és csatlakozó vezetékeinek mérete



32.1. ábra. A víz hőtágulása a hőmérséklet függvényében

A melegvízfűtési rendszer tágulását és biztosítását nyitott, vagy zárt tágulási tartállyal oldjuk meg. Mindkettő méretezésének alapja a rendszer térfogata és a fajlagos tágulási együttható. A víz tágulását a hőmérséklet függvényében a 32.1. ábra mutatja.

#### 32.1.1. Nyitott tágulási tartály

A nyitott tágulási tartályok alkalmazásának korszakában a fűtésteknika a kisebb és szokványosabb rendszereknél itt is hosszú ideig közrelítéssel élt, és gyakran helyettesítették a 0 °C és 100 °C hőmérséklet között

érvényes kb. 4,3% térfogatnövekedést a biztonság kedvéért 7–8% térfogatnövekedéssel. Innen adódik az oly sok régebbi szakmunkában található

$$V_t = 0,07 \sum V_r \quad (32.1/a)$$

összefüggés, ahol

$V_r$  a rendszer térfogata literben mérve,

$V_t$  a tágulás következtében beálló térfogat növekedés literben mérve.

A rendszer  $V_r$  térfogatát is sokáig számították tapasztalati alapon, a rendszer teljesítményének függvényében. Így

$$\text{gravitációs rendszerekre a } V_r = 26 \dot{Q}$$

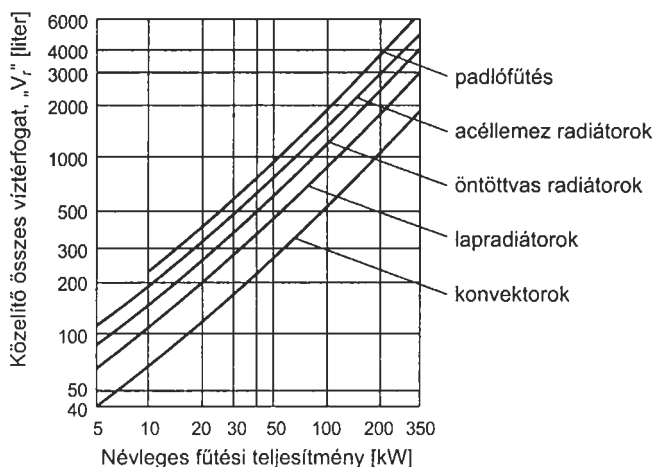
$$\text{szivattyús rendszerekre a } V_r = 15 \dot{Q}$$

közelítő összefüggést ajánlották, azaz minden kW teljesítmény 15, illetve 26 liter rendszer-térfogatot jelentett.

Pontosabb eljárás a tartály térfogat becslésére az alábbi gyakorlati, tapasztalati értékek felhasználása, (az értékek hagyományos kazánok térfogat értékeivel érvényesek):

- radiátoros rendszernél  $V_t = 1,0 \sim 1,3$  liter/kW fűtőteljesítmény
- konvektoros rendszernél  $V_t = 0,5 \sim 0,8$  liter/kW fűtőteljesítmény
- padlófűtési rendszernél  $V_t = 1,5 \sim 2,5$  liter/kW fűtőteljesítmény

Jobb közelítést nyújt a **32.2. ábra**, ahol már finomított eljárást látunk, különféle hőleadók esetében kapjuk meg a rendszer térfogatát.



32.2. ábra. Fűtési rendszer közelítő fajlagos víztérfogata [54]

Természetesen a pontos eljárás a rendszer valódi térfogatának kiszámítása. Az elemek térfogatának meghatározását segíti elő a **32.1. táblázat**, hiszen a rendszer térfogata a hőtermelő (kazán), a fűtőtestek és a csővezetékek (szerelvények) térfogatából áll. Ezeket a pontos értékeket ma már a gyártmányismertetők, katalógusok tartalmazzák. A rendszer térfogatának és a víz hőtágulási együtthatójának ismeretében a tartály térfogata pontosan számítható. A szivárgási veszteség miatt a biztonság érdekében azonban ma is alkalmazzuk a (32.1/a) összefüggésben már említett kissé finomított

$$V_t = (0,06 \sim 0,08) V_r \quad (32.1/b)$$

összefüggést [54].

## Fűtési rendszer további elemeinek térfogata

## 32.1. táblázat

## A csővezetékek térfogata

	Menetes csövek						
NA [coll]	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
NA [mm]	10	15	20	25	32	40	50
$d_k$ [mm]	17,2	21,3	26,9	33,7	42,4	48,3	60,3
térfogat [l/m]	0,123	0,201	0,366	0,581	1,01	1,37	2,16

	Varrat nélküli acélcövek								
NA [mm]	40	50	60	65	80	90	100	110	125
$d_k$ [mm]	44,5	57	70	76	89	102	108	121	133
térfogat [l/m]	1,23	2,08	3,22	3,85	5,35	7,09	7,93	10,0	12,3

	Rézcsövek								
NA [mm]	8/0,8	10/0,8	12/1	15/1	18/1	22/1,2	28/1,2	35/1,5	42/1,5
térfogat [l/m]	0,03	0,06	0,08	0,13	0,20	0,30	0,52	0,80	1,20

## A további elemek térfogata

Öntöttvas radiátor 900 mm	3,5	l/m <sup>2</sup>
Öntöttvas radiátor 200...500 mm	4...5	l/m <sup>2</sup>
Acéllemez radiátor 900 mm	5,0	l/m <sup>2</sup>
Acéllemez radiátor 200...500 mm	6,0	l/m <sup>2</sup>
Lapradiátor	1...5	l/m <sup>2</sup>
Konvektor	0,2...0,4	l/m <sup>2</sup>
Öntöttvas kazán HMV termelés nélkül	0,5...1,0	l/kW
Öntöttvas kazán HMV termeléssel	1,0...2,0	l/kW
Acéllemez kazán	2,0...4,0	l/kW

A biztonsági vezetékek méretét a következő összefüggéssel számíthatjuk:

Biztonsági előremenő vagy biztonsági vezeték:

$$d_{BE} \cong 15 + 1,39 \sqrt{\dot{Q}} \quad [\text{mm}] \quad (32.2/a)$$

Biztonsági visszatérő vagy tágulási vezeték:

$$d_{BV} \cong 15 + 0,93 \sqrt{\dot{Q}} \quad [\text{mm}] \quad (32.2/b)$$

ahol, mint eddig is,  $\dot{Q}$  a kazán névleges teljesítménye kW-ban. A túlfolyó vezeték mérete megegyezik a biztonsági vezeték méretével. A légtelenítő, jelzővezeték és ellenőrző vezeték mérete: DN 15.

### 32.1.2. Zárt tágulási tartály

Ahogy ezt kötetünk „Szivattyús melegvízfűtések” c. fejezetében láttuk, a korszerű megoldás a zárt fűtési rendszerek alkalmazása, melyben a térfogatváltozás felvételét, a rendszer biztosítását zárt tágulási tartály látja el, a hozzátartozó tágulási vezetékekkel és biztonsági szeleppel.

Ahogy ezt már említettük, a gyárilag biztosított előnyomás legfeljebb 2,5 bar, a maximális megengedett üzemi túlnyomás 3,5 bar lehet.

Központi fűtési rendszereinkben leginkább a változó nyomású, membrános, zárt tágulási tartályt alkalmazzuk (25.16. ábra és **32.3. ábra**).

A tartály maximális megengedett üzemi nyomását, amely egyben a biztonsági szelep lefúvatási nyomása is, úgy kell megválasztani, hogy a rendszer egyetlen eleme se szenvedjen károsodást. Ez azt jelenti, hogy ennek az értéknek 0,5 bar értékkel kisebbnek kell lennie mint a rendszerben megengedett maximális üzemi nyomás. A rendszerben megengedett maximális nyomást a rendszer leggyengébb pontja határozza meg, ez az esetek többségében maga a tágulási tartály, melynek a legnagyobb megengedett üzemi túlnyomása: 3,5 bar. Az előnyomás a tartály elhelyezési pontján mérhető statikus nyomástól és a fűtőközeg maximális hőfokától függ. Az előnyomást az így meghatározott értéknél 0,2–0,3 bar értékkel nagyobbra kell választani a kedvező légtelenítés biztosítása érdekében. Ennek megfelelően:

$$p_e = p_{st} + p_{tel} + 0,2 \dots 0,3 \quad [\text{bar}] \quad (32.3.)$$

100 °C-os a közeg	$p_{tel} = 0 \text{ bar}$
100–110 °C-os a közeg	$p_{tel} = 0,5 \text{ bar}$
110–120 °C-os a közeg	$p_{tel} = 1,0 \text{ bar}$

A zárt tágulási tartály méretezésekor a nyomáshatárok megválasztását követi a tartály térfogatának meghatározása, amely a berendezés üzemén kívüli és üzemi állapotára felírt Boyle-Mariotte törvény szerint a következő összefüggésekből adódik, felhasználva a 32.3 ábra jelöléseit:

$$V_{t,névl} p_e = (V_{t,névl} - V_{tág}) \cdot p_{max}$$

Az egyenletet  $V_{t,névl}$ -re rendezve kapjuk a tartály szükséges, névleges térfogatát:

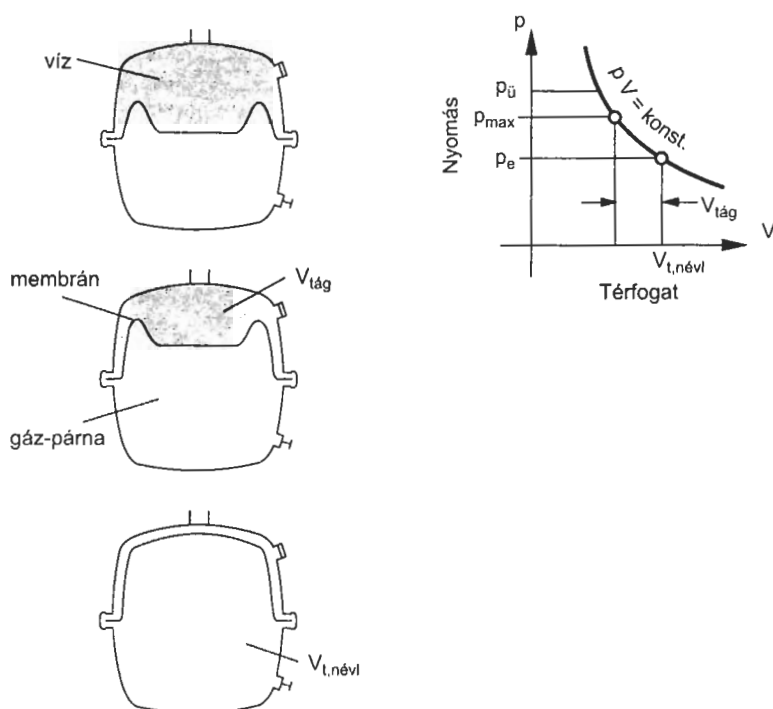
$$V_{t,névl} = V_{tág} \frac{1}{1 - \frac{p_e}{p_{max}}} \quad (32.4/a)$$

ahol

$V_{tág}$  a tágult víz térfogata literben mérve,

$p_e$  a töltő- vagy előnyomás, abszolút nyomás [bar],

$p_{max}$  a tartály végnomása, abszolút nyomás [bar].



32.3. ábra. Membrános tágulási tartály méretezése

A rendszer biztonságos működése érdekében a rendszer feltöltésekor bizonyos mennyiségű víztartalékot ( $V_v$ ) célszerű a rendszerbe juttatni. Ez a közeget többlet a minden rendszerben előforduló vízvesztések, szivárgások (tömítetlenségek a szelepeknél, a szivattyúnál) pótlására szolgál. Ezt a víztartalékot úgy tudjuk biztosítani ha a rendszer feltöltésénél a (hidegen induló) kezdeti víznyomás értékét a tartály kezdeti gázoldali nyomásának 1,1–1,2-szeresére állítjuk be.

A különféle, tapasztalati alapon kialakult értékek szerint e tartalék a rendszer összes térfogatának 0,5...1%-a, ez biztosítja azt, hogy a vízutánpótlások számát és mértékét a minimumra szorítsuk.

Így a tartály által tárolandó minimális térfogat a tágulásból adódó ( $V_{t,ág}$ ) többlettérfogat és tartalék ( $V_v$ ) összegéből adódik. A tartály névleges térfogata így a következő összefüggéssel számítható:

$$V_{t,névl} = (V_{t,ág} + V_v) \frac{1}{1 - \frac{p_e}{p_{max}}} \quad (32.4)$$

ahol

$$V_{t,ág} = \frac{\varepsilon V_r}{100} \quad (32.4/b)$$



$$\text{és} \quad V_v = \frac{V_r(0,5 \dots 1,0)}{100} \quad (32.4/c)$$

Könnyítés kedvéért megismételjük, hogy  
 $V_r$  a rendszer térfogata,  
 $\varepsilon$  hőtágulási együttható.

Tapasztalati adatok szerint a minimális tartaléktérfogat a 3 ~ 15 literes tartályméretig a tartály térfogatának 20%-a.

A kötetünk „Szivattyús melegvízfűtések” c. fejezetében a 25.17/c ábrán megismert állandó nyomású, membrános, zárt tágulási tartályokat 300–350 kW fölötti hőteljesítményű, maximum 120 °C-os előremenő víz hőmérsékletű fűtési rendszerekben alkalmazzák. E tágulási tartály szükséges méretét a következő összefüggéssel határozhatjuk meg:

$$V_{t, névl} = 1,3 V_{tág} \quad (32.5.)$$

ahol az 1,3 érték biztonsági tényező és az eddigiekkel azonosan:

$$V_{tág} = \frac{\varepsilon V_r}{100} \quad (32.4/b)$$

A tartály üzemi nyomása:

$$p_{\bar{u}} = p_{st} + p_{tel} + p_b \quad (32.6.)$$

ahol

- $p_b$  a tartállyal létrehozott biztonsági nyomás, értéke minden esetben 0,7 bar,
- $p_{st}$  a rendszer statikus nyomása a tágulási edények szintjén,
- $p_{tel}$  a 100 °C-nál nagyobb hőmérsékletű közeg esetén a hőmérséklethez tartozó telítési nyomás.

Ezt követően az üzemi tartály nyomás valamint a kazán teljesítménye ismeretében ellenőrizni kell, hogy a tartályhoz tartozó kompresszor teljesítménye elegendő-e.

### 32.1.3. Biztonsági szelep

A tágulási tartályok méretezéséhez szorosan kapcsolódik a biztonsági szelep és lefűvató vezeték méreteinek meghatározása. A membrános biztonsági szelepek kiválasztását megkönnyítő műszaki adatokat a **32.2. táblázat** mutatja, egyébként e szelepek kiválasztásához a gyártmányismertető minden esetben megfelelő tájékoztatást adnak.

Zárt fűtési rendszereknél alkalmazott biztonsági szelepek

32.2. táblázat

Teljesítmény [kW]	Névleges átmérő [DN]	Lefűvási túlnyomás [bar]
50	15	2,5
90	15	1,8
90	15	2,5
140	20	1,8
100	20	2,5
200	25	2,5
350	32	2,5
600	40	2,5
900	50	2,5
100	15	3
200	20	3
200	25	3
350	32	3
600	40	3
900	50	3
200	25	4
200	25	5

#### 32.1.4. Csatlakozó vezetékek mérete

A csatlakozó vezetékek méretére a **32.3. táblázat** ad eligazítást

Zárt tágulási tartály vezetékének mérete

32.3. táblázat

Teljesítmény [kW]	Vezetékátmérő	
	Tágulási tartályhoz [mm]	Biztonsági vezetékhez [mm]
...23	12	20
25...46	20	20
47...150	20	25
151...230	20	32
231...350	20	40

## 32.2. Az automatikus légtelenítők megválasztása

Ahogy ezt a fűtési rendszerek kialakításának sorában tanultuk, a korai központi fűtéseket vezetékrendszeren át légtelenítették. Láttuk, hogy e vezetékek célja az volt, hogy feltöltéskor elvezesse a rendszerbe zárt levegőt, ürítéskor pedig biztosítsa a levegő utánpótlását, s esetleg tárolja az üzem közben a vízből kiváló levegőt addig, míg az a rendszerből eltávozik. E légtelenítő rendszerek jó kialakításának feltétele, hogy üzem közben e vezetékekben víz ne keringessen. Ez is volt a gáztörvényeken alapuló méretezés alapja, amit a régebbi szakirodalomban megtalálhatunk [45].

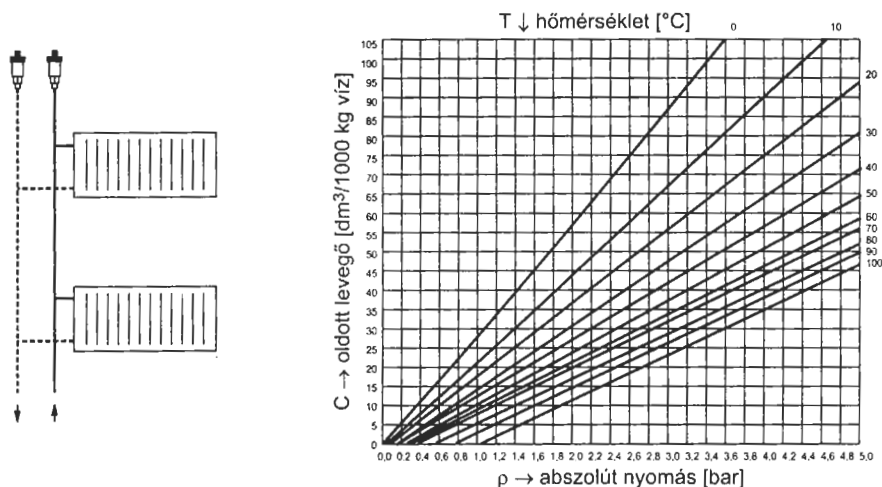
Ugyancsak a hagyományos légvezeték-méretezés kérdései közé tartozik a nyitott tágulási tartályok fölé vezetett légtelenítő hurok magasságának meghatározása, erről is beszéltünk a 25.12 ábrásorozat kapcsán. A lényeg itt az, hogy ne engedjük, hogy a hurkon keresztül átcirkulálás jöjjön létre.

A mai, automatikus légtelenítő szelepek alkalmazásával és a helyi légedényekkel ez az egész méretezési problémakör átalakult, ma a légtelenítés elrendezése igényel alapos megfontolást.

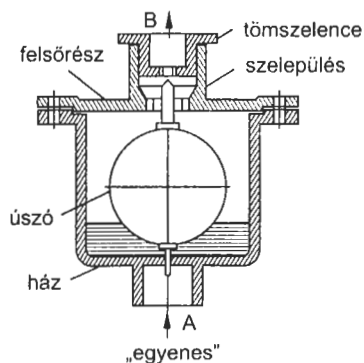
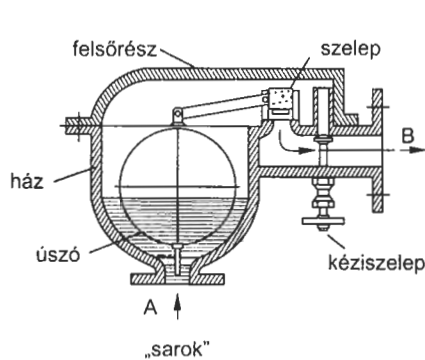
A légtelenítő szelepek működhetnek

- mechanikus elven (úszóval, vagy centrifugális leválasztóval)
- termosztatikus elven (tágulóttest betéttel), illetve
- abszorpciós elven.

Ezen elveket a „Kisnyomású gőzfűtések” c. fejezet légtelenítő szerelvényeinek tárgyalása során már említettük. A vízfűtésekben alkalmazott légtelenítő szerelvények összefoglalását és megválasztási elveit a 32.4. ábrásorozat mutatja.



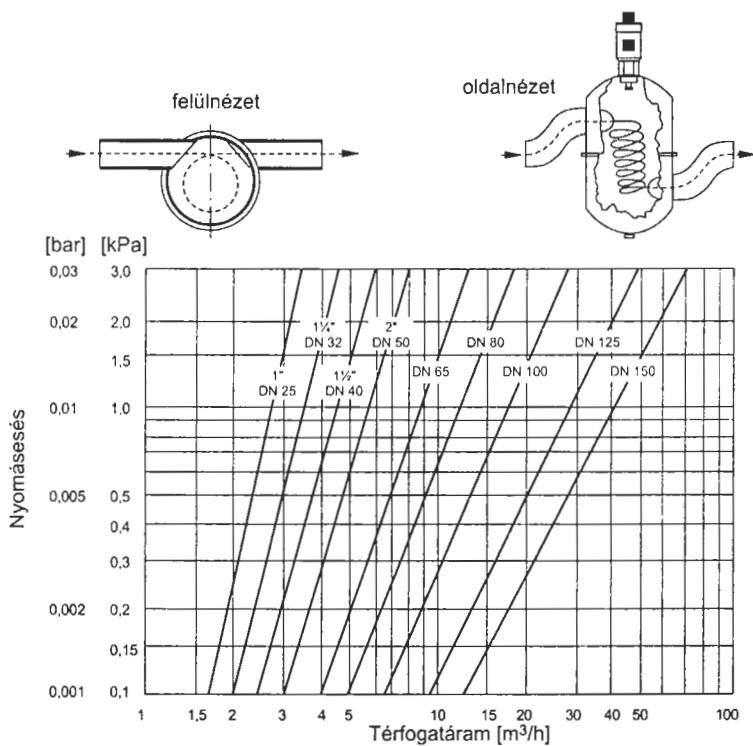
32.4/a ábra. Légtelenítő szelepek szerelése és a méretezés elvi kiinduló alapja



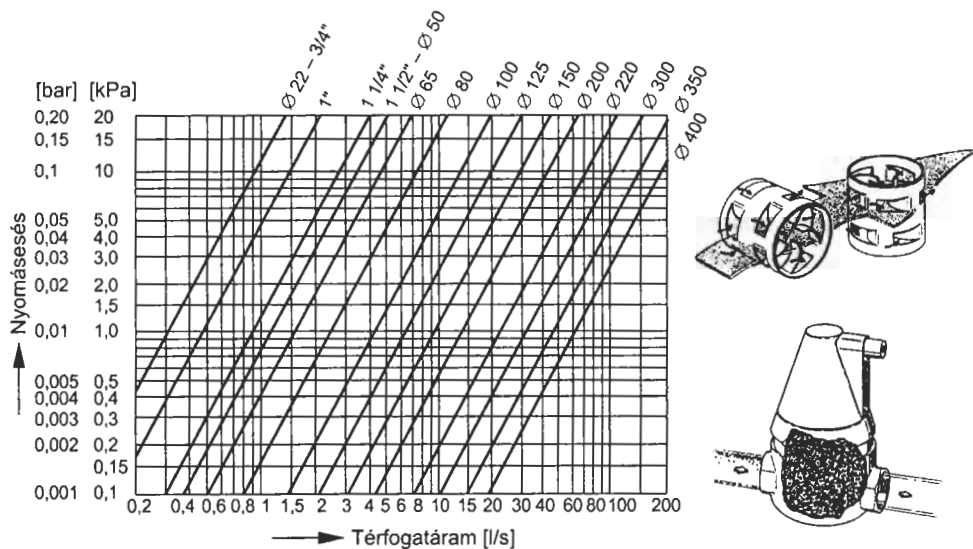
Típus	Csatlakozás	Max. hőmérséklet	Max. nyomás	Anyag
Flexvent 1/8"	1/8" *	120 °C	10	sárgaréz
Flexvent 3/8"	3/8" *	120 °C	10	sárgaréz
Flexvent 1/8"-3/8"	1/8"-3/8" *	120 °C	10	sárgaréz
Flexvent 1/2"	1/2" *	120 °C	10	sárgaréz
Flexvent H 1/2"	1/2" *	120 °C	10	nikkelezett sárgaréz
Flexvent Super 1/2"	1/2" **	120 °C	10	sárgaréz

\* külső menet, \*\* belső menet

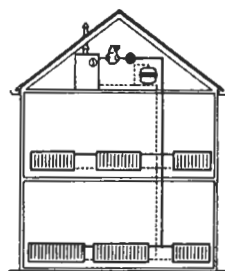
32.4/b ábra. Légtelenítő úszóval, sark és egyenes kivitelben [23]



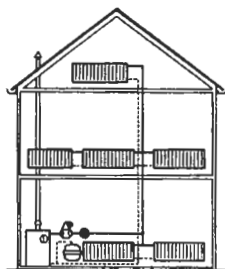
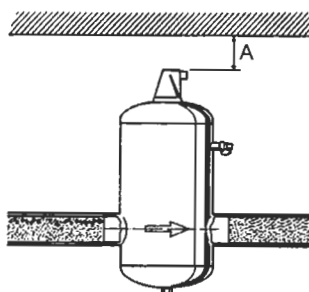
32.4/c ábra. Centrifugális légválasztó elvi vázlata és megválasztása [23]



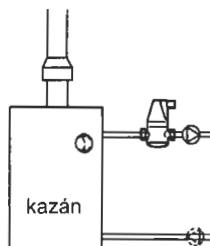
A léglevélasztó fölött A = 100 mm-es szabad helyet kell hagyni!



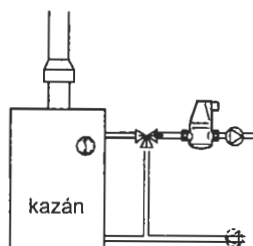
tetőtéri beépítés



pincei elhelyezés



keverőszelep nélkül



keverőszeleppel

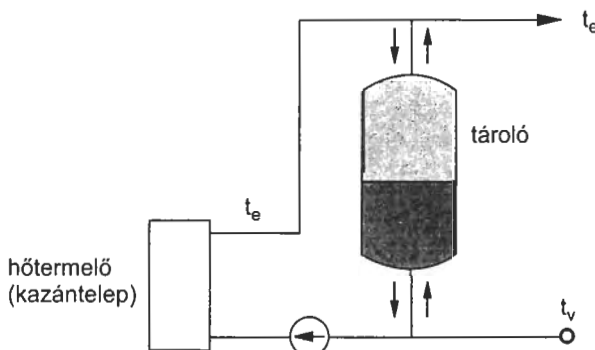
32.4/d ábra. Abszorpciós léglevélasztók elve, beépítése és ellenállása [23]

### 32.3. Osztók-gyűjtők, töltő- és ürítőszerelvények mérete

Ezek méretezését vagy az ajánlott sebességek alsó határának figyelembevételével végezzük, vagy ma már szabványok, ajánlások, katalógusok tartalmazzák a javasolt keresztmetszetet a teljesítmény függvényében. Az úgynevezett hidraulikai osztók méretét is a teljesítmény függvényében adják meg a gyártó cégek [10].

A hidraulikus osztókról kötetünk „Szivattyús melegvíz fűtések” c. fejezetében már olvashattunk (25.59. számú ábra). Mivel e tartályok lényegében a kazánok vízterének kiegészítését szolgálják, a kazángyártó cégek egyes gyártmányaikhoz hozzárendelik a méretet.

A hidraulikus osztók gondolatát, valamint a takarékoság elvét tovább alkalmazva, ma a fűtéstechikában egészen új irányzattal is találkozunk: nevezetesen a tárolás – egyébként a hőerőművek kapcsolásából ismert – elvének alkalmazásával. Ez tehát azt jelenti, hogy a hazánkhoz hasonló meteorológiai körülményekre tervezett fűtések esetében nem méretezik az igen költséges kazánokat a csúcsteljesítményre, hanem tárolót alkalmaznak. Az elvi,



32.5. ábra. Hőtermelő és tároló elvi kapcsolása

szerelvények nélküli kapcsolást a 32.5. ábra mutatja. A jelenlegi gyakorlat szerint a teljesítmény 10–15%-át fedezhetjük a tárolóból. A pontos számítási eljárást az erőművi technikából kell kölcsönöznünk, természetesen alkalmazva a statisztika eszközeit is, hiszen a meteorológiai előfordulás a statisztikai valószínűségeken alapszik.

### 32.4. Az elzáró és szabályozó szerelvények

Az elzáró szerelvények méretmegválasztása általában nem okoz gondot, névleges átmérőjük többnyire azonos a csővezeték méretével. Annál több figyelmet, és gondos eljárást igényel a beszabályozásra és szabályozásra szánt szerelvények méretének megválasztása. A szabályozó szelepek jellemzőit kötetünk „Csövek és szerelvények” c. fejezetében olvashatjuk, de a „Központi fűtési rendszerek szabályozása” c. fejezet is foglalkozik ezzel az igen nagy körülményt igénylő kérdéssel.

## 32.5. A méretezés szubjektív elemei

Az épületgépészeti megoldások általában sok elemből álló, összetett fizikai folyamatokat megvalósító rendszerek. Mivel a tervező több részegységet épít össze, ügyelnie kell ezen részletek egyenkénti és összesített, egységes harmóniájára is. Ez a mondat talán kissé idegenül hangzik egy tisztán technikai kérdéseket tárgyaló, műszaki szakkönyvben. Mégsem hallgathatjuk el azt a sokéves tapasztalatot, amit sajnos, csak ilyen általános tanács formájában lehet közreadni, hogy az a jó és jól működő rendszer, amelyik szép is.

A fűtési rendszert alkotó egyes elemek, a kazánok, hőleadók, szerelvények megjelenési formájával ma már termék- és formatervezők egész hada foglalkozik, s a gyártók abban is igen szoros versenyben vannak, hogy az egyes termékeket minél esztétikusabb külsővel bocsássák a piacra. Az viszont a fűtési rendszer tervezőjének feladata, hogy az ezekből felépített megoldás is szép és harmonikus megjelenést nyújtson. A méretezés során ez egész külön figyelmet igényel, amit csak bizonyos tapasztalattal lehet elsajátítani, de megvalósításához feltétlen állandó odafigyelés szükséges.

### Irodalom

A 23–35. fejezet irodalomjegyzékét lásd egyesítve a 35. fejezet után!

## 33. Melegvízfűtési rendszerek méretezése

Az eddigiek során megismertük a fűtési rendszerek egyes elemeinek méretezési sorrendjét és elveit. Mindez azonban nem elegendő ahhoz, hogy a gyakorlatban méretezzük ez egyes rendszereket, hiszen a gravitációs és szivattyús, az egy- és kétsőves, a felső- és alsó elosztás méretezése is elvi megfontolások, jól bevált fogások alkalmazását igényli.

Ezért a következő fejezetben igen röviden és tömören a fontosabb rendszerekre nézve foglalkozunk össze ezen módszerekkel. Felhívjuk azonban a figyelmet, hogy e tudnivalókon túlmenően szükség van bizonyos tapasztalatra is, amit csak a gyakorlat során lehet elsajátítani.

Ennek megértéséhez és elfogadásához gondoljuk meg, hogy ahhoz, hogy a fűtött helyiségekben az előírt belső hőmérsékletet biztosítsuk, érdektelen az, hogy a hőleadás a fűtőtesttől vagy a helyiségben haladó fűtési csővezetékől származik. Gazdaságos, és pontosan méretezett fűtési rendszer tervezésekor tehát a hőhordozó vezeték hasznos hőleadását is figyelembe kell vennünk. Ehhez azonban ismernünk kell a csővezeték méretét, mely ezek szerint módosíthatja az előzőleg már elvégzett fűtőtest-kiosztás eredményét. A csővezetékkel együtt lehűl az áramló víz is, ez pedig befolyásolja a gravitációs hatásos nyomást. A rendelkezésre álló nyomás módosulása miatt ismét változhat a csőátmérő, és ezzel újra csak módosul a lehűlés mértéke.

Mindezek következménye, hogy egyes esetekben a csőhálózat és a fűtőtest méretezése szorosan összefonódik, más esetekben a fűtőtest előzetes kiosztását ellenőrizni és módosítani kell a csőhálózat méreteinek birtokában, illetve, hogy a csővezeték áramlási egyensúlyát iterációs úton kell megkeresnünk.

### 33.1. Gravitációs fűtések

Ezt a méretezési gondolatmenetet a kialakításokhoz hasonlóan szintén a gravitációs rendszerekkel kezdjük. Tesszük ezt azért, mert noha e fűtések ma már egyáltalán nem, vagy csak alig-alig használatosak, de a gravitáció, mint jelenség minden szivattyús fűtésben előfordul, s így általában számszerű értékelésére is szükségünk van.



### 33.1.1. Többszintes gravitációs fűtések

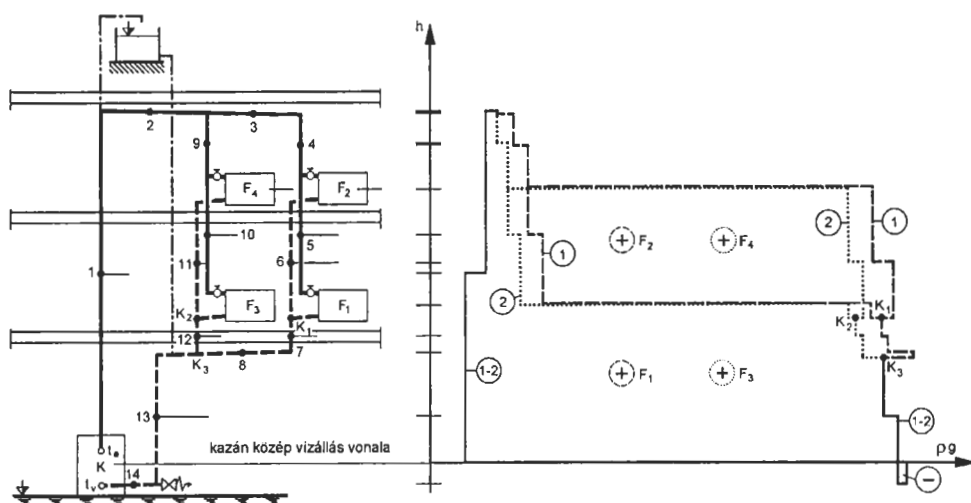
A méretezés elvi alapja az, hogy meg kell valósítanunk a

$$\Delta p_{grav} = g \sum_{i=1}^n h_i \varepsilon_i \Delta t_i = \sum_{i=1}^n E_i \quad (33.1.)$$

egyensúlyt a hőhordozó tervezett tömegárama mellett úgy, hogy a fűtőtestek méretét a csővezeték hőleadásának és a víz lehűlésének számításba vételével kell megállapítanunk.

A  $\Delta p_{grav}$  nyomáskülönbségnek három jellegzetes forrása van:

- nagymértékű lehűlés a fűtőtestekben,
- lehűlés a csővezetéken (az innen eredő felhajtóerő értéket nevezzük járulékos nyomásnak),
- hőmérséklet-változás a keveredési pontokban.



33.1. ábra. A gravitációs hatásos nyomás forrásai és mértéke [51]

Megjegyzés: a lehűlést minden egyes szakasznál a függőlegesen mért középpontba koncentráltuk!

Ezeket a körülményeket mutatjuk be példaképpen a 33.1. ábrán. A rendszer kazánháza a pincetérben van, egyébként felső elosztású, kétsőves megoldás. A nyomások alakulását a nyomásdiagrammon kísérhetjük figyelemmel. A főfelszállóban és az előremenő alapvezetéken lehűlt víz jut a fűtőtestekbe, ahol azután hőmérséklete jelentősen csökken, sűrűsége pedig jelentősen megnövekszik. Ez a hőfok csökkenés természetesen függ a helyiségek hőmérsékletétől és a tényleges fűtőfelületektől. A visszatérő vezetékekben a víz tovább hűl és

a keveredési pontokban egymástól kissé eltérő hőmérsékletű, és ezzel eltérő sűrűségű víz-áramok találkoznak.

Ennek megértése szükséges ahhoz, hogy most már a 31.1, 31.2, 31.3 és 31.4 pont szerint méretezhessük a rendszert. Azaz a hővesztesség kiszámítása, és a fűtés méretezési előremenő-visszatérő hőmérsékletének megállapítása után kiosztjuk a fűtőtesteket. Megrajzolva a hálózatot, előzetesen kiszámítjuk a gravitációs hatásos nyomást. Ezt a csővezeték mentén kialakuló hőmérséklet eloszlás hiányában a méretezési vízhőmérséklethez tartozó sűrűség értékek figyelembevételével tesszük.

$$\Delta p_{grav,F} = gh_F (\rho_{vm} - \rho_{em}) \quad (33.1/a)$$

A lehülés számításához a környezet hőmérsékletét a következők szerint vehetjük figyelembe:

- zárt fali horonyban a szigeteletlen cső felülete és a horonytér hőmérséklete közötti különbség 55...60 °C,
- zárt fali horonyban a szigetelt cső felülete és a horonytér hőmérséklete közti különbség 40...45 °C,
- padláhőmérséklet (deszka- és pala fedés) –5...–10 °C,
- padláhőmérséklet (cserép- vagy üvegfedés) –12 °C,
- fűtetlen pincehelyiségek 0 °C,
- pince, ha a pincében fűtési vezetékek vannak +5...10 °C.

Könnyű belátnunk, hogy a (33.1/a) összefüggéssel a fűtőtestben keletkező lehülésből származó hatásos nyomást állapítottuk meg. A csővezeték lehüléséből származó járulékos nyomást egyelőre meg kell becsülnünk. Ehhez nyújt segítséget a **33.1. táblázat**. Ennek a táblázatban található „ $\alpha$ ” tényezőnek a segítségével az előzetesen számított felhajtó erő:

$$\Delta p_{grav,cső} = (1 + \alpha) \Delta p_{grav,F} \quad (33.1/b)$$

Ezután a 31.4.1. pont szerint előzetesen méretezzük a csőátmérőket, majd az előzetes méretekkel kiszámítjuk a nyomásesést. A legnagyobb nyomásesésű áramkör lesz a főáramkör. Ezután következik a főáramkör pontos méretezése. Az előzetes átmérőkkel számítható ugyanis a lehülés (31.5. pont), majd a gravitációs hatásos nyomás, és megvizsgálható, hogy a rendelkezésre álló és az elhasznált nyomás hogyan viszonylik egymáshoz. Ennek függvényében növelhetők, vagy csökkenthetők a főáramkör szakaszainak átmérői addig, míg a kívánt egyensúlyi feltétel teljesül.

Pótléktényező a csővezeték lehűléséből származó nyomástöbblet figyelembevételével

33.1. táblázat

Az elosztóvezetékek magassága a kazánközép felett [m]	A leszállóvezeték távolsága a kazán felett [m]	$\alpha$ [%]		
		A fűtőtest magassága a kazán felett [m]		
		4	8	12
8	10	15	–	–
		25	–	–
	25	15	–	–
		25	–	–
	50	20	–	–
12	10	30	10	–
		45	15	–
	25	35	10	–
		50	15	–
	50	40	15	–
16	10	45	15	5
		65	20	5
	25	45	15	5
		65	20	10
	50	50	20	10
	75	60	25	10
		80	30	15
	100	70	30	15
		90	35	20

(a 33.1. táblázat folytatása)

Az elosztóvezetékek magassága a kazánközép felett [m]	A leszállóvezeték távolsága a kazán felett [m]	$\alpha$ [%]					
		A fűtőtest magassága a kazán felett [m]					
		4	8	12	16	20	24
20	10	60	20	10	5	–	–
		85	30	15	10	–	–
	25	65	25	10	5	–	–
		90	35	15	10	–	–
	50	70	30	15	10	–	–
		95	40	20	10	–	–
	75	80	35	15	10	–	–
		105	45	20	15	–	–
	100	90	40	20	15	–	–
		105	50	25	15	–	–
24	10	75	30	15	10	5	–
		105	40	20	15	10	–
	25	80	35	15	10	8	–
		110	45	20	15	10	–
	50	90	40	20	15	10	–
		120	50	25	20	10	–
	75	100	45	25	15	10	–
		130	55	30	20	10	–
	100	120	50	35	20	15	–
		150	60	40	25	15	–
28	10	90	40	20	15	10	5
		120	50	25	20	10	5
	25	100	45	25	15	10	5
		130	55	30	20	10	5
	50	110	50	30	20	10	10
		140	60	35	25	15	10
	75	120	55	35	20	15	10
		150	65	40	25	20	15
	100	150	70	45	30	20	15
		180	80	50	35	25	20

Ezután következik a mellékáramkörök méretezése (ld. 31.6. pont). A főáramkörhöz való csatlakozási pontok között megállapítjuk a rendelkezésre álló nyomást, s ezután egyenként ugyanúgy járunk el, mint a főáramkör méretezésénél. Ha az átmérő csökkenésével már nem tudunk elég nyomásvesztést biztosítani, úgy fel kell írunk, hogy fojtótárcsával, vagy szeleppel mennyit kell majd az illetékes áramkör beszabályozásakor fojtani.

Ezek után módosíthatjuk a fűtőtest-kiosztást. A csővezetékek hőleadásával ugyanis csökkenthető a beépítendő fűtőfelület. Ez egyrészt azért fontos, mert értelemszerűen fűtőfelületet takaríthatunk meg, másrészt azért, mert ha figyelmen kívül hagyjuk a csővezeték fűtési hatását, akkor a helyiségek belső hőmérséklete is eltér a tervezett értéktől.

Itt jegyezzük meg a korszerű fűtéstechnika két fontos felismerését:

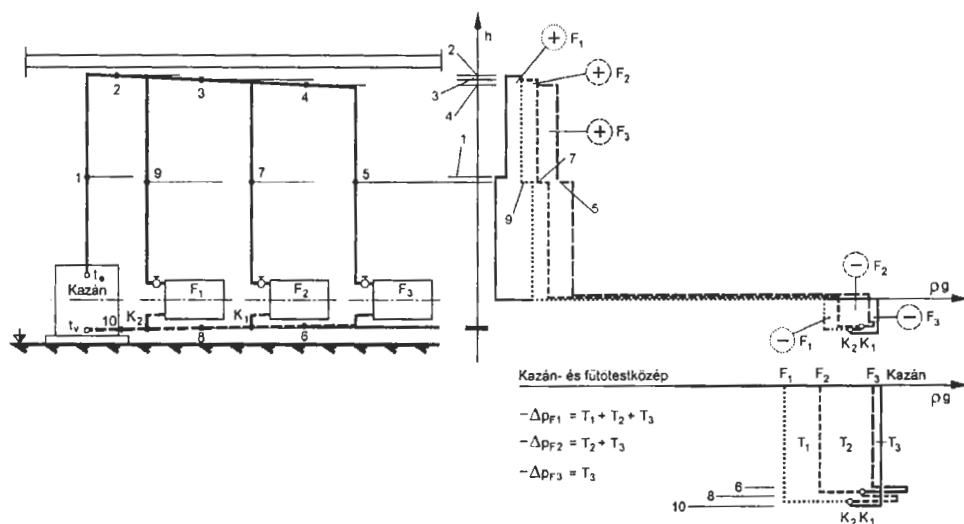
- A túlméretezés egyáltalán nem vezet jobb, vagy biztonságosabb fűtéshez. Hosszú ideig a korszerű számítástechnika hiányában a tervezők igyekeztek a méretezési eljárással takarékoskodni, minden számítást azon az elven hanyagoltak el, hogy úgylis a biztonság felé tolja el a rendszer működését. Biztonságon pedig azt értették, hogy például, ha nem veszik figyelembe a csőlehűlést, azzal csak melegebb lesz a fűtött helyiség. Ezzel egyfelől nagyon pazarló rendszerek születtek, ez azonban a kisebbik baj. A nagyobbik baj az, hogy egyetlen túlméretezés lehetetlenné teszi a szabályozást. A fűtéstechnika nagy elméleti megalapozói mindig is azt tanították, hogy az egész rendszer mentén egyenletesen eloszló méretezési pontatlanság nem okoz problémát, de az egyenlőtlenségeket el kell kerülnünk, illetve ki kell küszöbölnünk.
- Nemcsak a vezetékek adnak le hőt, hanem a szerelvények is. A szerelvények hőleadása mind geometriai alakjuk, mint pedig a felületi hőmérséklet eloszlás miatt lényegesen nehezebben megfogható, mint a hengeres csővezetékeké, de ma már ennek a kérdésnek gyakorlati kezelése is erősen előtérben van, és elengedhetetlenül szükséges is.

### 33.1.2. Egyszintű fűtések

Ha valahol van még a gravitációs fűtésnek jelentősebb szerepe, az az egyszintű fűtések esete. Elképzelhető ugyanis, hogy nyaralók, vagy üdülő jellegű létesítmények tervezésekor szóba jön az a gondolat, hogy ne kelljen villamos energia bekötését igénylő szivattyút alkalmazni. A **33.2. ábra** tanulsága szerint ez azért nehéz méretezési eset, mert a kazánközép és a hőleadó közép egy síkba esik, és ezért nem is számíthatunk a fűtőtest lehűléséből eredő nagy nyomásesésre. Említsük meg itt külön is *Macskásy professzor* nevét. Ő dolgozta ki ugyanis azt az elvet, hogy az egyes előremenő és visszatérő szakaszpárok hatásos nyomáskülönbsége fedezze az ugyanezen csőpárokon elhasznált nyomásvesztéséget. A módszer ma is tanulmányozásra érdemes, mert számos egyéb méretezési feladat kidolgozása során is példamutató lehet [44].

Az ábra példájával: az  $F_1$  fűtőtest áramkörének ellenállását a „Kazán–1–2–9–10” áramkörben keletkező hatásos nyomás fedezi, és így haladunk tovább az  $F_2$  és  $F_3$  fűtőtest áramkörének méretezésével is.

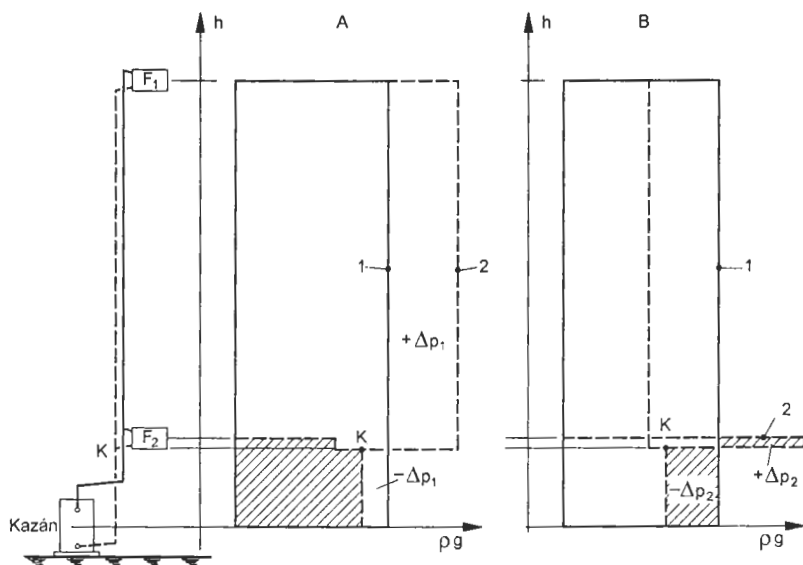
Itt írjuk le és e fejezet részben még többször említjük majd, hogy egy elméleti szakkönyv sem jellege, sem terjedelme miatt nem lehet elegendő ahhoz, hogy méretezési gyakorlatot adjon. Ehhez sok példa tanulmányozására és egyéni megoldására is szükség van.



33.2. ábra. Gravitációs egyszintű fűtés nyomásviszonyai [30]

### 33.1.3. Gravitációs rendszerek stabilitása

A méretezési eljárás ismeretében áttekinthetjük a stabilitásnak nevezett fogalomkört is. Nézzük a szándékos túlzással, de magyarázatunk szempontjából célszerűen megrajzolt 33.3. ábrát.



33.3. ábra. Áramlási stabilitás gravitációs, kétsőves, alsó elosztású rendszerben [30]

Ha esetleg a kedvezőtlenebb helyzetű  $F_2$  fűtőtest áramkörében az ellenállás a tervezettnél kisebb, és a kedvezőbb helyzetű  $F_1$  fűtőtest áramkörében pedig nagyobb, akkor  $F_1$ -ben a tervezettnél kevesebb víz kering, és ez jobban lehűl,  $F_2$ -ben pedig ugyanez történik, de fordított előjellel. A keveredési pontban az eredő térfogatáram és az eredő hőmérséklet miatt a szűken méretezett áramkörben növekszik a felhajtóerő, a bőven méretezettben pedig csökken. Így elő lehet segíteni a tervezett térfogatáramok beállítását a megvalósuló rendszerben, tehát növeljük a rendszer stabilitását. Ugyanez fordítva érvényesül azonban, ha a felső fűtőtest áramkörének ellenállása kicsi, mert akkor sok víz halad át rajta, kicsi a lehűlés, az alsó fűtőtesten viszont kicsi a térfogatáram. Ez azonban hiába hűl le jelentősen, mert helyzeténél fogva nem képes jelentős nyomástöbblet előállítására. Ilyenkor az alsó fűtőtesteknél üzembiztos keletkezik. Ez a jelenség szivattyús fűtésnél is előfordul, ha a magas épületekben a szivattyú emelőmagassága és a gravitációs hatásos nyomás azonos nagyságrendben mozog. Az összesített tanulság az, hogy az eleve hátrányosabb helyzetű áramkör rovására nem szabad takarékoskodni.

### 33.2. Hagyományos szivattyús fűtések

#### 33.2.1. A keringető szivattyú jellemzőinek meghatározása

A keringetőszivattyú két legfontosabb jellemzője: a keringetett térfogatáram és az emelőmagasság (25.3. ábra).

A keringetett térfogatáramot – ahogyan ezt már tárgyaltuk – a hőáram (teljesítmény) és a mértékadó lehűlés határozza meg.

$$\dot{Q}_m = \dot{V}_m \cdot \rho \cdot c \Delta t_m$$

A szivattyú emelőmagasságát megkaphatjuk úgy, hogy meghatározzuk a mértékadó áramkör teljes nyomásesését, és úgy választjuk meg a szivattyút, hogy éppen ezt a veszteséget fedezze.

A hidraulikai törvényszerűségek értelmében azonban valamennyi szivattyús rendszerre meg lehet határozni a gazdaságos szivattyús emelőmagasságot. Ez a tétel egy egyszerű, 1 m hosszú, adott térfogatáramot szállító egyenes csőre vonatkoztatva azt jelenti, hogy minél nagyobb a csőátmérő, annál nagyobb a beruházási költség, de annál olcsóbb a szivattyúzási munka, és fordítva. A többszörösen hurkolt fűtési hálózatokra ez a tétel nem alkalmazható ilyen egyszerűen, de a magyar fűtéstechikai irodalom igen gazdag ebből a szempontból, könnyű a kérdésnek részletesen is utánanézniünk [26], [27], [28], [29], [43].

Mivel a mindennapos gyakorlatban ezeket a módszereket aránylag ritkán alkalmazzák, mi itt most levezetés és részletes magyarázat nélkül mutatjuk be a vonatkozó függvényeket annak érdekében, hogy

- a teljes, gazdaságos méretezés lehetőségéről fogalmat alkothassunk, és hogy
- adott esetben hasonló feladat megoldásakor forgatni tudjuk a vonatkozó irodalmat.

A csővezeték beruházási költsége a (31.6/b) összefüggéssel:

$$K_{cső, \text{évi}} = \frac{K_{cső}}{n_{cső}} = b_3 \frac{Cs \cdot e_{cső}}{\Delta p_{sziv}^{0,209}} \frac{\ell_{gerinc}^{0,209}}{\Delta t_m^{0,372} \cdot n_{cső}}$$

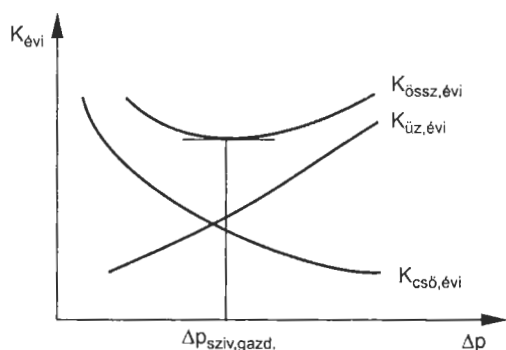
Itt „Cs” a csőelrendezésre, és a beépített csővezetékek tömegére jellemző tényező:

$$Cs = \sum_{i=1}^n \ell_{g,i} d_{g,i} + \sum_{j=1}^k \ell_{m,j} d_{m,j} \quad (33.2.)$$

A szivattyú üzemeltetési költsége, ha „Z” az évi üzemórák száma, „v” pedig az áram költsége:

$$K_{üz, \text{évi}} = \frac{\dot{m} \Delta p_{sziv}}{\rho \eta} Z v = \frac{Konst \cdot \Delta p_{sziv} \sum \dot{Q}_i}{c \Delta t_m \eta} Z \cdot v \quad (33.3.)$$

A gazdaságos szivattyú emelőmagasságát a csővezetékre nézve e két görbe összeggörbéjének minimuma adja (33.4. ábra).



33.4. ábra. A gazdaságos szivattyú emelőmagasság

Emlékezzünk most vissza, hogy az előző fejezetben beszéltünk a gazdaságos lehűlésről, amit viszont a fűtőtestek és a csővezeték árának együttese szabott meg. A teljes fűtési rendszer gazdaságos szivattyú emelőmagasságát úgy kaphatjuk meg, ha a csővezeték beruházási költségén túlmenően a hőleadók beruházási költségét is figyelembe vesszük. Az összesített évi költség-függvény tehát:

$$K_{össz, \text{évi}} = K_{cső, \text{évi}} + K_{hő, \text{évi}} + K_{üz, \text{évi}} \quad (33.4.)$$

ahol a hőleadók költségét a (31.2.) és (31.3.) összefüggéssel már leírtuk.

Ennek az összeggörbének a minimuma adja a teljes fűtési rendszerre nézve a gazdaságos emelőmagasságot, és a gazdaságos lehűlést.

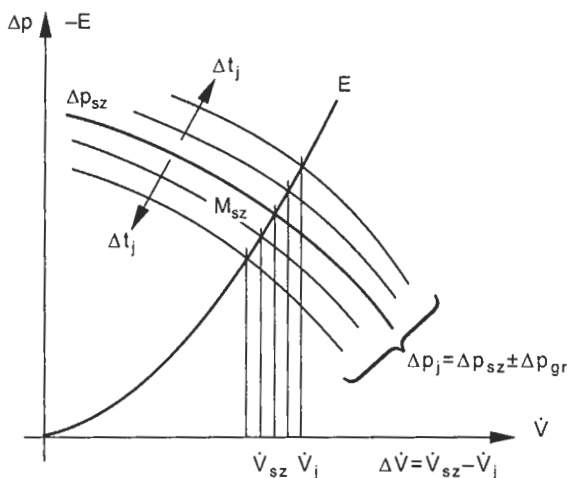


### 33.2.2. A gravitációs felhajtóerő szerepe a szivattyús rendszerekben

A gravitációs felhajtóerőt értelemszerűen nem lehet kiküszöbölni (hiszen a hőközlés éppen a folyadék azon hőmérséklet-változásán alapul, amely egyben a sűrűség megváltozásának és így a nyomáskülönbségnek is az okozója). A gravitációs nyomáskülönbség függ a lehűlés mértékén túl a lehűlési és a felmelegedési szint közötti különbségtől és a szabályozás során változó  $t_e$  hőmérséklettől is. A gravitációs nyomáskülönbség hatását az áramlási viszonyokra a 33.5. ábra segítségével értelmezhetjük. A szivattyú  $\Delta p_{sziv}$  emelőmagasságához a gravitációs nyomáskülönbség hozzáadódik, vagy abból levonódik.

A rendszerben keringő víz térfogatáramát az áramkör  $E$  ellenállásgörbéjének és a  $\Delta p$  nyomáskülönbség-görbének a metszéspontja; a munkapont ( $M$ ) határozza meg. Az ábra világosan mutatja a munkapont lehetséges eltolódását.

A gyakorlatban ezt a felismerést a következőképpen alkalmazzuk: a külső napi átlag-



33.5. ábra. Gravitációs nyomáskülönbség hatása az áramlási viszonyokra

hőmérséklet gyakorisága miatt a mi éghajlati körülményeink között azok az értékek fordulnak elő legtöbbször, amelyekhez a méretezési adatokkal nyert gravitációs nyomáskülönbség értékének kb. a fele tartozik. Azokban az áramkörökben célszerű a gravitációs nyomáskülönbséget számításba venni, amelyekben a méretezési érték fele meghaladja a szivattyú szállítómagasságának 5...10%-át, azaz, ha:

$$0,5 \Delta p_{grav} > (0,05 - 0,1) \Delta p_{sziv}$$



Ugyancsak vegyük fel, hogy a hőmérsékletesés az egyes hőleadókon a  $\Delta t_x = \Delta t_\theta / n$ , ahol most „n” a sorbakapcsolt hőleadók száma.

Az olvasó számára nyilvánvaló lehet, hogy az egycsöves fűtésekhez kapcsolódó kutatások témája részben éppen ez a kérdés volt, hiszen sok gazdaságossági és hőtechnikai gondolat merülhet fel a lehűlés elosztásának kapcsán.

Az egyes fűtőtestek előremenő- és visszatérő vezetéke a rendszer mibenléténél fogva ugyanazon függőleges vezetékhez csatlakozik. Az „A” elágazási pontnál a fűtővízáram két részre oszlik: a hőleadón áramló  $m_H$ , és a rövidre záró csővezetéken áramló  $m_K$  vízáramra [54].

A nyomásesésnek a két áramkörön azonosnak kell lennie:

$$\Delta p_K = \Delta p_H \quad (33.5/a)$$

$$\zeta_K \frac{\rho}{2} w_K^2 = \zeta_H \frac{\rho}{2} w_H^2 \quad (33.5/b)$$

Ebből következik, hogy:

$$\frac{\zeta_H}{\zeta_K} = \frac{w_K^2}{w_H^2} \quad (33.6.)$$

A sebesség a két áramkörön:

$$w_K = \frac{\frac{\dot{m}_K}{\rho}}{\pi D_K^2 / 4} \quad (33.7/a)$$

$$w_H = \frac{\frac{\dot{m}_H}{\rho}}{\pi D_H^2 / 4} \quad (33.7/b)$$

A sebesség a felhasználó vezetékben:

$$w = \frac{\frac{\dot{m}}{\rho}}{\pi D^2 / 4}$$

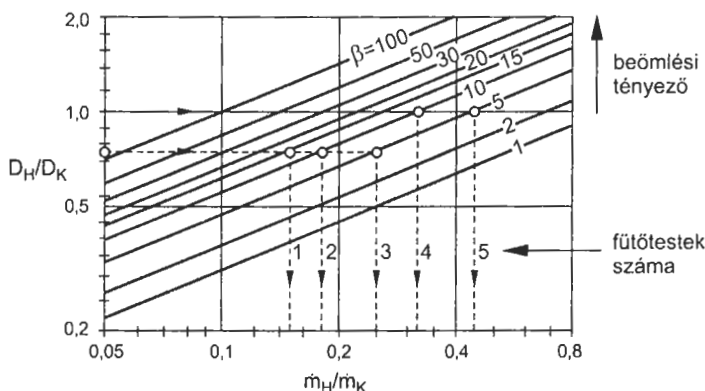
Ennek figyelembevételével, ha bevezetjük a  $\beta = \zeta_H / \zeta_K$  arányt, akkor kapjuk, hogy:

$$\frac{\dot{m}_H}{\dot{m}_K} = \frac{\dot{m}_H}{\dot{m} - \dot{m}_H} = \left( \frac{D_H}{D} \right)^2 \sqrt{\beta} \quad (33.8.)$$

az ellenállási tényezők arányát kifejező  $B$  tényezőt beömlési tényezőnek is szokták nevezni.

Ezt az összefüggést mutatjuk be a **33.7. ábrán**. A méretezésnél arra kell ügyelnünk, hogy minél nagyobb a fűtőtest körének nyomásvesztése, annál kisebb a vízáram, és azzal együtt a közepes hőmérsékletkülönbség is.

Megjegyezzük, hogy a különféle irodalmi forrásokban különféle betűkkel jelölt „ $\beta$ ” tényező, melyet a magyar irodalomban tehát általában beömlési tényezőnek neveznek, min-dig az egysöves fűtések méretezésének legfontosabb kiindulási alapja és segédeszköze.



33.7. ábra. Átkötőszakaszos egysöves fűtés méretezési nomogram [54]

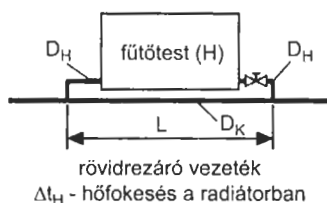
### 33.2.6. Vízszintes egysöves fűtés

A hőleadók itt is a vezeték mellékáramkörét képezik, ezért az előremenő hőmérséklet fűtőtestről fűtőtestre csökken. E fűtés méretezéséhez levezetés nélkül mutatjuk be *Reichow* módszerét, amit a korszerű fűtéstechikai irodalom a legcélravezetőbb eljárásnak tart [54].

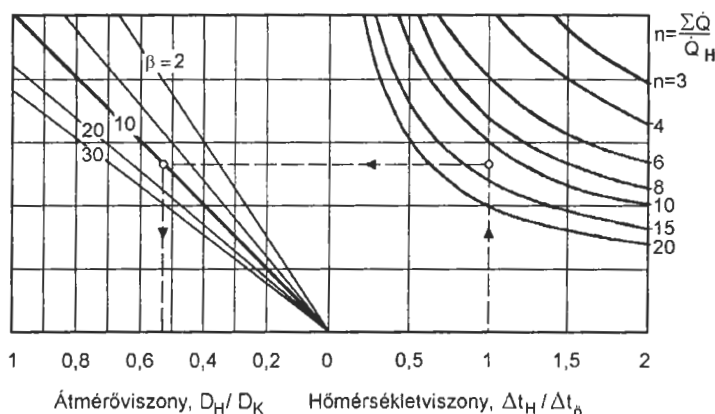
A **33.8. ábra** szerint a fűtőtest bekötővezetékének mérete  $D_H$ , és az összekötő (rövidrezáró) vezeték átmérője  $D_K$ , és ezek viszonya:

$$\frac{D_H}{D_K} = \frac{\sqrt[4]{\beta}}{\sqrt[n]{\frac{\Delta t_H}{\Delta t_{\bar{o}}} - 1}} \quad (33.9.)$$

ahol:



Méretezési nomogram



33.8. ábra. Segédábrák vízszintes egycsöves fűtés méretezéséhez

E megoldásokat és méretezéseket adott esetben érdemes részletesebben tanulmányoznunk, hiszen ez a rendszer rendkívül korszerűnek minősül és egyre jobban elterjed.

Ez a tendencia olyan erős, hogy ma már a vízszintes egycsöves fűtések szerelésére alkalmas csővezetéki rendszerek gyártói méretezési nomogramokat és szoftvereket bocsátanak a tervezők rendelkezésére [8].

A függőleges és vízszintes egycsöves fűtések méretezése mind az új létesítmények, mind pedig a korszerűsítések, átalakítások során gyakran előforduló, és igen fontos feladat. Ezért az itt bemutatott eljárásokat csak az elvek megismerésének tekintjük, hiszen a részleteket az állandóan továbbfejlesztett és szinte évente változó gyártmánykatalógusok tartalmazzák.

### 33.3. Korszerű szivattyús fűtések: termosztatikus radiátorszelepek alkalmazása és változó tömegáram

Az eddigiek során mindvégig állandó tömegáramú rendszerekről beszéltünk, mert a tárgyalt, hagyományosnak nevezhető rendszerek kézi radiátorszelepekkel működtek. Ez azt jelenti, hogy ezeknél mind a beszabályozást (a hidraulikai egyensúly biztosítását), mind pedig a mindenkor szabályozást manuálisan oldották meg. A korszerű, energiatakarékos fűtőrendszerek nélkülözhetetlen eleme azonban a termosztatikus radiátorszelep, amit a kialakítások tárgyalásánál már részletesen említettünk. Ezek méretezésénél, beépítésénél felmerülő szempontok azért is rendkívül fontosak, mert manapság igen gyakori a termosztatikus szelepek és korszerű szivattyúk utólagos beépítése, a meglévő rendszerek átalakítása.

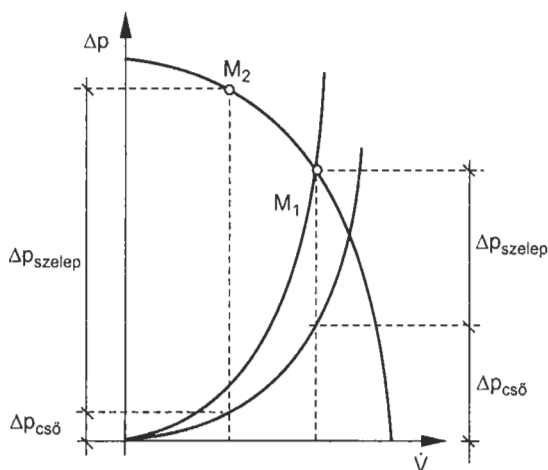
A termosztatikus szeleppel felszerelt rendszerek hidraulikai méretezésénél az eddig ismertetett tervezési eljárásokat már nem lehet azonosan alkalmazni. A termosztatikus szele-

pekkel felszerelt rendszer ugyanis nem állandó tömegáramú rendszer, hiszen a viszonyok állandóan változnak. Könnyen előfordulhat például, hogy a szelepek egy része egyszerre fojt vagy akár egyazon időben teljesen zár.

A méretezésnél a következő szempontokat kell feltétlenül figyelembe vennünk:

- A termosztatikus szelepekre jutó **nyomáskülönbség** semmi esetre sem haladhatja meg a 20–30 kPa értéket, mert működésük zajossá válhat. (Ez a zajossági korlát önmagában a kézi működtetésű szelepekre is igaz, de rendszer-méretezési szemponttá csak az automatikus szelepek alkalmazásával vált.) Ebből következik, hogy azokat a rendszereket, amelyeknél számítani kell arra, hogy egy időben valamennyi szelep elzárhat, olyan szivattyúval kell felszerelni, amelynek üresjárási nyomása sem haladja meg a 20–30 kPa értéket. (Ha nem lehet elkerülni egy meredekebb jelleggörbéjű, ill. nagyobb emelőmagasságú szivattyú alkalmazását, illetve, ha nem tudunk fordulatszám szabályozással ellátott szivattyút beépíteni, akkor túláramszelep vagy nyomáskülönbség szabályozó beépítésére van szükség).
- A termosztatikus szelepek **szeleptényezője** elegendően nagy értékű legyen, (minimum  $p_v = 0,3$ , lásd (33.10.) összefüggést).

(A fejezet további tanulmányozása előtt, vagy azzal párhuzamosan érdemes visszalapoznunk a „Csővezetékek és szerelvények” c. fejezet megfelelő alpontjához.)

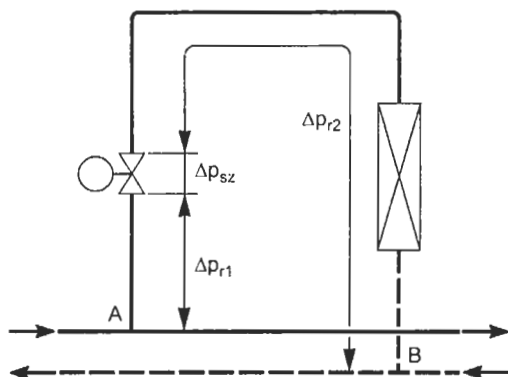


33.9. ábra. Szivattyú, csővezetékrendszer és szabályozó szelep jelleggörbéje [48]

A 33.9. ábrán egy kétsőves fűtési rendszer szivattyú – jelleggörbéjét ábrázoltuk. Mivel itt a termosztatikus radiátorszelepek egymással párhuzamosan vannak kötve, bármely szelepzárással járó fojtás kihat az összes többi szelepre is. Ha tehát egy, vagy több szelepen bekövetkezik a fojtás, a szivattyú munkapontja eltolódik az eredeti „ $M_1$ ” munkapontból az „ $M_2$ ” munkapontba, ezzel a szivattyú emelőmagassága nagyobb lesz, és így a szabályozó szelepekre nagyobb nyomáskülönbség jut. A szabályozó szelepekre jutó, változó nyomásesés miatt a szelep jelleggörbéje is változik. Az így

kialakuló jelleggörbét üzemi jelleggörbének nevezzük. A tökéletes megértés érdekében nézzük a 33.10. ábrát. Az eddigiek értelmében a rendszer „A” és „B” pontjában a nyomás állandó, azaz

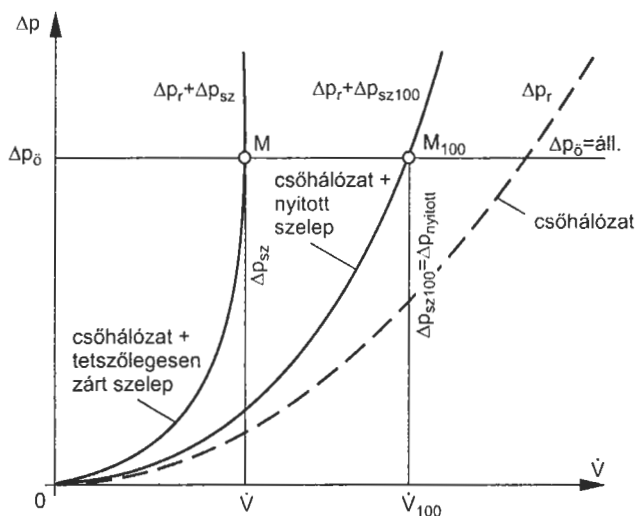
$$\Delta p_{AB} = \Delta p_{\bar{o}} = \text{állandó}$$



33.10. ábra. Nyomásesés a csővezetékrendszeren és a szabályozószelepen [58]

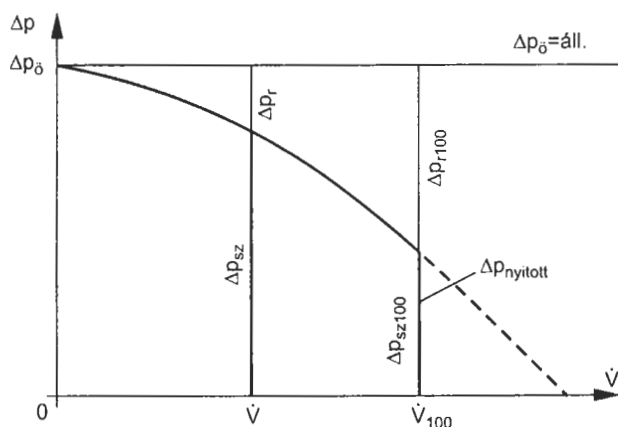
Az „A” és „B” pontok között a nyomáskülönbséget a csővezetékrendszeren és a szabályozószelepen használjuk el.

$$\Delta p_{\text{ö}} = \Delta p_r + \Delta p_{sz} \text{ és } \Delta p_r = \Delta p_{r1} + \Delta p_{r2}$$



33.11. ábra. Csővezetékrendszer és szabályozó szelep jelleggörbéje [58]

A csővezeték és a szelepen létrejött nyomásesést a **33.11. ábra** mutatja. A szaggatott vonal a csőhálózat jelleggörbéjét, míg a teljes vonal a csőhálózat és a szabályozószelep eredő jelleggörbéjét mutatja a szelep nyitott és tetszőleges helyzetében. A szabályozószelepen



33.12. ábra. Nyomásesés a szabályozószelepen

létrejövő nyomásesést a térfogatáram függvényében a **33.12. ábra** mutatja. Szeleptényezőnek a szelep nyitott és zárt helyzetében a szelepre jutó nyomáskülönbségek hányadosát nevezzük, és  $p_v$ -vel jelöljük:

$$p_v = \frac{\Delta p_{nyitott}}{\Delta p_{zárt}} = \frac{\Delta p_{100}}{\Delta p_{zárt}} \quad (33.10.)$$

Most már érthető, hogy ha a szeleptényező 0,3-nál kisebb, a szelep jelleggörbe olyan nagy mértékben torzul, hogy a szelep nem kompenzálja a rendszer jelleggörbéjét.

Fontos még az is, hogy a szelepek kiválasztásánál az arányossági sávot és a szelepen elhasználható nyomásesést jól válasszuk meg, azaz se a hőmérsékletkorlátozás, se a nyomásesés terén ne követeljünk se egyenlőtlenül, se túlzottan sokat a rendszerbe épített szelepektől.

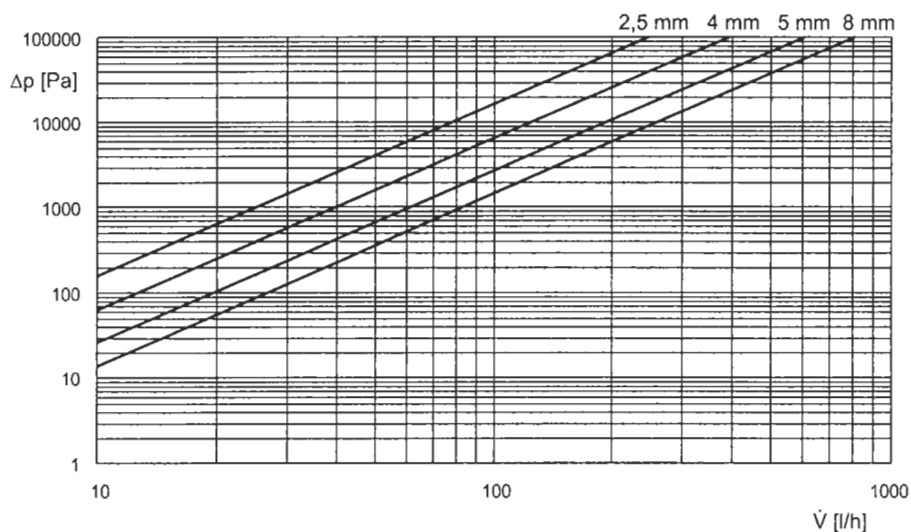
A méretezést egyébként ugyanúgy elvégezzük – mint az eddig leírtakban láttuk –, s a mértékadó áramkör összes ellenállásának meghatározása után kiválasztjuk a fenti szempontok alapján a termosztatikus radiátorszelepeket. Példaképpen itt egy hazai és egy „DANFOSS” gyártmányú szelep kiválasztási nomogramját ábrázoljuk a **33.13/a** és **33.13/b ábrán**.

Ezután határozzuk meg a beszabályozási értékeket. Ekkor értelemszerűen a mértékadó áramkörben a nyitott szelep ellenállását kell figyelembe venni, a többi áramkörben pedig a szükséges fojtást és az ahhoz tartozó szeleppállást kell meghatározni.

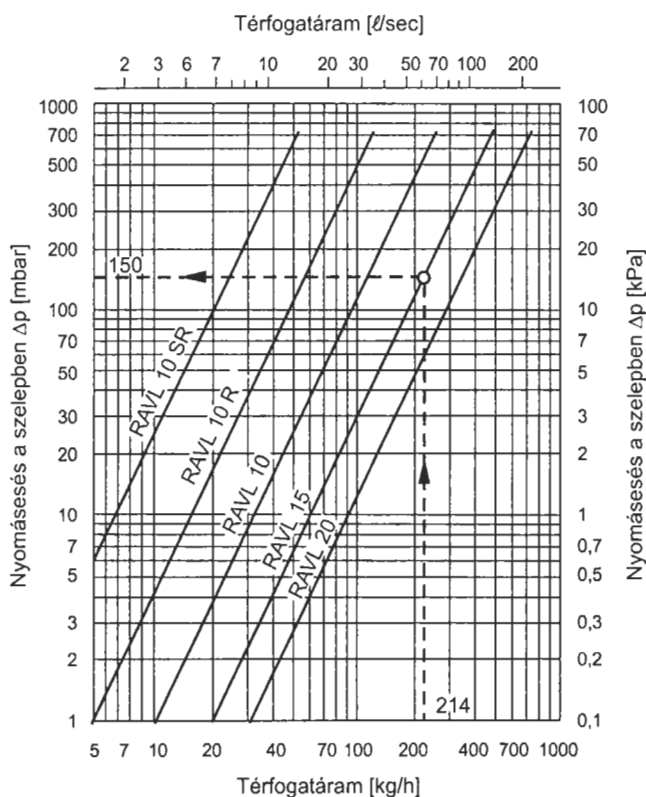
A termosztatikus szelepekkel ellátott rendszerekhez is beszabályozási tervet kell készíteni, azaz meg kell adni a lefojtandó nyomást az egyes áramkörökön.

Hogyan kezeljük ezek után azt a kérdést, hogy a termosztatikus szelepek zárása miatt a fűtési rendszerben keringetett térfogatáram nem állandó, tehát változó tömegáramú rendszerként kell kezelni?





33.13/a ábra. MOFÉM 1/2" egyenes kivitelű termosztatikus szelep ellenállása különböző átmérőjű betétekkel



33.13/b ábra. Danfoss szelep kiválasztása

A kérdés vizsgálatához nézzük újra a 33.9. ábrát. Az ábrán külön ábrázoltuk a csőrendszer és külön a csővezeték rendszer és radiátorszelep együttes ellenállását. Ahol ez utóbbi metszi a szivattyú jelleggörbáját, ott adódik a méretezési állapot munkapontja ( $M_1$ ). Ha több termosztatikus szelep zár, akkor a rendszerben áramló víz mennyisége jelentősen lecsökkenhet. Ekkor az  $M_2$  munkapont alakul ki, és az ábrán látható, hogy a lecsökkent vízmennyiség következtében a vezetékrendszer ellenállása is csökken. A szivattyú emelőmagassága ennél a vízmennyiségnél nagyobb, tehát a termosztatikus szelepekre nagyobb nyomáskülönbség jut. Ez a nyomáskülönbség a méretezési állapotban a szelepre jutó nyomáskülönbségnek akár többszöröse is lehet.

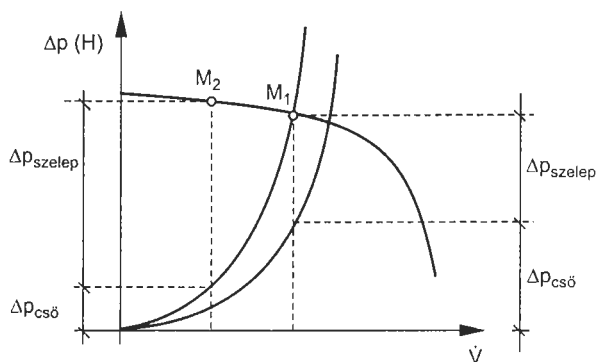
A megnövekedett nyomáskülönbség következtében a közben még működő szelepeken megnövekszik az átáramló vízmennyiség. Ennek következménye a hőteljesítmény növekedése lesz, tehát a jelenség mintegy „továbbgyűrűzik”. Azaz a még működő szelepek is zárnak majd, ami a szelepekre jutó nyomáskülönbség további növekedésével jár.

E jelenség előfordulásakor még nagyobb gondot jelent az, hogy a szelepekre jutó nyomáskülönbség meredek jelleggörbájú szivattyúknál a zajhatár fölé növekedhet.

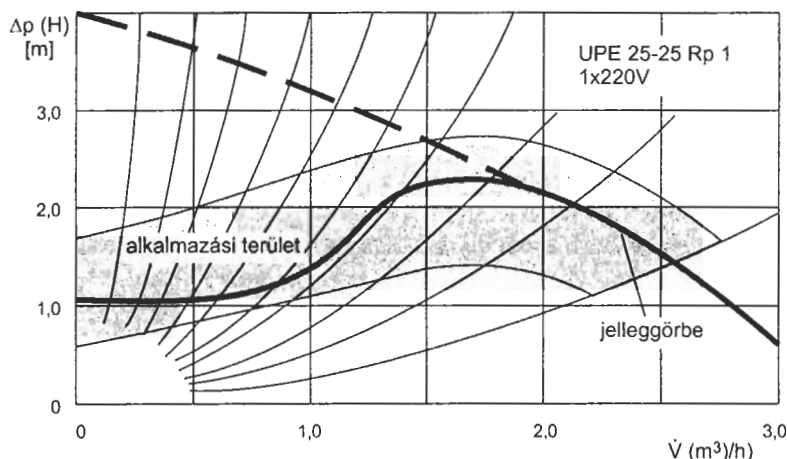
Ez a gond kerülhető el **fordulatszám szabályozású szivattyú** alkalmazásával. Ezen elektronikus szabályozású szivattyúk belső érzékelője biztosítja, hogy széles vízmennyiség tartományban is állandó szállítomagasság álljon rendelkezésre. A **33.14/a ábra** jól szemlélteti, hogy ekkor is megnövekszik a szelepre jutó nyomáskülönbség, de ha jól választottuk meg a szivattyú emelőmagasságát, akkor ez nem érheti el a zajhatárt még abban az esetben sem, ha történetesen valamennyi szelep zár.

Ma már valamennyi korszerű szivattyút gyártó cég kifejlesztette szivattyúját erre a feladatra. Példaképen a **33.14/b ábrán** a Grundfos gyár ilyen célú szivattyújának jelleggörbáját mutatjuk be.

Igen fontos továbbá, hogy a fordulatszám szabályozással a korszerű fűtéstechnika újabb energiatakarékosági forrást fedezett fel. A termosztatikus radiátorszelepekkel ellátott rendszerek ugyanis így módon a szivattyúzási munkára is egyre kevesebb energiát fordítanak, lásd a (25.4.) és (33.3.) összefüggéseket.

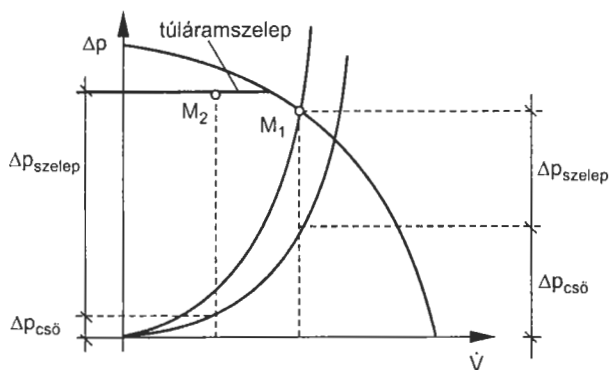


33.14/a ábra. Fordulatszám szabályozású szivattyú alkalmazása [48]



33.14/b ábra. GRUNDFOS UPE 25-25 SELECTRONIC szivattyú jelleggörbéje

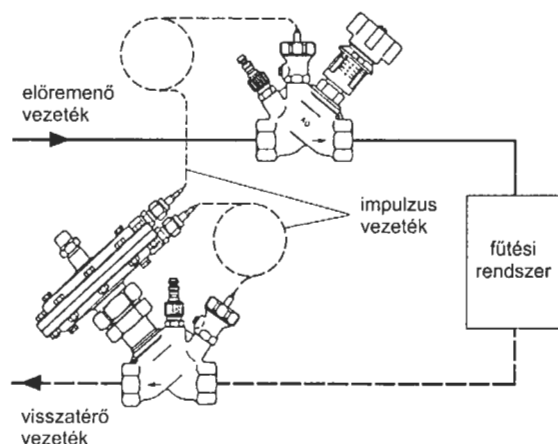
Kis fűtési rendszerekben alkalmazzák azt a beruházási szempontból kétségkívül az előzőnél olcsóbb, de üzemeltetési költségeit tekintve kedvezőtlenebb megoldást, hogy egy állandó fordulatszámú keringető szivattyú nyomó- és szívó oldala közé túláramszelepet helyeznek el. (A túláramszelep egyéb szerepét lásd a 25.46. számú ábrán.)



33.15. ábra. Túláramszeleppel felszerelt rendszer nyomásviszonyai [48]

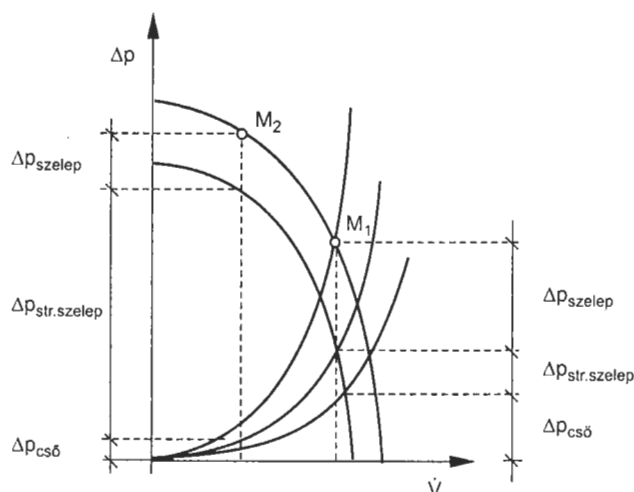
A rugóterhelésű szelep nagyobb nyomáskülönbségeknél kinyit, és így rövidre zárva a szivattyút, megakadályozza a vízmennyiség lecsökkenését és ezzel a szivattyú emelőmagasságának megnövekedését. A 33.15. ábrán látható, hogy a rendszer szempontjából hasonló a hatás, mint amit az állandó nyomáskülönbséget biztosító szivattyúnál tapasztaltunk.

Kiterjedtebb rendszerek beszabályozása nem oldható meg kizárólag a radiátoroknál lévő szelepek segítségével, mert sok esetben túl nagy fojtás adódik. Ilyenkor alkalmazható minden egyes felszálló alján egy-egy szabályozószelep, vagy egy-egy alapvezetéki szakaszra ún. nyomáskülönbség szabályozó **33.16. ábra** (lásd még 25.30 ábra!).



33.16. ábra. Nyomáskülönbség szabályozó bekötése

Itt is megjegyezzük, hogy a magyar fűtésteknikai szakma, és később a tudomány is igen sok kifejezést vett át a német nyelvből. Emiatt igen soká használták a magyar „felszálló-leszálló” kifejezés helyett a német „strang” szót. Innen ered az, hogy e szelepeket elterjedten csak „strangszelep”, vagy „strangszabályozó” néven emlegetik. A következő 33.17. ábrán is



33.17. ábra. Nyomáskülönbség szabályozóval felszerelt rendszer nyomásviszonyai

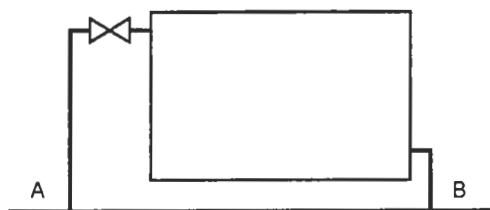
A felszálló alján elhelyezett szabályozószelep, vagy a nyomáskülönbség szabályozó feladata, hogy a mögötte lévő hálózatrész nyomáskülönbségét állandó értéken tartsa. A szabályozó készül rögzített értékű nyomáskülönbségre (pl. 0,1 bar) és állítható értékű nyomáskülönbségre (pl. 0,05–0,5 bar).

A **33.17. ábrán** látható, hogy ez a szerelvény részterheléseknél belső ellenállásának növelésével mintegy átveszi a többlet nyomáskülönbséget, a mögötte beépített termosztatikus szelepek nyomásesése közel állandó marad.

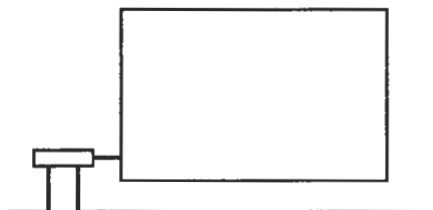
ezért szerepel a „ $\Delta p_{str.szelep}$ ” rövidítés. Itt is felhívjuk a figyelmet, hogy bármennyire elterjedt is ez a szóhasználat, magunk használjuk a szép és odaillő magyar kifejezést!

Szóljunk még néhány szót arról az esetről, ha meglévő egycsöves fűtési berendezésekbe termosztatikus radiátor-szelepeket építünk.

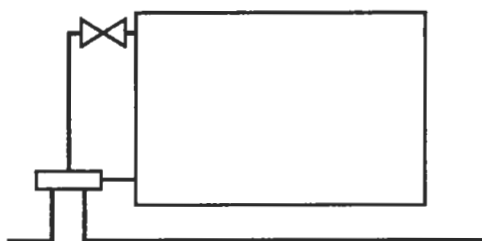
Termosztatikus radiátor-szeleppel szerelt egycsöves melegvízfűtések kialakítása, nyomásviszonya és méretezése – ahogy ezt már láttuk – eltér a kétszöves fűtésektől. A két-



33.18/a ábra. Egycsöves fűtési rendszer megkerülő vezetékkel (Lehet vízszintes és függőleges elrendezésű)



33.18/b ábra. Egycsöves fűtési rendszer egyponztos csatlakozású radiátorszeleppel



33.18/c ábra. Egycsöves fűtési rendszer kombinált csatlakozású radiátorszeleppel

csöves fűtésekkel ellentétben itt a fűtőtest és az átkötőszakasz nyomásviszonya a mérvadó. Az előforduló kapcsolási változatokat a **33.18. ábrasorozat** mutatja.

Emlékezzünk vissza, hogy a fűtőtest-csatlakozásnál a méretezési kiinduló szempont az, hogy a megkerülő vezeték ellenállása megegyezik a fűtőtest áramkörének ellenállásával. Ha tehát pl. egy ilyen meglévő rendszert termosztatikus rendszerré alakítunk át, akkor a következőkre kell figyelni. A hagyományos szelepet termosztatikus szelepre cseréljük, tehát a termosztatikus radiátorszelep ellenállása nem lehet nagyobb az eredetileg beépített radiátorszelep ellenállásánál. Emiatt a termosztatikus radiátorszelepek általában nagyon kis nyomáskülönbségek adódnak. A nyomásviszonyok a rendszerben alig változnak, mivel a megkerülő vezeték közel állandó tömegáramot biztosít, ezért a szeleptényezőnek alárendelt jelentősége van. Arra kell figyelni, hogy a szelep az *A* és *B* pontok fűtőtest-csatlakozó vezeték szakaszban elegendő nyomáshányadot képviseljen. A beépített fűtőtest a nyomáskülönbségnek legalább a 30%-át képviseli, ezért az új termosztatikus radiátorszelep szeleptényezője megfelelőre adódik, szabályozási tulajdonságai jók lesznek.

Ezért ennél a kapcsolási módnál új keringető szivattyúra, nyomáskülönbség-szabályozásra nincs is szükség.

## Irodalom

A 23–35. fejezetek egyesített irodalomjegyzékét lásd a 35. fejezet után!

## 34. Kisnyomású gőzfűtések méretezése

A kisnyomású gőzfűtések csőhálózatának méretezésekor eleve különválasztjuk a gőz- és a kondenzvezetéseket. Mindkét vezetékfajtára érvényesek az eddigiekben ismertetett számítási elvek. Figyelembe kell vennünk azonban, hogy a gőzvezeték ideális esetben viszonylag állandóan kizárólag gőz halmazállapotú közeget szállít ugyan, de e közeg sűrűsége változik a nyomás függvényében. Márpedig a gőz a saját nyomását felhasználva halad a csővezetékben, tehát nyomása az előrehaladással folyamatosan csökken. A kondenzvezeték által szállított közeg halmazállapota és minősége változik, szállíthat folyadékot, gőzt és gázt (levegőt) együttesen, vagy váltakozva. Ez a következőktől függ:

- gravitációs, vagy szivattyús-e a kondenzvíz visszatáplálás (ld. 27.12. ábra);
- gravitációs visszatáplálásnál száraz, üzem közben nedves, vagy nedves kondenzvezetéről van-e szó (ld. 27.9., 27.10., és 27.11. ábrák);
- üzemkezdetkor, instacioner állapotban, vagy a stacioner állapot beálltakor vizsgáljuk-e a rendszert.

A gőzvezeték hő- és közegáramlási viszonyait közelítő számítással viszonylag megbízhatóan tudjuk követni. A kondenzvezeték üzemviszonyaira viszont a változó halmazállapot és az instacioner állapot jellemző, amely a gőzszolgáltatás kezdetén lép fel. Mivel így egyfelől a pontos, elméleti méretezés igen bonyolult, hosszadalmas és még mindig meglehetősen bizonytalan lenne, másfelől – ahogy a vízfűtéseknel már láttuk –, a fűtések méretezésének pontossági igénye ésszerűen korlátozott, a gravitációs kondenzvezetéseket a gyakorlat által igazolt tapasztalati összefüggések alapján méretezzük.

A mesterséges visszatáplálású, teltszelvényű csőszakaszok átmérőjét természetesen méretezhetjük a vizet szállító, szivattyús csőhálózatok most már ismert elve és módszere szerint.

Itt is megjegyezzük, hogy a gőzrendszerek esetében a korróziós hatás és veszély fokozott, ezért általában nagyobb falvastagságú csővezetékkel dolgozunk, mint amit vízrendszerknél tapasztalhattunk.

### 34.1. A kisnyomású gőzhálózat méretezése

A kisnyomású gőzvezeték méretezésénél is a közismert egyensúlyt írhatjuk fel:

$$\Delta p = \Delta p_k - \Delta p_f = \Delta p_{cső} \quad (34.1.)$$

A kazán (vagy egyéb hőtermelő berendezés) és a radiátor (vagy egyéb fogyasztó) közötti nyomáskülönbséget a következők szerint választhatjuk meg:

- a 27.1. táblázat adatai szerint a rendszer hosszának függvényében megválasztjuk az üzemi nyomást; vagy
- hosszú és jól bevált tapasztalat szerint feltételezzük, hogy a gőzvezeték **100 méternyi hosszán kb. 5000 Pa** ellenállást használunk el; vagy
- kiindulunk a megengedhető gőzsebesség feltételrendszerből.

A gőzsebességet egyrészt az akusztikai korlát határolja. A tapasztalat szerint ugyanis **20...25 m/s** értéknél nagyobb sebesség mellett a gőz áramlását erős zaj, sístérgés kíséri, mert vizet ragad magával. A másik sebességhatár a gőzvezeték üzemviszonyaiból adódik: **40...50 m/s** sebességnél ugyanis a csapadék feltorlódására kell számítanunk. A sebesség értékekhez meg lehet határozni a fajlagos súrlódási nyomásvesztés értékét, s a vezeték hosszával együtt így is megkaphatjuk a vezetéken elhasználható nyomás értékét.

A radiátorokon (vagy egyéb fogyasztón) elhasznált nyomást lényegében a radiátor-szelepen emésztjük fel, hiszen magában a radiátorban a gőz már kondenzálódik. Ezért szintén hosszú tapasztalatokra alapozva a radiátorszelepek előtt **1000–2000 Pa**, a légfűtő berendezések (kaloriferek) előtt **2000–5000 Pa** nyomást kell biztosítanunk. Ha esetleg nem fűtési jellegű a fogyasztó (mosodai, nagykonyhai berendezés), akkor a gyártmánykatalógus ad eligazítást. Ily módon, a vezetéken elhasználható, és a fogyasztó előtt biztosítandó nyomás értéke megadja a kazánnál, vagy egyéb termelőnél előállítandó, indulási nyomást.

Ezek után a méretezés lépései:

- hővesztégszámítás, az eddigiekben ismert elvek szerint;
- az előbbiekben felvett gőznyomáshoz tartozó telítési hőmérséklet alapján a fűtőfelületek meghatározása, a fűtőtestek helyének kijelölése;
- a gőzhálózat nyomvonalának kitűzése;
- a csőátmérők előzetes meghatározása.

#### 34.1.1. Előzetes méretezés

A gőzvezetéken értelemszerűen folyamatos a lecsapódás, a kondenzátum képződése. Ezért a termelőtől mindig több gőzt kell elindítanunk, mint amennyi az eddigiekben kiszámított névleges, tényleges gőzfogyasztás. Ezt az előzetes méretezésnél úgy vesszük figyelembe, hogy a névleges terhelést szigeteletlen csőnél kb. 8...10%-kal, szigetelt csőnél kb. 3...5%-kal

megnöveljük. A terhelés ismeretében most már meghatározhatjuk az előzetes csőátmérőket a sebességek, vagy a becsült, egy méterre eső súrlódási nyomásesés alapján.

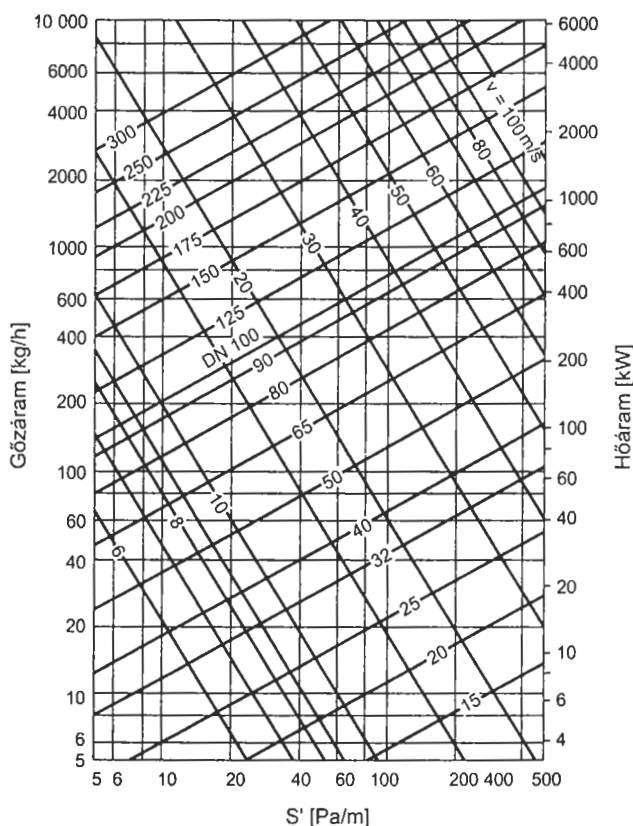
Eljárhatunk úgy is, hogy előzetesen kijelöljük a mértékadónak vélt áramkört, más néven: gerincáramkört, és kiszámítjuk az erre eső fajlagos súrlódási nyomásvesztéséget:

$$S'_g = \frac{(1-a) \cdot \Delta p}{\sum \ell_g} \quad (34.2)$$

(Emlékezzünk a vízfűtésnél felírt (31.14/c) összefüggésre!)

A gerincevezetékben az alaki ellenállás hányadát szokványos rendszereknél 33% értékre vehetjük. Ezek után  $S'_g$  'értékéhez választjuk a terhelés függvényében előzetesen a csőátmérőt.

Bármelyik módszert választjuk is, ugyanolyan felépítésű segéd táblázatokat, illetve nomogramokat használunk, mint amilyeneket a vízfűtésnél levezettünk és megismertünk. Természetesen a gőznyomás és a sűrűség már említett szoros összefüggése miatt mindig nagy körültekintéssel kell eljárunk, hogy a megfelelő középnyomáshoz tartozó segéd táblázatból dolgozzunk. Példaképpen ilyen segédleteket mutatunk be a 34.1. táblázaton és a 34.1. ábrán.



34.1. ábra. Gőzfűtések. Fajlagos súrlódási nyomásesés acélcső esetén  $p = 1,2$  bar, telített gőz



Fajlagos súrlódási nyomásesés táblázatos meghatározásának részlete  
Acélcső,  $10^4$  Pa túlnyomás, telített gőz

34.1. táblázat

S' [Pa/m]	Legkisebb türt átmérő [m]					
	0,0114	0,0150	0,0204	0,0260	0,0347	0,0406
	Névleges átmérő; MSZ 99 acélcső, DN					
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"
1,0	0,00002	0,00006	0,00022	0,00043	0,00093	0,00143
	0,04841	0,1451	0,5063	0,9691	2,115	3,236
	0,035	0,104	0,366	0,518	0,778	0,972
	0,332	0,575	1,07	1,27	1,56	1,75
2,0	0,00004	0,00012	0,00044	0,00063	0,00138	0,00212
	0,09683	0,2902	1,012	1,433	3,125	4,774
	0,140	0,419	1,46	1,13	1,69	2,11
	0,664	1,15	2,15	1,89	2,31	2,58
3,0	0,00006	0,00012	0,00042	0,00079	0,00173	0,00265
	0,1452	0,4353	0,9478	1,796	3,914	5,977
	0,315	0,944	1,28	1,78	2,66	3,31
	0,997	1,72	2,01	2,37	2,90	3,23
4,0	0,00008	0,00025	0,00049	0,00092	0,00203	0,00311
	0,1936	0,5805	1,110	2,109	4,592	7,010
	0,560	1,67	1,76	2,45	3,67	4,56
	1,32	2,30	2,35	2,78	3,40	3,79

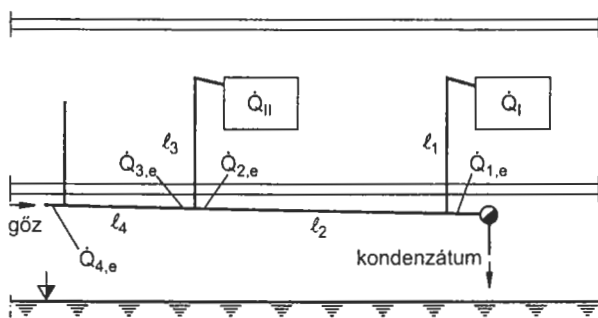
S' [Pa/m]	Legkisebb türt átmérő [m]								
	0,0497	0,0685	0,0807	0,0985	0,1223	0,1470	0,2023	0,2532	0,3014
	Névleges átmérő; MSZ 99 acélcső, DN								
	50	65	80	100	125	150	200	250	300
1,0	0,00248	0,00590	0,00917	0,01574	0,02819	0,04622	0,1089	0,1991	0,3175
	5,598	13,29	20,65	35,45	63,49	104,1	245,3	448,5	715,0
	1,29	2,02	2,53	3,35	4,53	5,85	9,06	12,3	15,6
	2,02	2,52	2,83	3,25	3,78	4,29	5,34	6,24	7,01
2,0	0,00365	0,00868	0,01349	0,02313	0,04135	0,06761	0,1591	0,2901	0,4627
	8,238	19,55	30,39	52,09	93,13	1052,2	358,3	653,4	1042,0
	2,80	4,38	5,49	7,24	9,74	12,5	19,3	26,2	33,1
	2,97	3,71	4,16	4,78	5,54	6,28	7,81	9,09	10,2
3,0	0,00457	0,01084	0,01685	0,02885	0,05154	0,08419	0,1978	0,3603	0,5742
	10,30	24,43	37,95	64,99	116,0	189,6	445,5	811,5	1293,0
	4,39	6,83	8,56	11,2	15,1	19,4	29,9	40,4	51,0
	3,72	4,64	5,20	5,96	6,91	7,82	9,71	11,2	12,6
4,0	0,00536	0,01270	0,01972	0,03375	0,06025	0,09835	0,2308	0,4202	0,6691
	12,08	28,61	44,42	76,02	135,6	221,5	519,9	946,3	1507,0
	6,03	9,37	11,7	15,4	20,6	26,5	40,7	54,9	69,3
	4,36	5,44	6,08	6,97	8,08	9,14	11,3	13,1	14,7

Számsorok tartalma: 1. sor – tömegáram [kg/s], 2. sor – hőáram [kW], 3. sor – dinamikus nyomás [Pa], 4. sor – sebesség [m/s]

A mellékáramköröket ez esetben helyesebb „mellékvezeték” névvel illetnünk, hiszen csak gőzvezetékéről van szó, mely a fogyasztó előtti szelepnél véget is ér. Értelemszerűen a mellékáramkör indulási pontján annyi a nyomás, mint a főáramkörben abban a pontban, ahonnan a mellékvezeték kiindul.

Miután így kiválasztottuk az egész gőzhálózat előzetes csőátmérőjét, pontosan is számíthatjuk a lecsapódás miatt jelentkező gőzvesztéséget. E számításához a vízfűtésekhez hasonlóan segéd táblázatok állnak rendelkezésünkre szoftverek, számítógépi programok formájában, vagy a kézikönyvekben, melyek megadják egy folyóméter cső hővesztését ( $\dot{q}$ ) a csőátmérő, az áramló gőz túl-hőmérséklet és a cső szigetelési hatásfokának függvényében.

A vezetéken haladó tényleges gőzáramot a névleges terhelés és a veszteség összege adja, ezért a gyakorlati számítással célszerű a legtávolabbi fogyasztó ismert hőigényéből kiindulnunk. Mivel a gőzvesztés közel egyenletesen lép fel a csőszakasz hossza mentén, és mivel kényyszerűen egyszerűsíteniünk kell a számítási eljárást, ezért a szakasz méretezési terhelését ( $\dot{Q}_m$ ) a szakasz elején és végén adódó terhelések ( $\dot{Q}_e$  és  $\dot{Q}_v$ ) számtani átlagával vesszük figyelembe. A számítás menete a 34.2. ábra vázlatának segítségével:



34.2. ábra. Vázlat a gőzvezeték veszteségének kiszámításához

$$\begin{aligned}
 \dot{Q}_{1,e} &= \dot{Q}_1 + \ell_1 \dot{q}_1 / 2 \\
 \dot{Q}_{2,e} &= \dot{Q}_1 + \ell_1 \dot{q}_1 / 2 + \ell_2 \dot{q}_2 / 2 \\
 \dot{Q}_{3,e} &= \dot{Q}_{11} + \ell_3 \dot{q}_3 / 2 \\
 \dot{Q}_{4,e} &= \ell_4 \dot{q}_4 / 2 + \dot{Q}_{3,e} + \dot{Q}_{2,e}
 \end{aligned}
 \tag{34.3.}$$

ahol  $\ell$  és  $q$  a mindenkori csőszakasz hossza és fajlagos hővesztése

A hővesztéséget és gőzterhelést így módon az egész gőzhálózatra kiszámíthatjuk, a számítás során szakaszonként kb. 20 W pontosságra érdemes törekednünk. Az utolsó szakasz terhelése megfelel a gőztermelő szükséges teljesítményének.

### 34.1.2. Pontos méretezés

Ezután a melegvízfűtési rendszerek vezetékeihez teljesen hasonlóan elvégezzük a pontos méretezést. Az alaki ellenállások értékét a 31.4. táblázat alapján vesszük figyelembe. Természetesen ez esetben is alkalmazható az egyenértékű csőhossz bevezetésének elve. A pontos méretezés eredményei alapján csak akkor érdemes csőátmérőt módosítanunk, ha a nyomásvesztés eltér az előzetesen felvett értékhez képest 5%-nál nagyobb. A csőátmérő módosítása miatt fellépő hővesztéseket, illetve gőzárám-változást pedig akkor vesszük figyelembe, ha a veszteség változása meghaladja a 20%-ot. Végül a fűtőtest méretét akkor tekinthetjük véglegesnek, ha a vezeték hasznos hőleadása nem haladja meg a helyiség hőigényének 3...5%-át.

### 34.2. A kondenzhálózat méretezése

Mint azt már elmondtuk, és megindokoltuk, a kondenzvezeték átmérőjét tapasztalati úton készített és igazolt táblázatokból közvetlenül választjuk. A kondenzvezeték átmérője a kondenzvezeték kiképzésétől, a gőzvezeték terhelésétől és a vezeték lejtésétől függ (34.2. táblázat).

Kondenzvezeték méretezésének megválasztása

34.2. táblázat

Átmérő NÁ	$\dot{Q}$ hőáram [kW]				
	Szárak kondenzvezeték		Nedves kondenzvezeték		
	vízszintes lejtéssel	függőleges lejtéssel	$\ell < 50 \text{ m}$	$\ell = 50 \dots 100 \text{ m}$	$\ell > 100 \text{ m}$
15	4,5	7	32	21	10
20	17,5	25	81	52	29
25	32,5	49	145	93	46
32	79	115	315	200	100
40	120	180	435	290	133
50	250	370	750	510	250
(57)	365	550	1100	720	365
60	495	740	1450	990	500
65	580	870	1750	1220	580
(76)	700	1050	2150	1450	700
80	870	1300	2600	1750	870
(88)	1050	1570	3100	2100	1050
90	1280	1920	3600	2300	1280
100	1450	2150	4000	2800	1450

### 34.3. A kiegészítő elemek méretezése

A biztosítást szolgáló állványcső méreteit a **34.3. táblázat** mutatja. A vízszákcsonk 15–20 mm névleges átmérőjű csővezetékéből készülnek, a biztonsági állványcső lefűtatási nyomásánál értelemszerűen 15–20%-kal nagyobb csőhosszal. A vízválasztó szerkezetek méretét a gyártmánykatalógusok a vízáram és nyomáskülönbség függvényében megadják.

Biztonsági állványcső méretmeghatározása 34.3. táblázat

Biztonsági állványcső DN	A gőztermelő teljesítménye	
	[kg/h]	[kW]
32	...60	...41
40	60...100	41...60
50	100...200	64...133
65	200...500	133...325
80	500...1000	325...651
100	1000...1600	651...1093
125	1600...2800	1093...1861
150	2800...5000	1861...3256
175	5000...7500	3256...5117

Az osztók-gyűjtők méreteit ez esetben is a gőz, illetve vízsebesség alapján határozzuk meg. Mesterséges kondenzvíz visszatáplálás elemeinek közelítő méretezése:

- a kondenztartály hasznos térfogata akkora legyen, hogy befogadhassa a kondenztartályba jutó vízáram órai mennyiségét;
- a táptartályok térfogata általában a kondenztartály térfogatának egyharmada;
- a tápszivattyú szállított vízárma tapasztalati adatok alapján az órai kondenzvízáram kétszerese legyen.

Mindezen számításokat persze, a kazán megengedhető vízszintváltozásából számított fajlagos térfogatváltozás alapján pontosabban is meg lehet határozni, a számítás igényessége a feladat jellegétől függ.

Ma már a kompakt kondenzvíz-átemelő állomások gyártói méretezési eljárásokat is szolgáltatnak a katalógusokban. Egyébként az épületgépészet ennek a méretezési eljárásnak során az energiaipar és az erőművi technika szokásaiból merít, kételyek esetén ezen irodalomhoz is fordulhatunk.

#### Irodalom

A 23–35. fejezetek egyesített irodalomjegyzékét lásd a 35. fejezet után!

## 35. A központi fűtési rendszerek szabályozása

### 35.1. A szabályozás feladata

Könnyű belátnunk, hogy mind az állandó és folyamatosan kellemes közérzet biztosítása, mind pedig az energiagazdálkodási és ezzel a környezetvédelmi szempontok teljesítése miatt a fűtési rendszerek szabályozása rendkívül fontos feladat. A szabályozással el kell érünk ugyanis, hogy a külső és belső körülmények állandó változása mellett is mindig biztosítsuk a kellemes, kívánt belső hőmérsékletet. Így nyugodtan kijelenthetjük, hogy a fűtési rendszer jól megoldott szabályozása ugyanolyan lényeges, mint helyes kialakítása és pontos méretezése.

Felhívjuk a figyelmet arra is, hogy a nagyon korszerű, jól szigetelt épületekben az egyes helyiségek belső hőmérsékletét érő zavaró hatások nagyságrendje összemérhető a hőveszteséggel, és ezért mai felfogásunk szerint helyiségenkénti szabályozásra is szükség van.

Ezt a célkitűzést matematikailag értelemszerűen úgy tudjuk megfogalmazni, ha felírjuk a helyiségből eltávozó hőáramot, s biztosítjuk, hogy a hőleadó-hőszállító-hőtermelő egységekből álló rendszer ugyanennyi hőt juttasson a fűtendő helyiségbe. Az összefüggéseket az eddigiekben már rendre megismertük, az alábbiakban csak a szabályozási feladat megoldásához célszerű csoportosításban közöljük a függvénykapcsolatokat.

A felírható egyenletek tehát:

- A helyiség hővesztesége a változó külső meteorológiai körülmények során [34]: (ahogy ezt az „Alapismeretek” kötet „Hőszükséglet” c. fejezetében, a (6.8.), (6.9.), (6.10.) összefüggésekben látjuk)

$$\dot{Q}_{h\bar{o}} = \dot{Q}_{tr} + \dot{Q}_{inf} + \dot{Q}_{egyéb} \quad (35.1.)$$

- Ezt a hőveszteséget pótolja a fűtőtestek által leadott hőáram, ami általánosságban a jól ismert (17.1.), illetve (19.16.) összefüggések alkalmazásával:

$$\dot{Q}_{h\bar{o}} = A_{h\bar{o}} \cdot k \cdot \Delta t_k \quad (35.2.)$$

egyenlettel írható le.

- Az összes hőleadás sugárzással és konvekcióval leadott hőáramra bontható. Ahogy ezt kötetünk „Hőleadók, fűtőtestek” c. fejezetében leírtuk, a konvekciós hőáram elsődlegesen a levegőt, a sugárzó hőáram elsődlegesen a határoló szerkezeteket és egyéb felületeket melegíti fel. A sugárzási és konvekciós arányt azért mutatjuk be, mert elvileg ezekre az egyenletekre van szükségünk akkor, ha részletesen, valamennyi típusú hőleadóra nézve szeretnénk kifejteni azt, hogy hogyan függ a fűtőtest hőleadása a változó fűtőközeg paramétereitől.

Írhatjuk tehát, hogy:

$$\dot{Q}_{hő} = \dot{Q}_{sug} + \dot{Q}_{konv} \quad (35.3.)$$

azaz tovább kifejtve a konvekcióval leadott hőáram:

$$\dot{Q}_{konv} = A_{hő} \alpha_{konv} (t_{hő} - t_{lev}) \quad (35.4/a)$$

A sugárzással leadott hőáram:

$$\dot{Q}_{sug} = A_{hő} \alpha_{sug} (t_{hő} - t_{sug}) \quad (35.4/b)$$

A hőleadókkal és a közérzettel kapcsolatos részletes levezetésekkel bizonyítottuk, hogy az általános fűtéstechnikai feladatoknál az alábbi közelítéssel élünk:

$$t_{lev} \approx t_{sug} \approx t_{eredő} \approx t_b \quad (19.7.)$$

ahol  $t_b$  a sokat emlegetett, fizikailag fiktív fogalom, a helyiség előírt belső hőmérséklete.

- A hőhordozó közeg hőtartalom változása:

$$\dot{Q}_{viz} = \dot{m}_{viz} c_{viz} (t_e - t_v) \quad (35.5/a)$$

illetve:

$$\dot{Q}_{gőz} = \dot{m}_{gőz} r_{gőz} \quad (35.5/b)$$

- A kazánban az energiahordozóból (tüzelőanyagból) felszabaduló hőáram:

$$\dot{Q}_{kazán} = \dot{m}_{üz} H_a \eta \quad (35.6.)$$

(lásd még a (14.10.) összefüggést is!)

Ideális és egyszerűsített körülmények között, azaz, ha eltekinthetünk attól, hogy a kazánból távozó hőáramhoz képest is jelentkezhet még veszteség (pl. fűtetlen helyiségben haladó csővezeték), akkor a

$$t_b = f(t_k, w_{szél}, stb.) = \text{állandó} \quad (35.7.)$$

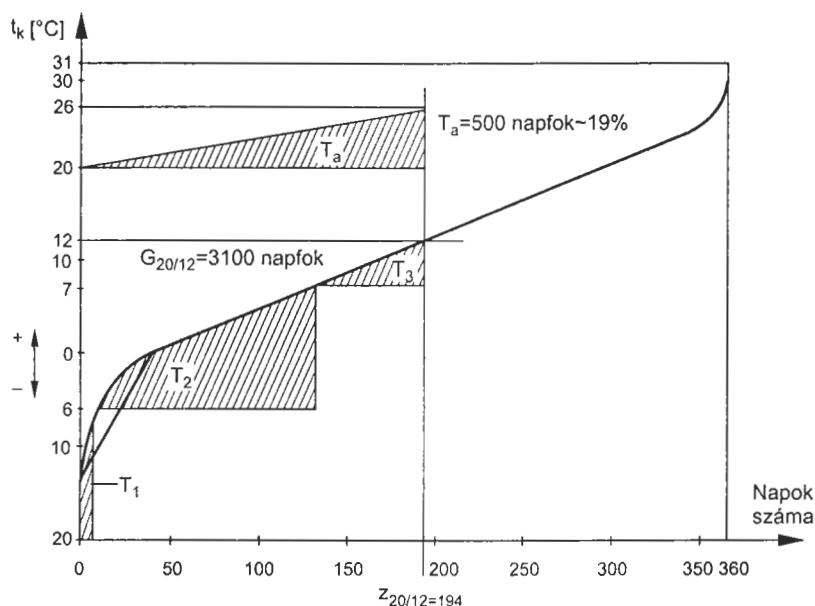
követelményrendszer mellett teljesül a

$$\dot{Q}_{hely} = \dot{Q}_{hő} = \dot{Q}_{víz} = \dot{Q}_{kazán} = \dot{Q} \text{ egyenlet vízfűtésnél, vagy a}$$

$$\dot{Q}_{hely} = \dot{Q}_{hő} = \dot{Q}_{gőz} = \dot{Q}_{kazán} = \dot{Q} \text{ egyenlet gőzfűtésnél.}$$

Matematikailag megfogalmazva így definiálhatjuk tehát a szabályozás azon feladatát, hogy az eredetileg kitűzött, a kellemes közérzetet biztosító belső hőmérsékletet a fűtési idény során a változások mellett is, és azok ellenére fenntartsuk.

Ahhoz, hogy a kérdés energiagazdálkodási vonzatát is tárgyalhassuk, megismételjük itt a hőfokgyakoriság és hőfokhíd fogalmát és ábrázolását (35.1. ábra). Látható, hogy az év milyen kevés napján uralkodik a méretezési állapot, tehát az éves viszonyokat a méretezési külső hőmérsékletnél lényegesen kisebb hőmérsékletek uralkodják. A fűtési idény átlaghőmérséklete Magyarországon 0–4 °C körül mozog. Ilyen körülmények mellett általánosságban azt mondhatjuk, hogy 1 °C belső hőmérséklet növekedés 5–6% energia-felhasználási többlettel jár.



35.1. ábra. A túlfűtés energiatöbblete

( $T_1 - T_2 - T_3$  a három részre osztott kazánfelület működési időtartamát, és a kazánonkénti szabályozás szükségességét mutatja)

A tüzelőanyag-fogyasztás, mint tudjuk, egyenesen arányos a hőfokhíddal. Az ábrán egy másik számítási példát is bemutatunk. Megrajzoltuk azt az esetet, hogy a  $t_b = 20\text{ °C}$  tervezett belső hőmérséklet csak addig áll fenn, ameddig kint a  $t_k = -15\text{ °C}$  méretezési külső hőmérséklet uralkodik. Ha odakint melegszik az időjárás, akkor túlfűtés van. A túlfűtés sokféle okból bekövetkezhet, és változatos méreteket ölthet, rajzunkon részben a tapasztalatokra alapozva, részben az illusztráció és a számítás megkönnyítésére feltételeztük, hogy a fűtési határhőmérséklet elérésekor a belső hőmérséklet  $26\text{ °C}$ , közben pedig a változás lineáris. Ekkor az éves többlet tüzelőanyag felhasználás pl. 19%. A többlet tüzelőanyag-felhasználás pedig a pazarlason túlmenően magával hozza az ismert környezetszennyező hatást is. Arról se feledkezzünk meg, hogy a fűtési idény során a szélsősebesség rendkívül változó, s hogy igen gyakran hasznosíthatjuk a napsugárzás fűtési energiáját, s természetesen a belső hőforrások miatt is csökkenthető a fűtési energiaáram.

E fejezetrészek olvasásakor lapozzunk vissza az „Alapismeretek” kötet „Időjárás” c., valamint „Hőszükséglet” c. fejezetéhez, és kötetünkben tekintsük át „A fűtési rendszerek gazdaságossága” c. fejezetet is, hogy teljes képet kaphassunk a szabályozás elméleti alapjairól és az energiatakarékossági lehetőségekről egyaránt.

## 35.2. A fűtések szabályozásának története és fejlődése

### 35.2.1. Kisnyomású gőzfűtések

Ahogy a fűtési rendszerek kialakításánál láttuk, a gőzfűtések fejlődése és elterjedése általában megelőzte a vízközegű fűtéseket. A kisnyomású gőzfűtés visszaszorulásának egyik fő oka éppen a szabályozás megoldhatatlansága volt, hiszen lényegében a szakaszosság volt az egyetlen eszköz az üzemeltetők kezében. A szakaszos szabályozás önmagában azonban értelemszerűen igen nehezen teljesíti az állandó és egyenletesen kellemes közérzet követelményrendszerét, különösen, ha figyelembe vesszük a tárolási kérdéseket is.

### 35.2.2. Gravitációs melegvízfűtések

A kisnyomású gőzfűtések követte a gravitációs melegvízfűtések korszaka. Gondoljuk át, milyen eszköz volt a kezében annak, aki a gravitációs melegvízfűtést akarta szabályozni, különösen abban a kezdeti korban, amikor e rendszerek még szilárd tüzelőanyaggal működtek?

Aki fűtött, az leolvasta a külső hőmérsékletet, és tapasztalata szerint annyi szilárd tüzelőanyaggal táplálta a kazánt, hogy egy becsült vízhőmérsékletet állítson elő, amely becsült



víz hőmérséklettel éppen a kívánt belső hőmérsékletet lehetett elérni. A szilárd tüzelőanyag miatt persze, a fűtések még részben szakaszosan is működtek.

Miért kell mai fejlett korunkban erről egyáltalán beszélnünk? Azért, mert ahogyan ezt már a kialakításnál és a méretezésnél is említettük, a gravitáció jelensége kisebb-nagyobb mértékben minden szivattyús fűtésben előfordul, és a kérdés ismerete hozzátartozik a fűtések üzemeltetésének egyik legfontosabb fizikai jelenségéhez.

A fűtési rendszerek elméleti alapjainak fejlődésével, és az előbbi fejezetben ismertetett egyenletrendszerek egyre pontosabb felírásával ugyanis később már nem volt arra szükség, hogy becsüljük a külső hőmérséklethez tartozó előremenő hőmérsékletet. Ezt az igen fontos összefüggést ugyanis az előbbiek alapján matematikailag elő lehet állítani.

Vessük össze a hőveszteség (35.1.) számú egyenletét a fűtőtest hőleadásának (35.2.) számú egyenletével. Tegyük ezt abban a formában, hogy a mindenkoros veszteséget, illetve hőleadást vonatkoztatjuk a méretezési állapotra. Az egyszerűség kedvéért a számítást a hőveszteség transzmissziós hányadára mutatjuk be.

$$\frac{\sum A_{hely,i} k_{hely,i} (t_b - t_k)}{\sum A_{hely,i} k_{hely,i} (t_b - t_{km})} = \frac{A_{hő} k \Delta t}{A_{hő} k_m \Delta t_{km}} \quad (35.8/a)$$

Most ismét emlékezzünk vissza a hőleadóknál tanultakra. Vegyük például a mindennapos radiátoros fűtések, ahol a fűtött helyiség levegője és a fűtőfelület között szabad áramlás van, és a fűtőtest a hőáram döntő hányadát konvekcióval adja le. Ezekre a hőleadókra a

$$\dot{Q} = A_{hő} \cdot k (t_{hő,k} - t_b)^{1+M} \quad (35.4/c)$$

összefüggés jellemző abból a szempontból, hogy a hőhordozó közeg, illetve a fűtőfelület közepes hőmérsékletének függvényében hogyan változik a radiátor hőleadása. Ezt az összefüggést lényegében már ismerjük kötetünk „Hőleadók, fűtőtestek” c. fejezetéből. E fejezetben a (19.5.) majd a (19.11.) összefüggésben az „M” kitevő értékét „1/n” jellel jelöltük. A vonatkozó hazai és nemzetközi irodalom mindkét jelet egyformán használja. Emlékezzünk itt vissza, hogy a vékonyfalú, jó hővezető képességgel rendelkező fűtőtest esetében a hőhordozó közeg közepes hőmérséklete megegyezik a fűtőtest fűtőfelületének közepes hőmérsékletével. Ez a feltételezés természetesen csak bizonyos típusú hőleadókra érvényes. Ha bármely más fűtőtest megoldással van dolgunk, részletesen ki kell fejtenünk a (35.4.) egyenletet, és felírunk a hőáram hőmérsékletfüggését. Nyomatékkal jegyezzük itt meg, hogy ez a fejtegetés nem könnyű, de megértése elengedhetetlenül szükséges ahhoz, hogy a szabályozás kérdéseit jól kezelhessük. Ezért e fejezet olvasásakor helyes visszalapoznunk kötetünk „Hőleadók, fűtőtestek” c. fejezetéhez, s csak az ismételten után folytatnunk a szabályozás kérdésének tanulmányozását.

Tegyük a fenti egyszerűsítéssel is egyenlővé a hőveszteséget és a fűtőtest hőleadását:

$$\frac{\sum A_{hely,i} k_{hely,i} (t_b - t_k)}{\sum A_{hely,i} k_{hely,i} (t_b - t_{km})} = \frac{A_{hő} k (t_{hő,k} - t_b)^{l+M}}{A_{hő} k (t_{hő,km} - t_b)^{l+M}} \quad (35.8/b)$$

rendezés és egyszerűsítés után:

$$t_{hő,k} = t_b + \left( \frac{t_b - t_k}{t_b - t_{km}} \right)^{\frac{l}{l+M}} (t_{hő,km} - t_b) \quad (35.9.)$$

és így megkaptuk az összefüggést a hőhordozó közeg közepes hőmérséklete és a külső hőmérséklet között, amit a gravitációs fűtések korában jellemző adatokkal a **35.2. ábrán** mutatunk be. Írjuk fel most a hőveszteség és a rendszerben keringő tömegáram, majd a gravitációs hatásos nyomás és a rendszerben keringő tömegáram egyenlőségét. Az egyenletek formái megjelenése ugyanaz, mint az előbbieken, tehát a mindenkori állapotot a méretezési állapothoz vonatkoztatjuk:

$$\frac{\sum A_{hely,i} k_{hely,i} (t_b - t_k)}{\sum A_{hely,i} k_{hely,i} (t_b - t_{km})} = \frac{\dot{m}_{vz} c_{vz} (t_e - t_v)}{\dot{m}_{vz} c_{vz} (t_{e,m} - t_{v,m})} \quad (35.8/c)$$

és

$$\frac{g \sum h_i \varepsilon_i (t_e - t_v)}{g \sum h_i \varepsilon_m (t_{e,m} - t_{v,m})} = \frac{K \dot{m}^2}{K_m \dot{m}_m^2} \quad (35.10.)$$

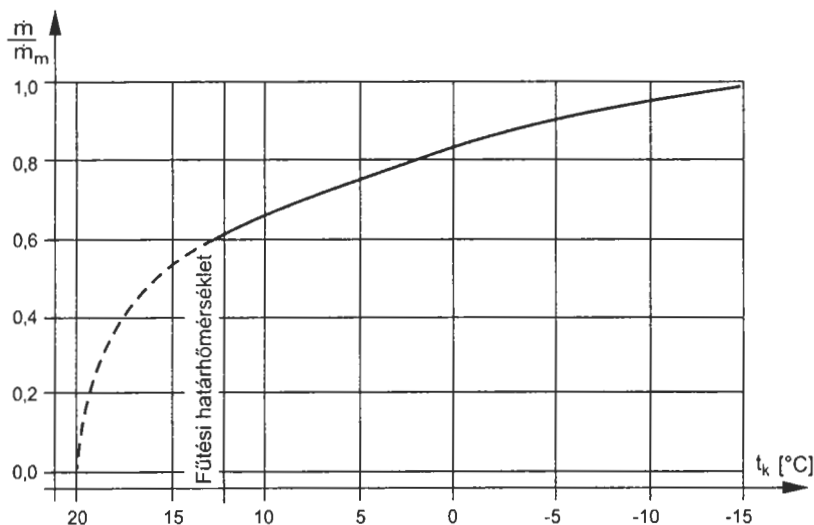
Némi egyszerűsítéssel tételezzük fel, hogy  $\varepsilon_i = \varepsilon_m$  és  $K = K_m$ , és így azt nyerjük hogy:

$$\frac{t_e - t_v}{t_{e,m} - t_{v,m}} = \frac{\dot{m}^2}{\dot{m}_m^2} \quad (35.10/a)$$

Ha most már ezt a (35.10/a) összefüggést behelyettesítjük az (35.8/c) összefüggésbe, és célszerűen rendezzük a kapott egyenletet, adódik hogy:

$$t_e - t_v = \left( \frac{t_b - t_k}{t_b - t_{km}} \right)^{2/3} \cdot (t_{e,m} - t_{v,m}) \quad (35.11.)$$





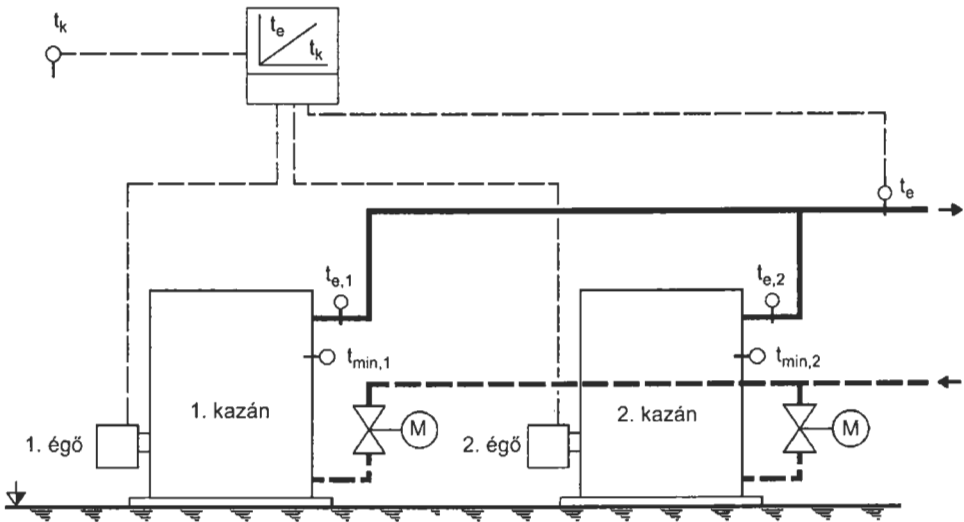
35.3. ábra. A hőhordozó tömegáramának változása gravitációs melegvíz-fűtőberendezésben

A levezetésből és az ábrából az alábbi fontos következtetéseket vonhatjuk le:

- Ha bármely külső hőmérséklet mellett megvizsgáljuk a közepes felületi hőmérséklet vonalig adódó metszeteket, a fűtőtest mindenkor közepes túlhőmérsékletét kapjuk, azaz azt az értéket, amennyivel a fűtőtest közepes hőmérséklete melegebb, mint a helyiség belső hőmérséklete. Ez az érték értelemszerűen csökken a növekvő külső hőmérséklettel. A növekedés mértéke attól függ, hogy milyen jelleggel hűl a helyiség, és hogyan változik a radiátor hőleadása a változó vízhőmérséklet függvényében. Ezzel tehát összefoglaltuk a helyiség lehűlési tulajdonságait, és a radiátor, vagy egyéb hőleadó hőleadási jelleg-görbét, és így teremtettük meg a fűtési szabályozási görbe fogalmát.
- Ugyancsak a növekvő külső hőmérséklettel csökken az előremenő- és visszatérő víz hőmérsékletének különbsége, és a keringő térfogatáram is, tehát arányosan kevesebb hőt szállít a hőhordozó közeg.
- Ehhez a kisebb hőszállításhoz kell igazítani a mindenkor hőtermelő teljesítményét.
- Az eddigiek alapján gondoljuk meg, hogy a gravitációs felhajtóerő fűtőtestenként és áramkörönként változik, hatása tehát adott esetben nem elhanyagolható a következőkben ismertetésre kerülő szivattyús fűtésekben sem.

### 35.3. Szivattyús fűtések

A kötetünkben már többször ismertetett fejlődés során elérkezünk a szivattyús fűtésekhez, majd a szilárd tüzelőanyagot is kiváltja a jól szabályozható gáz- és olajtüzelés. Ez vezetett ahhoz a gondolathoz, hogy az eddig ismertetett szabályozási görbéket automatikus szabályozási körök elemeként alkalmazzuk. Ilyen megoldást mutat példaként a **35.4. ábra**. Mindezekelőtt vizsgáljuk meg azonban, hogyan is alakul a szabályozási görbe a szivattyús fűtésnél.



35.4. ábra. Szabályozási görbe, mint az automatikus szabályozási kör eleme. Példa.

A jobb megértés kedvéért nézzük meg

- először azt az esetet, amikor kizárólag a víz hőmérsékletét szabályozzuk, és a keringő tömegáram állandó. Ezt nevezzük *minőségi szabályozásnak*;
- majd tekintsük változónak a keringő víz térfogatáramát, és tartsuk állandónak a víz hőmérsékletét. Ezt nevezzük *menyiségi szabályozásnak*;
- végül nézzük a ma oly korszerű *kombinált, minőségi és mennyiségi együttes szabályozást*.

Ahogy az eddigi leírásokból a módszer már jól ismert, ez a tárgyalás egyben a fejlődés időbeniségét is követi.

### 35.3.1. Minőségi szabályozás

A gravitációs fűtésnél bemutatott levezetés után most egyszerűen megérthetjük a szabályozási görbe szerkesztését, előállítását. Azt kell csak figyelembe vennünk és jól megértenünk ugyanis, hogy a hőveszteség és a fűtőtest hőleadása között felírt viszony, amit a (35.8/a) és (35.8/b) egyenlet mutat be, nem változik akkor sem, ha szivattyús fűtésről van szó, és így a hőleadó közepes túlhmőrséklete is ugyanaz, mint amit már a **35.2. ábrán** bemutatunk.

A szivattyú azonban állandó térfogatot, illetve tömegáramot szállít, tehát a (35.10.) és (35.10/a) egyenletben az

$$\dot{m} = \dot{m}_m$$

feltétel teljesül. Így az előremenő és visszatérő víz hőmérsékletének különbsége felírható a külső hőmérséklet függvényében.

$$t_e - t_v = \left( \frac{t_{e,m} - t_{v,m}}{t_b - t_{km}} \right) (t_b - t_k) \quad (35.12.)$$

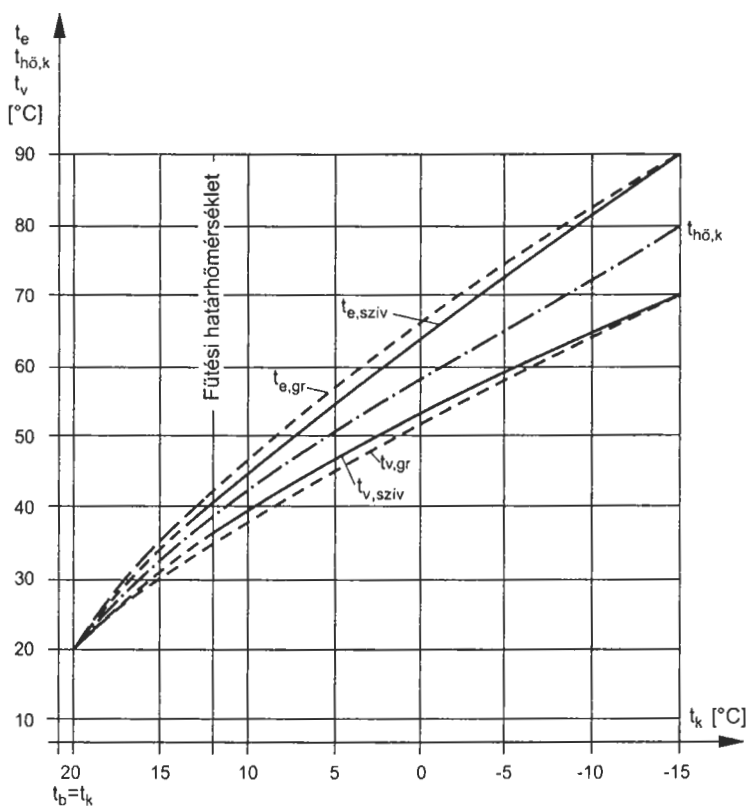
A (35.12.) összefüggésből meghatározható a fűtőtestbe jutó előremenő víz hőmérséklete a külső hőmérséklet függvényében:

$$t_e = t_{h\ddot{o},k} + \frac{t_{e,m} - t_{v,m}}{2(t_b - t_{km})} (t_b - t_k) \quad (35.13/a)$$

És ugyanígy a fűtőtestből visszatérő víz hőmérséklete a külső hőmérséklet függvényében:

$$t_v = t_{h\ddot{o},k} - \frac{t_{e,m} - t_{v,m}}{2(t_b - t_{km})} (t_b - t_k) \quad (35.13/b)$$

Ezeket a görbéket tüntettük fel a **35.5. ábrán**. Szaggatott vonallal ide is berajzoltuk a gravitációs fűtés azonos körülményekre kiszámított szabályozási görbét. A tanulság, amit a görbék együtteséből levonhatunk ismert ugyan, de a megközelítés mégis nagyon érdekes. Mivel ugyanis a gravitációs fűtés esetében az előremenő-visszatérő hőmérsékletek közötti különbség a szabályozás során nagyobb, mint a szivattyús fűtésnél, látszik, hogy az utóbbi esetben a hőtermelő mellett a szivattyú is juttat energiát a rendszerbe. Adott esetben hasonló jellegű vizsgálat fényt deríthet az energetikai megtakarítás lehetőségére.



35.5. ábra. Melegvíz-fűtőberendezés hőmérséklet-szabályozási diagramja

### 35.3.2. Mennyiségi szabályozás

Most az előremenő hőmérséklet állandó, a keringetett tömegáram pedig az igényeknek megfelelően változik. Ezért ebben az esetben az

$$\dot{m} = f(t_k)$$

és a

$$t_v = f(t_k)$$

függvényeket kell előállítanunk a

$$t_e = t_{em} = \text{állandó}$$

feltétel mellett.

Az előbbiekhöz képest a helyzet most annyiban változik, hogy már nem vehetjük figyelembe a közepes hőmérsékletkülönbséget a számtani középértékkel számítva, hanem logaritmikus közepes hőmérsékletkülönbséggel kell dolgoznunk. Ennek oka az, hogy mennyiségi szabályozás esetén a víz visszatérő vízhőmérséklete a meleg külső időjárásnál már megközelíti a helyiség belső hőmérsékletét. (A szabály eredeti, teljes magyarázatához vissza kell lapoznunk kötetünk „Hőcserélők” c. fejezetéhez, a hőcserélők törvényszerűségeinek tárgyalásához!)

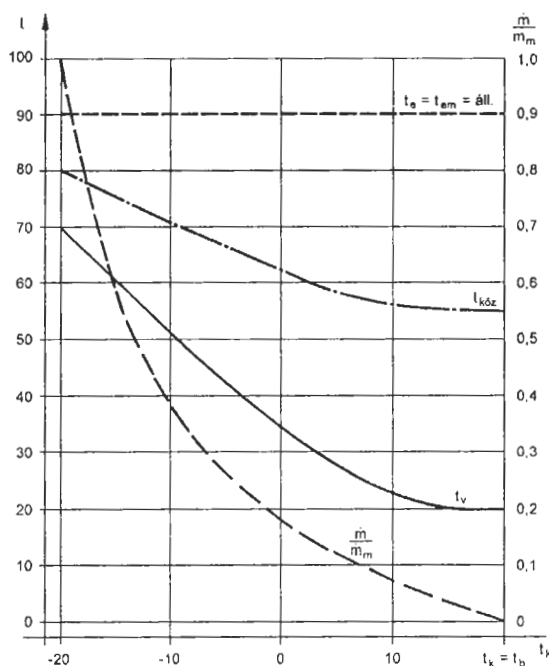
Így a (35.8/a) összefüggést összevetjük a mennyiségi szabályozás törvényszerűségének megfelelő, a vízáram által leadott hővel:

$$\frac{\sum A_{hely,i} k_{hely,i} (t_b - t_k)}{\sum A_{hely,i} k_{hely,i} (t_b - t_{km})} = \frac{\dot{m}_{v\acute{z}} c_{v\acute{z}} (t_{e,m} - t_v)}{\dot{m}_{v\acute{z}} c_{v\acute{z}} (t_{e,m} - t_{v,m})} \quad (35.8/d)$$

A közepes hőmérsékletkülönbség értéke ebben az esetben:

$$\Delta t_k = \frac{t_e - t_v}{\ln \frac{t_e - t_b}{t_v - t_b}}$$

Az így értelemszerűen felírt összefüggésekből meghatározható a szabályozási görbe, amit a hosszadalmas levezetés bemutatása nélkül rajzoltunk fel a **35.6. ábrán**.

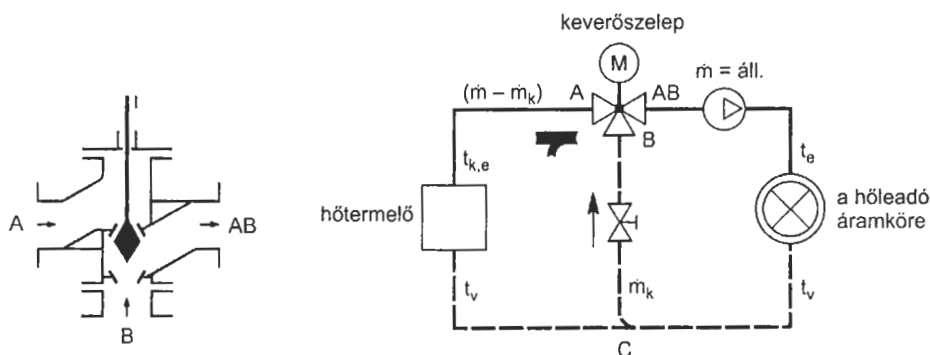


35.6. ábra. Melegvíz-fűtőberendezés mennyiségi szabályozásának diagramja

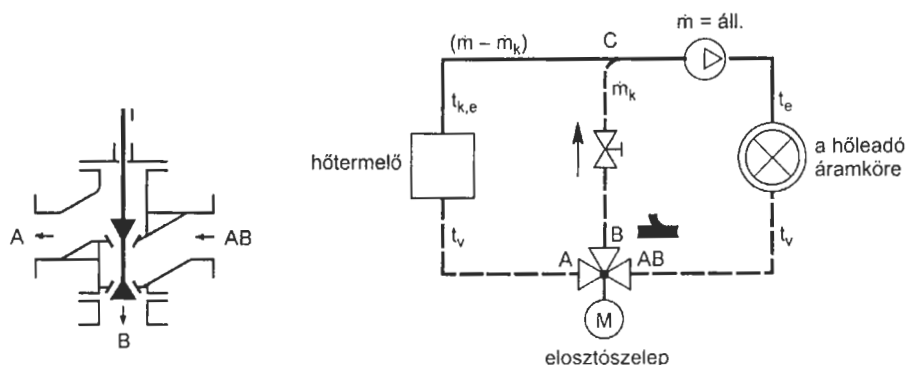


Jól érthető most már az, hogy miért kedvelte olyan soká a fűtéstechika a minőségi szabályozást. Látható az ábrán ugyanis, hogy a tiszta mennyiségi szabályozást alkalmazva a fél fűtési teljesítményhez mintegy 18% tömegáramot kell keringetnünk, és a fél terhelésnél kisebb terhelésű időszakban ennek a 18%-nak a további csökkentésével kellene gazdálkodnunk. Gondoljuk meg másfelől, hogy a fűtési idény nagy hányada éppen ez a fél terhelésnél kevesebb fűtési energiát igénylő időszak. Ez a megoldás egymagában tehát szinte alkalmatlan arra, hogy vele kényelmes és pontos szabályozást valósíthassunk meg.

Ez az oka annak is, hogy a korszerű fűtési rendszerekben a keverést olymódon valósítjuk meg, hogy a hőleadó áramkörében állandó tömegáram keringjen. Ilyen példát mutatunk be a 35.7/a és 35.7/b ábrán. Az állandó tömegáram ez esetben a szivattyú által szállított „ $\dot{m}$ ” érték.



35.7/a ábra. A szelep egyesít, és az előremenőben van ~ a hőleadó áramkörében biztosítandó az állandó tömegáram



35.7/b ábra. A szelep eloszt, és a visszatérőben van ~ a hőleadó áramkörében biztosítandó az állandó tömegáram

A mindenkor keverés eredménye:

$$t_e = \frac{(\dot{m} - \dot{m}_k) c t_{ke} + \dot{m}_k c t_v}{\dot{m} c} \quad (35.14.)$$

A módszer ismerete azért is rendkívül fontos, mert így jutottunk el a ma olyan korszerű kombinált szabályozáshoz. (Lásd még: kötetünk „Csővezetékek és szerelvények” c. fejezetében a háromkapus kétutú szelepek leírását is.)

### 35.3.3. Kombinált minőségi és mennyiségi szabályozás

A kombinált szabályozás egyesíti a mennyiségi és minőségi szabályozás előnyeit. A központi, minőségi szabályozással ugyanis nem lehet figyelembe venni az egyes helyiségek pillanatnyi hőterhelését. Ezért egyenként csökkentjük a fűtőtestbe áramló tömegáramot a már ismert termosztatikus radiátorszelepekkel. A termosztatikus radiátorszelep lezár, ha például a helyiséget erős napsugárzás éri, vagy ha nagy a belső hőterhelés. Jól lehet ezzel a megoldással takarékoskodni, akkor is, ha pl. szellőztetünk. Szellőztetés esetén ugyanis a termosztatikus radiátorszelep megkísérli, hogy a helyiség hőmérsékletét fenntartsa, s ezzel a szellőztetés időtartama alatt mintegy a külső teret fűtjük. Ezért a szellőztetés időtartamára csökkentenünk kell a fűtést, viszont a szellőztetés befejezésekor hamar visszafűthetünk a kívánt belső hőmérséklet értékre.

Ha most már így módon az egész rendszerben állandóan változik a térfogatáram, akkor a rendszer hidraulikai biztonságát és az energiatakarékosságot a változtatható fordulatszámú szivattyúk beépítése jelenti, ahogyan ezt a méretezés ismertetésekor már bemutattuk.

Ugyancsak kényelmesen megoldható a termosztatikus szelepekkel a helyiség csökkentett fűtése, az esetben, ha pl. időlegesen nem használunk egy-egy szobát, vagy ha valahol csak fagymentesítő fűtést kívánunk biztosítani. A kialakításoknál már említettük, hogy e megoldással a fűtést ugyanúgy „elzárjuk”, mint a világítást. Ezért a termosztatikus szelepek alkalmazása igen korszerű, és ha ehhez még fordulatszám szabályozású szivattyút is alkalmazunk, akkor a szivattyúzási munkával is jelentősen takarékoskodhatunk.

### 35.3.4. Fűtési menetrend, a csökkentett és szakaszos fűtési üzem

A korai fűtési rendszerek tárgyalásakor már említettük, hogy az első szabályozási lehetőség a szakaszos fűtési üzem volt. Ez a módszer mára kiteljesedett, és az energiagazdálkodás fontos eszközévé vált. Ma ugyanis nincs akadálya annak, hogy különféle menetrendekkel egészítsük ki a fűtés szabályozását, például, hogy elrendeljük az éjszakai csökkentett üzemet, vagy megszakítást, vagy hogy a hét végén eltérően fűtsünk, mint a munkanapokon, és így tovább.

A szakaszos üzemmel való megtakarítás megállapításának kérdése nem egyszerű feladat. Az vitathatatlan, hogy a megtakarítás sohasem arányos a fűtési üzemszünet időtartamával, hiszen a szünet után felfűtés következik, és ez többlet energia bevitelét igényli. A fűtési üzemszünet, vagy a csökkentett fűtés azonban mindenképpen megtakarítást eredményez, mert időszakosan csökkentett, vagy nulla hőveszteséget pótolunk. Hogy mindennek mi az optimuma, az a közérzeti követelményrendszerrel, az épület funkciójától, a határoló szerkezetek

és a fűtési rendszer hőtehetetlenségétől, és a szabályozás módjától függ, s ez a korszerű fűtéstechnika legszebb és egyben legösszetettebb fejezete. (Lásd még: kötetünk „Fűtési rendszerek gazdaságossága” c. fejezetét!)

### 35.3.5. A korszerű szabályozás követelményrendszere

Mindezek alapján most már megfogalmazhatjuk, hogy milyen követelményeket támasztunk a korszerű szabályozással szemben. A korszerű központi szabályozórendszer lényegében a fűtési rendszer agyközpontja. Feladata, hogy az utáncapcsolt egyedi szabályozókkal együtt optimalizálja a teljes hasznos hőbevitelt, figyelembe véve a csővezetékek hőleadását is. Biztosítani kell, hogy a rendszer az adott körülmények között minimális veszteséggel működjék, a hozzákapcsolt használati melegvíz és egyéb hőellátó rendszerek optimális üzemével együtt. Felügyelnie kell a menetrendet, és biztosítani kell a teljes rendszer valamennyi villamos hajtású berendezésének (keringető-keverő-kazánvédő-tárolószivattyúk) idő- és teljesítményfüggő vezérlését.

Milyen eszközök állnak mindehhez rendelkezésünkre, és hogyan csoportosíthatjuk a fűtések szabályozási rendszereit, és azok elemeit?

## 35.4. A fűtési rendszerek szabályozásának és vezérlésének elemei és megoldási módjai

Mindenekelőtt rá kell világítanunk arra, hogy a mindennapos magyar műszaki nyelvben a „fűtéstechnikai szabályozás” kifejezést nem helyesen használjuk, még akkor sem, ha mindannyian tudjuk, mit értünk e szóhasználat alatt. Helyesen ugyanis irányítástechnikáról, vagy automatizálásról kellene beszélnünk, mely fedi a szabályozás és vezérlés folyamatát és együttesét, s éppen ez az, amit a fűtési szabályozásnál alkalmazunk.

Az irányítástechnika állandóan fejlődő, igen korszerű és nagyon széles tudomány, amit az „Alapismeretek” kötet „Szabályozástechnika” c. fejezete ismertet és foglal össze.

A szabályozás és vezérlés alapja a mérés technika, így mindenekelőtt azt foglaljuk össze, hogy mely mennyiségek mérésére van szükség és lehetőség.

A fűtési rendszerek irányításához az alábbi mennyiségek mérésére van szükség:

- Hőmérsékletmérés
- Nyomásmérés
- Térfogat mérése
- Szintmérés
- Térfogatáram és sebességek mérése
- Hőmennyiség mérése
- Nedvességtartalom mérése

- Gázanalízis, füstgáz- és égéstermék mérése
- Egyéb mérések (fűtőérték meghatározása, Kata érték mérése, pH érték mérése, zajmérés, portartalom mérése, stb. )
- Különböző villamos mennyiségek mérése

Másfelől tudjuk, hogy az irányítástechnikai folyamatok

- szabályozási és
- vezérlési folyamatok lehetnek.

Ha az irányított jellemző pillanatnyi értékének alakulásáról olyan információt kapunk, mely alapján az irányítandó folyamatba állandóan be tudunk avatkozni, annak érdekében, hogy az irányítandó jellemzőt az előírt értékre hozzuk: ez a **szabályozási folyamat és művelet**. Ha azonban az irányított folyamatba való beavatkozás nem a folyamat alakulásáról szerzett információk alapján megy végbe, akkor **vezérlésről** beszélünk.

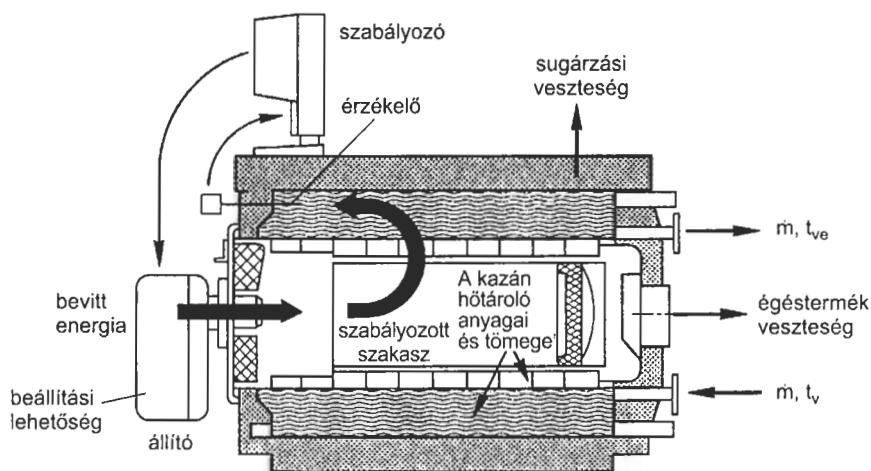
A szabályozás és vezérlés egyaránt lehet **kézi és automatikus** megoldású.

A szabályozástechnikai művelet feladata általában az, hogy a folyamatot fenntartsa és ezen belül bizonyos jellemzőket (esetünkben például a belső hőmérsékletet) állandó értéken is tartson. Ezért például a szabályozással azt kell elérnünk – ahogyan ezt már eddig is megfogalmaztuk –, hogy berendezésünk valamely fizikai jellemzőjét, mely **zavaró hatások** (jellemzők) miatt (pl. a külső hőmérséklet változása) nem kívánatos mértékben változik, célunknak megfelelő értékre hozzuk, és azon is tartjuk.

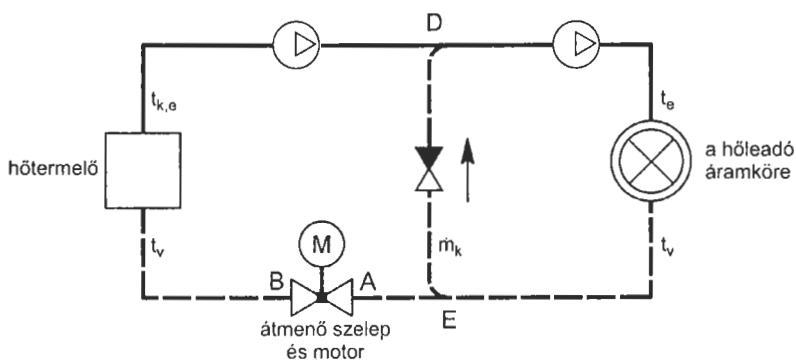
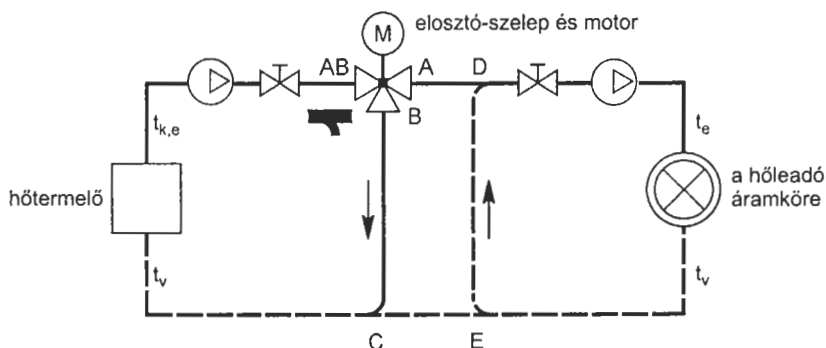
E kérdéses jellemzőt nevezzük **szabályozott jellemzőnek**. Ha nincs módunk arra, hogy ezt a szabályozott jellemzőt közvetlenül befolyásoljuk, akkor valamely más jellemzőt változtatunk meg (például elzárjuk a fűtési vezetékbe épített szabályozó szelepet), és ezzel közvetve változtatjuk meg a belső hőmérsékletet. Ezt a jellemzőt **beavatkozó jellemzőnek** nevezzük. A berendezésnek azt a részét, melyet a beavatkozó jellemzővel befolyásolunk, **szabályozott szakasznak** nevezzük. A szabályozott szakasz a beavatkozás helyénél kezdődik, és a szabályozott jellemző mérésének helyénél ér véget.

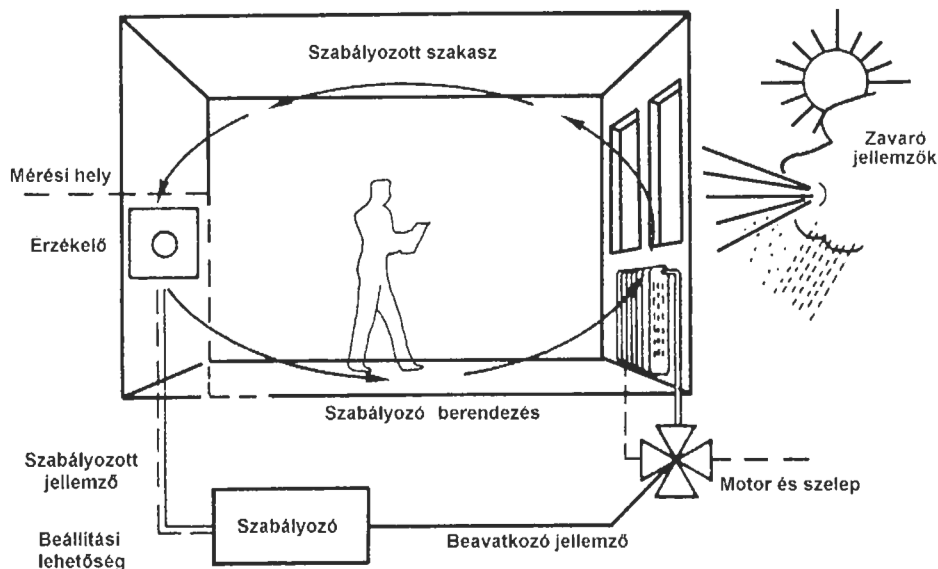
A teljes szabályozási körhöz a szabályozott szakaszon túl hozzátartozik a szabályozó berendezés. A teljes szabályozási kör tehát két nagy elemcsoportból áll, ezek az alábbiak: a szabályozott szakasz, ezek közül a fűtéstechnikában a leginkább jellemzők:

- a kazánvíz hőmérsékletének szabályozása (35.8. ábra),
  - a fűtési rendszer előremenő hőmérsékletének szabályozása (35.9/a és 35.9/b ábra),
  - a fűtött helyiség hőmérsékletének szabályozása (35.10. ábra),
  - a használati melegvíz tároló hőmérsékletének szabályozása;
- a szabályozást megvalósító elemek, ezek közül a fontosabbak:
- az érzékelő szervek és távadók,
  - az erősítők,
  - a végrehajtó szervek és
  - a beavatkozó szervek együttese.



35.8. ábra. A kazánvíz hőmérsékletének szabályozása

35.9/a ábra. Előremenő hőmérséklet szabályozása átmenő szeleppel és keverőággal  
(A hőtermelőben változó a tömegáram!)35.9/b ábra. Előremenő hőmérséklet szabályozása elosztó szeleppel és keverőággal  
(A hőtermelőben állandó a tömegáram!)



35.10. ábra. Fűtött helyiség hőmérsékletének szabályozása

### 35.5. A szabályozók és szabályozott szakaszok osztályozása

A szabályozókat és a szabályozott szakaszokat többféleképpen osztályozzák.

Az időbeni viselkedés szerint ismerünk kétállású és folytonos szabályozókat, segédenergia nélkül és segédenergiával működő szabályozókat (ld. 29.5., 29.6., és 29.7. ábrák).

A folytonos szabályozókat azután átmeneti függvényük szerint csoportosítjuk tovább, és a szabályozott szakaszokat szintén időbeni viselkedésük szerint osztályozhatjuk. E jellemzők ismerete azért fontos, mert a szabályozókat e függvények ismeretében választjuk meg a különféle feladatokra (ld. „Alapismeretek” kötet „Szabályozástechnika” c. fejezet).

A szabályozott jellemző szerint megkülönböztetünk például:

- hőmérséklet,
- nedvességtartalom,
- nyomás- és
- mennyiség szabályozást, stb.

Az alkalmazott segédenergia szerint megkülönböztetünk például:

- segédenergia nélküli,
- elektromos és elektronikus,
- pneumatikus,
- elektropneumatikus szabályozókat.

E felosztást manapság két új megoldással is ki kell egészítenünk. Bemutatásukra a pusztán felsoroláson túl azért van szükség, mert fűtési szakkönyvekben még csak ritkán hallunk róluk. Részletekkel természetesen itt nem foglalkozhatunk, de a jövő miatt a figyelemfelkeltést rendkívül fontosnak tartjuk.

### 35.6. DDC rendszerek, a „Fuzzy Logika”, és a kapcsolat az épület-felügyeleti rendszerekkel

1979, de inkább csak 1980 óta a fűtéstechnika területén is utat tör a programozható irányítás. Egyre inkább háttérbe kerül a hagyományos, előre behuzalozott megoldás, és előtérbe kerül a programozott változat. A programozható irányítás központi eleme a mikroprocesszor, s ezek közös neve a „DDC” rendszer\*. A korszerű DDC rendszerek magukba foglalják a szabályozás, vezérlés és optimalizálás feladatköreinek megoldását. A DDC technika kifejezés rendszere, „szótára”, megoldása, fejlesztése nem a fűtéstechnika feladata. A mi feladatunk az alkalmazás, és ezért a továbbiakban ennek kiterjesztéséről szólnunk néhány szót.

A mikroprocesszoros fűtés szabályozás alkalmazásának egyik legfőbb előnye ugyanis az, hogy közvetlen összeköttetést teremthetünk a szabályozás fölé rendelt *központi épület-felügyeleti rendszerrel*. A szabályozó és az épületfelügyeleti rendszer így ma digitálisan, közvetlenül összeköthető, míg a korábbiakban a hagyományos, analóg megoldásoknál a szabályozás és a felügyelet érzékelőinek vezetékhálózata élesen különvált. Ha a fűtési rendszert digitálisan szabályozzuk, akkor a külön vezetékhálózat nincs szükség. Így a fűtést szabályozó DDC rendszer fölé rendelt úgynevezett „intelligens épületfelügyeleti rendszerek” ellenőrző-naplózó-optimalizáló feladatköre már aránylag egyszerűen és olcsón megvalósítható.

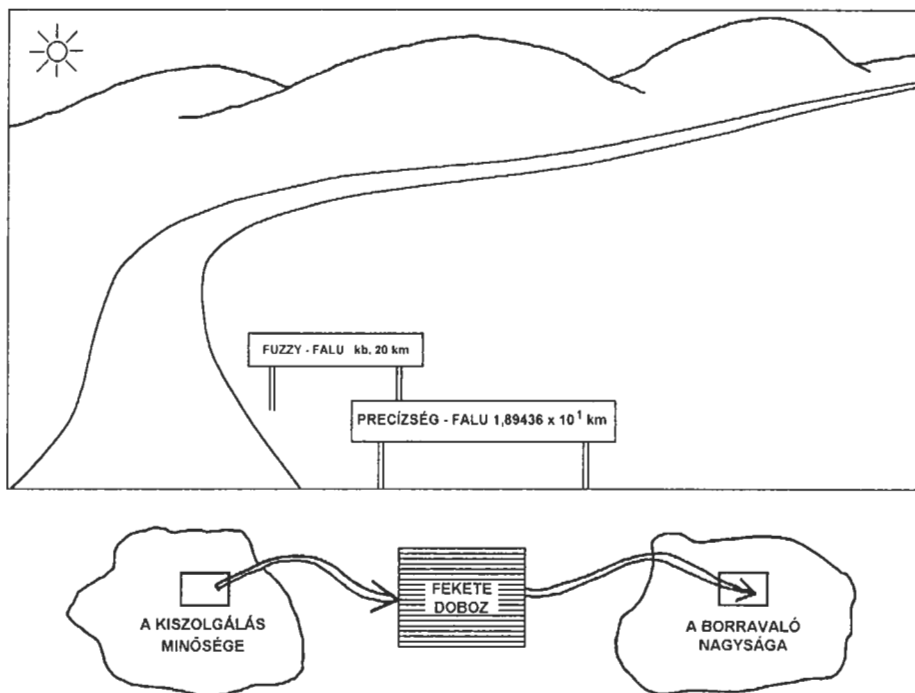
A jövő az intelligens épületé, ahol megvalósítható például, hogy napsütés esetén az épület „télien kinyitja, nyáron becsukja a szemét”, azaz árnyékoló szerkezetekkel nyit és zár a hőterheléstől függően. Számtalan egyéb funkció: tűzvédelem, felvonók működése, biztonságtechnika, betörésvédelem stb. csatlakoztatható e rendszerhez, melynek fejlesztése lassan egész külön szakterületté nővi ki magát.

Még újabb terület a „Fuzzy logika” alkalmazása. Az 1965-ben, a kaliforniai Berkley egyetemen kifejlesztett fuzzy (elmosódott) halmazok elméletét 1982 óta használják a gyakorlatban is. A matematikai módszerekkel egyáltalán nem, vagy csak igen nagy ráfordítással leírható bonyolult folyamatok, melyek éppen emiatt hagyományos „egzakt” szabályozástechnikai eszközökkel gyakorlatilag nem automatizálhatók, szinte kínálják magukat a Fuzzy logika számára. Egy ilyen „Fuzzy” szabályozóban a mérési értékeket – melyek a hagyományos irányítási rendszerekben jól meghatározható, pontos analóg értékek – „életlen” „elmosódott” értékekké, pl. „nagy” vagy „kicsi” jelzővel illethető értékekké alakítják át. Ezt a műveletet nevezzük „fuzzifikálás”-nak. A beállítások vezérlésekor azután e folyamat ellenettétjére, azaz „defuzzifikálásra” van szükség. A Fuzzy szabályozó lényegében egy sor alap-

\* Direct Digital Control rövidítése. Magyarul: Közvetlen digitális irányítás

vető szabály, és egy szerkezeti megoldás együttese. A szerkezeti megoldás képes arra, hogy a szükséges végkövetkeztetéseket levonja. Ez utóbbit nevezzük Fuzzy interferenciának. A Fuzzy logika tehát ideális eszköz arra, hogy összetett, nem lineáris rendszereket modellezzünk és irányítsunk, mert módszeresen kezel minden félreértendő, többféleképpen értelmezhető jelenséget. Ellentétben a hagyományos logika fehér-fekete, igaz-nem igaz világával, a fuzzy logika lehetővé teszi, hogy az igazság fokozataival jellemezzük a rendszerek viselkedését. Így lényegesen, sőt néha drámaian egyszerűsödik a mérnöki problémák döntéseinek alátámasztása, még akkor is, ha nem áll rendelkezésre a szigorú és egyértelmű matematikai megoldás. Mivel a megoldás ennyire újszerű, és még alig-alig van fűtésteknikai alkalmazása, a jövő fűtésteknikusainak figyelemfelkeltése érdekében leírunk egy-két mondatot a „Fuzzy Logic Toolbox User’s Guide” c. füzetből [24].

„... A Fuzzy logika igen kényelmes és megfelelő módszer arra, hogy bemenőjelekből álló teret kimenőjelek terévé alakítsunk át. Mit is értünk ezalatt? Például ezt: mondd el nekem, hogyan szolgáltak ki a vendéglőben, s megmondom, mennyi borravalót kell adnod (35.11. ábra). A munkát tulajdonképpen a bemenő és kimenőjelek közé helyezett fekete doboz végzi el. A fekete dobozban bármi elhelyezhető, a szerzők szerint például: fuzzy rendszerek, lineáris rendszerek, differenciálegyenletek, interpolálásra alkalmas többtényezős táblázatok, vagy az előbbi példánál maradván lusta, vagy szorgalmas szakácsok és pincérek serege is, csak hogy említsünk egy pár lehetőséget...”



35.11. ábra. Fuzzy logika alkalmazási példái



A Fuzzy logika előnyei:

- egyszerű;
- rugalmas;
- türelmes, nem igényel pontos adatokat;
- modellezi a nem lineáris, tetszőleges összefüggéseket;
- ráépíthető bármely szakterület tapasztalataira;
- elegyíthető a hagyományos és megszokott irányítástechnika megoldási módjaital;
- természetes nyelvet alkalmaz, és ezzel kihasználja a beszélt nyelv minden előnyét;
- megmenti az alkalmazót attól, hogy szükségtelen részletekbe bonyolódjék;
- a fontos részleteket tartalmazó, megfelelő mértékű képet tárja elénk.

Példaképpen tekintsünk rá a 35.11. ábrára.

### 35.7. A korszerű fűtéstechikai szabályozás gyakorlati megvalósítása

A fűtéstechika mai fejlettségi fokán a különféle kazánokat előállító, és a szabályozásra szakosodott cégek ajánlják a szabályozási megoldásokat és elemeket, a mindennapok fűtéstechikai gyakorlatában tehát ez általában inkább kiválasztási és megválasztási, mint szó szerint vett tervezési feladat, így könyvünkben mi is ezt a feladatmegoldási módszert támasztjuk alá. Napjainkra ugyanis a szakosodás és a rendszerek bonyolultsága oda vezetett, hogy az igazi megoldás szabályozástechnikai szakembert és szemléletet is kíván. A fűtéstechikust tehát fel kell arra készíteni, hogy jól szabja meg a feladatot, jól válasszon az elé tárt megoldásokból, valamint hogy helyesen értékelje a rendelkezésére álló lehetőségeket, azaz a teljes korszerű irányítástechnika befogadására és alkalmazására legyen képes. Ahogy a DDC rendszerek és a Fuzzy logika leírásakor láthattuk, ez az irányzat a jövőben még tovább erősödik majd.

Itt jegyezzük meg, hogy egyre nagyobb szükség van olyan fűtéstechikai szakemberekre, akik elmélyedtek a gyengeáramú elektrotechnika és az irányítástechnika tudományában, s jól ismerik a fűtéstechika világát is. A hazai épületgépészeti felsőoktatás törekszik is arra, hogy ezt az interdiszciplináris képzést mihamarabb elindítsa.

Igen fontos ugyanis, hogy megfelelő képzettségű szakember gárda fejlessze tovább ezt az igen lényeges rendszertechikai területet.

Nézzük meg a továbbiakban, milyen szóhasználattal élünk a fűtéstechika irányítási gyakorlatában, és mi is az a készlet, ami ma rendelkezésünkre áll. Természetesen a rendkívül gazdag választékból itt csak néhány reprezentatív példát mutatunk be.

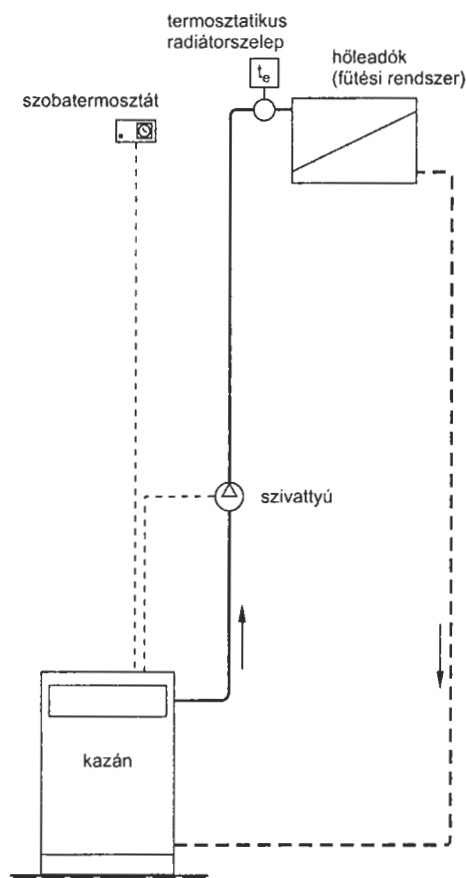
- **Értéktartó szabályozás:** a helyiséghőmérséklet érzékelője a felső határérték elérésekor kikapcsolja a fűtőberendezést, majd az alsó határértéknél bekapcsolja; tehát szakaszos üzemelést eredményez;

Ezt a megoldást igen sok kazángyártó cég szállítja, magunk a **35.12. ábrán** egy példát mutatunk be.

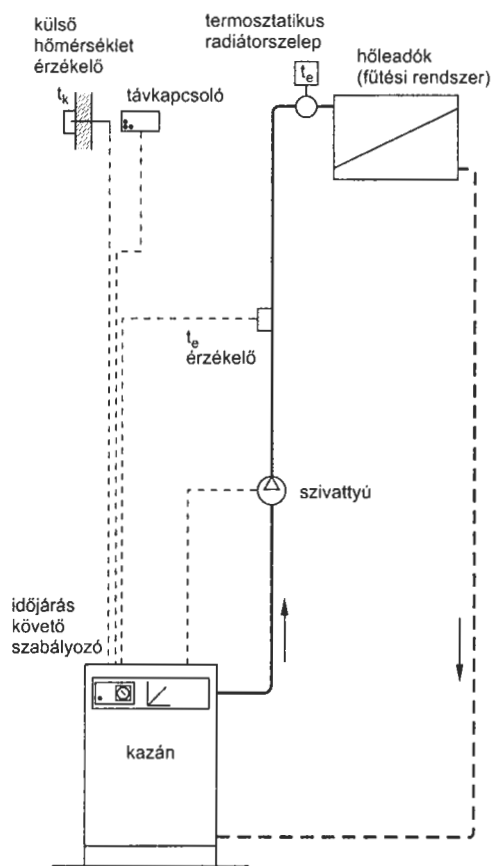
- **Követő szabályozás:** a hőszállítás mértéke (hőhordozó hőmérséklete vagy mennyisége) az uralkodó zavaró jellemző (időjárás vagy külső hőmérséklet) alakulását követi. Ez elvileg azt jelenti, hogy az alapjel is üzemszerűen változik.

Erre a megoldásra mutat példát a **35.13. ábra**. Megjegyezzük, hogy e megoldást sokszor és tipikusan ott alkalmazzák, ahol egy épület két homlokzata erőteljesen két égtáj felé néz. Ilyenkor érdemes égtáj szerint bontanunk a szabályozást. Természetesen az égtáj szerinti bontásnál két külső hőmérséklet érzékelőt, és két szabályozót alkalmazunk.

Lehet persze, az épületeket „mag”-ra, és „høj”-ra is bontani, sok ilyen feladatot ad a korszerű építészet. Ilyenkor lehet a magot a belső hőmérséklet szerint, a peremet pedig az időjárás változása szerint szabályozni.



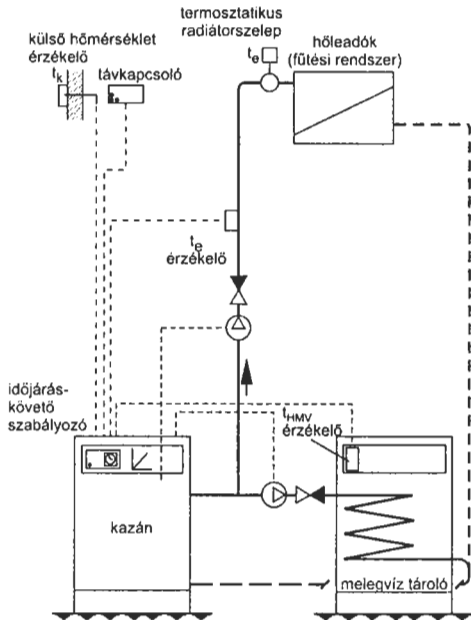
35.12. ábra. Értéktartó szabályozás [62]



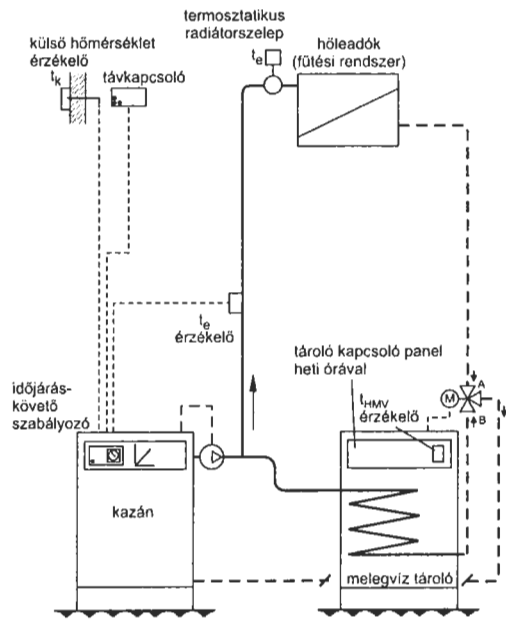
35.13. ábra. Követő szabályozás [62]

- **Fűtés és használati melegvíztermelés együttes szabályozása.** Erre mutat példát a 35.14. és 35.15. ábra.

Figyeljük meg külön a 35.15. ábrán, hogy a használati melegvizet óra vezérli, a feladat ezen része tehát nem szabályozás, hanem vezérlés.



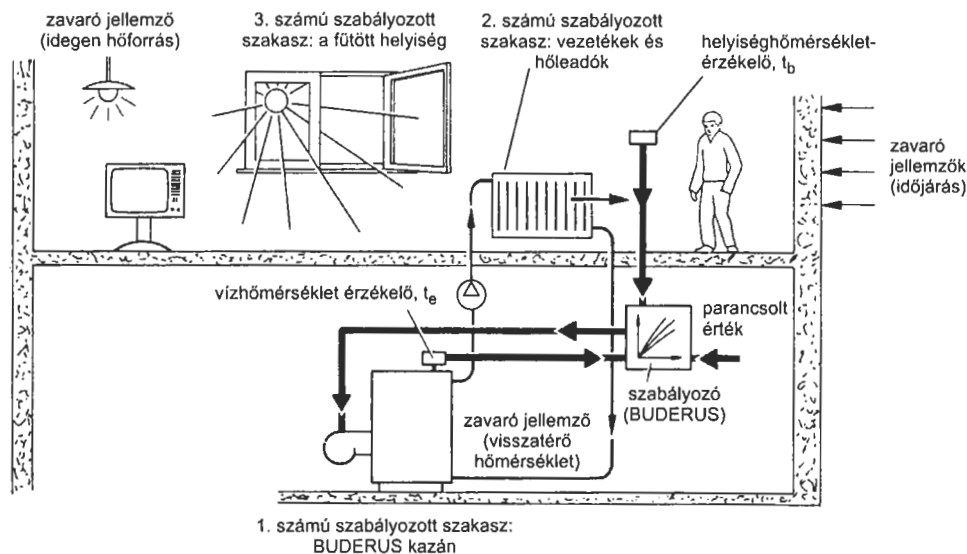
35.14. ábra. Követő fűtésszabályozás és szivattyús, előnykapcsolású HMV termelés [62]



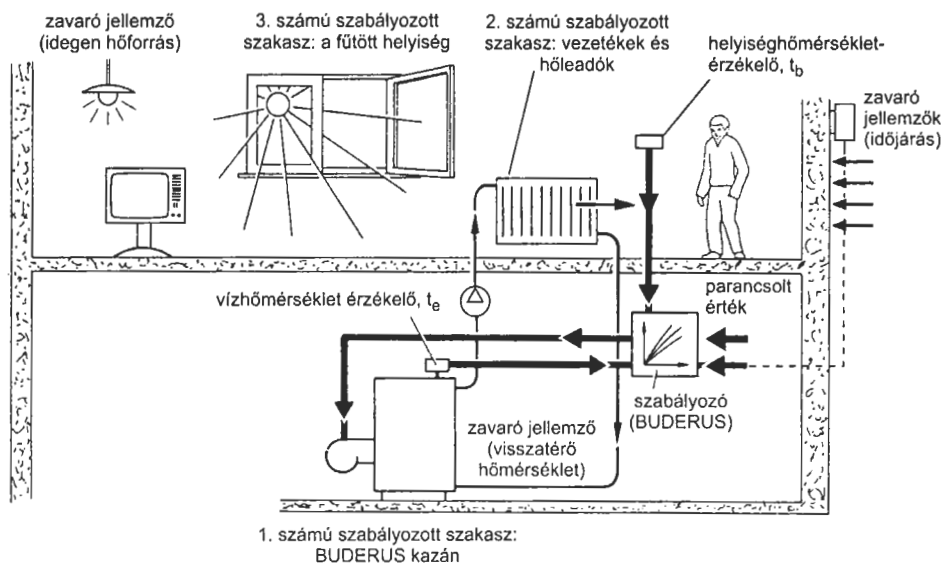
35.15. ábra. Követő fűtésszabályozás és előnykapcsolású HMV termelés [62]

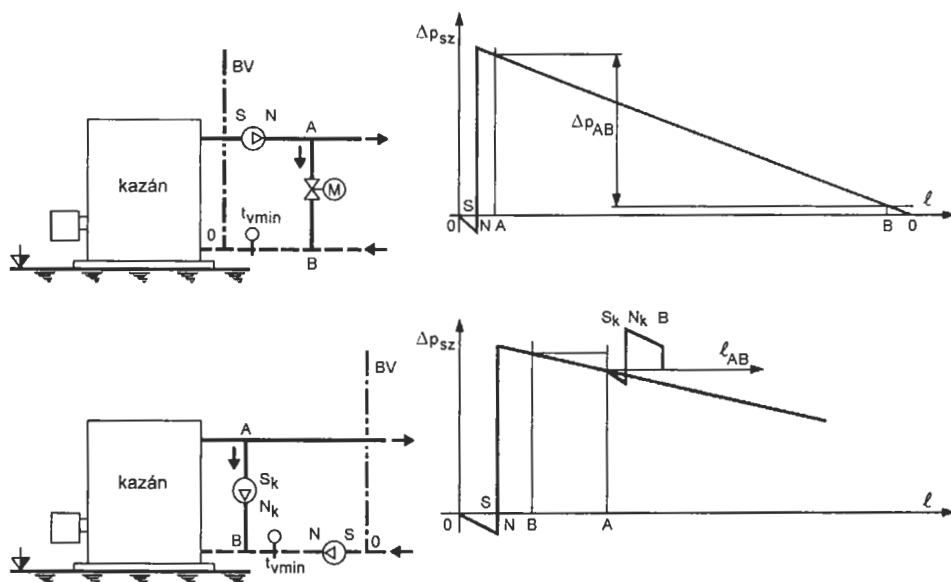
- Ugyanígy bármely fűtési feladat is kiegészíthető *menetrendi* követelményekkel is, megfelelő órakerkezettel; így az előírt érték napi és heti időtartamon belüli változásának rendre tetszés szerint megszabható.

- A **kaskád szabályozás** azt jelenti, hogy a szabályozási körön belül újabb kört alakítunk ki, a hatásláncot hurkolttá tesszük. Ezen korszerű megoldásra mutat példát a **35.16.** és **35.17.** ábra.



35.16. ábra. Kaskád szabályozás [10]





35.18. ábra. Kazánvédő szivattyús keverések

- Megemlítjük még, hogy a korszerű szabályozásnak gyakran önálló eleme a **kazánvédő szivattyú**, mely nem engedi, hogy a korszerű, kishőmérsékletű fűtésnél a korrózió megelőzése érdekében a kazánokba bizonyos hőmérsékletnél kisebb hőmérsékletű visszatérő víz jusson (35.18. ábra)

Mindezen megoldásokra a 25.55., 25.56., 25.57., 25.58., 25.60. ábrákon már mutattunk korszerű, összefoglaló példákat, lapozunk vissza oda is, mielőtt e fejezet tanulmányozását befejeznénk.

**Irodalom**

A 23–35. fejezetek irodalomjegyzéke

- [1] 532/91. PHARE projekt:  
*A távfűtés korszerűsítési lehetőségeinek demonstrálása Nyíregyházán*  
Összeállította: Homonnay, G.
- [2] ASHRAE Handbook 1982 *Applications*, 1983 *Equipment*, 1984 *Systems*,  
1985 *Fundamentals*  
Tullie Circle, N.E., Atlanta, GA 30329, 1991.
- [3] ASHRAE Handbook 1996  
*HVAC Systems and Equipment*  
Tullie Circle, N.E. Atlanta, GA 30329, 1991.
- [4] Bánhidi, L. – Kajtár, L.:  
*Komfortelmélet*  
Műegyetem Kiadó, Budapest, 2000.
- [5] Barótfi, I.:  
*Energiafelhasználói kézikönyv*  
KÖTECH Kft., Budapest, 1993.
- [6] Barótfi, I.:  
*Javaslat az épületgépészet szakterület fejlesztésére*  
Magyar Épületgépészet, 2001.
- [7] Bartha, Á.:  
*Az automatika alapjai*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1974.
- [8] BAUSOFT Pécsvárad Bt.:  
*Épületgépészeti méretezési programok*
- [9] Brünner, H.:  
*Központifűtés – szerelés*  
B+V Lap- és Könyvkiadó Kft., Magyar Mediprint Szakkiadó Kft., 1995.
- [10] BUDERUS  
*Handbuch für Heizungstechnik I–II.*  
Beuth Verlag GmbH, Berlin-Wien-Zürich, 1994.
- [11] Buderus Heiztechnik, Katalogteil 8, Arbeitsblätter,  
Katalog 94/1 für Heizkessel
- [12] Büki, G.:  
*Energetika*  
Műegyetem Kiadó, Budapest, 1997.
- [13] Czíkó, M.:  
*Központi fűtés I–II–III. Épületgépész hallgatók részére*  
Tankönyvkiadó, 1971.

- [14] Csoknyai, I.:  
*Egycsöves fűtésű helyiségekben kialakuló hőmérséklet*  
Épületgépészet, 1973.
- [15] Elosztóhálózatok hidraulikai besabályozása  
Tour Anderson AB kiadványa 1992.
- [16] Elsner, N. – Kraft, G.:  
*Lehrbuch der Heizungs-Lüftungs- und Klimatechnik*  
Verlag Steinkopff, Dresden, 1969.
- [17] Erdősi, I.:  
*Vízellátás és csatornázás Egyetemi jegyzet*  
Tankönyvkiadó, Budapest, 1981.
- [18] EU szakmai szabványok alkalmazása tanfolyam, CD lemezen  
TEMPUS-IB-JEP-1485-99
- [19] FÉG THERM csökkentett magasságú FÉG-VESTALE rendszerű MODUL KAZÁN  
Tervezési Segédlet, 1990.
- [20] FÉG THERM Gázkészülékgyártó Rt.  
Tervezési információk, MINI VESTALE MODUL KAZÁN,  
Tervezési segédlet, 1990.
- [21] Fekete, I.:  
*Épületfizika kézikönyv*  
Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1985.
- [22] Finta, J.:  
*Mit vár a korszerű építészet az épületgépészettől – Előadás*  
BME-ÉTE, 2001.
- [23] FLAMCO  
Katalógus – 1992.
- [24] Fuzzy Logic Toolbox útmutató, 1990.
- [25] Garbai, L. – Dezső, Gy.:  
*Aramlás energetikai csővezetékrendszerekben*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1986.
- [26] Garbai, L.:  
*Hőenergiagazdálkodás. Alapfogalmak. Lakossági-kommunális távhőellátás*  
Barótfi, I.: Energiafelhasználói kézikönyv  
KÖTECH Kft., Budapest, 1993.
- [27] Gruber, J. – Blahó, M.:  
*Folyadékok mechanikája*  
Tankönyvkiadó, Budapest, 1971.
- [28] Hansen, E. G.:  
*Hydronic System Design and Operation*  
McGraw-Hill Book Company, 1985.

- [29] Homonnay, Gyné:  
*Fernheizungen*  
Verlag C. F. Müller, Karlsruhe, 1977.
- [30] Homonnay, Gyné – Molnár, Z.:  
*Fűtéstechika*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.
- [31] Homonnay, Gyné:  
*Fűtéstechika I. Egyetemi jegyzet*  
Tankönyvkiadó, Budapest, 1976.
- [32] Homonnay, Gyné:  
*Fűtéstechika II.*  
Főiskolai jegyzet, Debrecen, 1996.
- [33] Homonnay, Gyné:  
*Távfűtések Egyetemi jegyzet*  
Tankönyvkiadó, Budapest 1975.
- [34] Homonnay, Gyné:  
*Táv hőellátás I–II. Főiskolai jegyzet*  
PMMF, Pécs 1979.
- [35] KIPSZER KONDENZ Kft.:  
*Hogyan lehet a gőztermelést és felhasználást hatékonyabbá tenni az ipar területén*  
Tervezési segédlet, 1999.
- [36] Kiss, R. (főszerkesztő):  
*Táv hőellátási zsebkönyv*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1977.
- [37] Kónya, T.:  
*Használati melegvíztermelő berendezések Segédlet*  
KLTE, Debrecen, 1995.
- [38] Korszerű radiátoros fűtési rendszer WIRSBO csövekből  
Tervezési segédlet  
FG-4, Budapest 1993.
- [39] Kraft, G.:  
*Heizungstechnik*  
Verlag Technik GmbH, Berlin, 1991.
- [40] Lőrincz, B.:  
*Hőmérséklet- és fűtőszabályozás I. Főiskolai jegyzet*  
YMMF, Debrecen, 1994.
- [41] Lőrincz, B.:  
*Mérés- és irányítástechnika Főiskolai jegyzet*  
Tankönyvkiadó, Budapest, 1975.



- [42] Macskásy, Á. – Bánhidi, L.:  
*Sugárzó fűtések*  
Akadémiai Kiadó, Budapest, 1985.
- [43] Macskásy, Á.:  
*Távfűtő berendezések tervezésének egyes kérdései*  
Épületgépészet, 1995.
- [44] Macskásy, Á. és szerzőtársai:  
*Központi fűtés I. és II.*  
Tankönyvkiadó, Budapest, 1975.
- [45] Menyhárt, J. és szerzőtársai:  
*Az épületgépészet kézikönyve*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978.
- [46] Menyhárt, J.:  
*Légtechnikai rendszerek*  
Tankönyvkiadó, Budapest, 1990.
- [47] Menyhárt, J.:  
*Melegvízfűtések Egyetemi jegyzet*  
Tankönyvkiadó, Budapest, 1968.
- [48] MOFÉM  
*Tervezési Segédlet termosztatikus szelepekkel felszerelt fűtési rendszerekhez*  
Összeállította: Stojanovics, J. – Baumann M. MOFÉM – Csoma Gyártó és Kereskedelmi Kft.
- [49] Molnár, L.:  
*Hőenergiagazdálkodás. Lakossági-kommunális hőfelhasználás*  
Barótfi I.: Energiafelhasználói kézikönyv  
KÖTECH Kft., Budapest 1993.
- [50] Molnár, Z. – Erdősi, I. – Csoknyai, I.:  
*Szabályozott áramkörök térfogatáram változásának vizsgálati módszere*  
Épületgépészet, 1976.
- [51] Molnár, Z.:  
*Fűtéstechnika II. Egyetemi jegyzet*  
Tankönyvkiadó, Budapest, 1977.
- [52] Molnár, Z.:  
*Fűtőtest hőteljesítmény fokozásának lehetősége a hőközlés módozata szempontjából*  
Épületgépészet, 1978.
- [53] Pattantyús, Á. G.:  
*Gyakorlati áramlástan*  
Tankönyvkiadó, Budapest, 1959.
- [54] Recknagel, H. – Sprenger, E. – Schramek, E. R.:  
*Fűtés- és Klimatechnika 2000*  
Dialóg Campus Kiadó, Budapest-Pécs, 2000.

- [55] Rietschel-Raiss:  
*Fűtés és légtechnika*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1964.
- [56] Schramek, E. R. (Recknagel-Sprenger):  
*Taschenbuch für Heizung+Klimatechnik 2000* (69. Auflage)  
R. Oldenbourg Verlag, München-Wien, 1999.
- [57] SPIRAX-SARCO GmbH:  
*A gőz és kondenztechnológia alapjai*  
Levelező tanfolyam kiadványa, Konstanz, 1990.
- [58] Stojanovits, J.:  
*Központi fűtés I-II-III. Főiskolai jegyzet*  
PMMF, Pécs, 1988.
- [59] TA-WIRSBÓ Műszaki tájékoztató
- [60] Tervezési Segédlet,  
FG-4, Budapest, 1993.
- [61] Turner, W. C.:  
*Energy Management Handbook*  
The Fairmont Press, Lilburn, GA, USA, 1993.
- [62] Vaillant  
*Tervezés és szerelés Gyakorlati kézikönyv*  
Fűtés, szabályozás, melegvízellátás
- [63] Viesmann, H.:  
*Viesmann Heizungshandbuch*  
Gentner Verlag, Stuttgart, 1987.
- [64] WILO 1996 évi katalógus,  
Saniter: Szivattyúk és rendszerek  
Fűtés: Szivattyúk és rendszerek
- [65] *Zárt fűtési rendszerek*  
Tervezési segédlet G-91, Budapest 1985.
- [66] Zöld, A. és társai:  
*Épületfizika Építésmérnöki Kar, Egyetemi jegyzet*  
Műegyetemi Kiadó, 1995.
- [67] Zöld, A.:  
*Energiatudatos építészet*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1999.

## 36. Különleges fűtések

### 36.1. Mit nevezhetünk manapság különleges fűtésnek?

Ahogy kötetünk bevezető soraiban rögzítettük, a fűtések feladata általában az, hogy a zárt teret télen az emberi tartózkodás számára alkalmassá tegyék. Tudományos kifejezéssel élve: télen, a zárt térben biztosítsuk azt, hogy az ember fölös hőjétől kellemes testfelületi hőmérséklet mellett szabaduljon meg, egyidejűleg eleget téve az energiagazdálkodás és a környezetvédelem elvárásainak.

Miért állította ez az egyszerűen és természetesen hangzó meghatározás az utóbbi évtizedekben egyre nehezebb és bonyolultabb feladatok sora elé a fűtéstechikai kutatót, fejlesztőt, tervezőt, gyártót, kivitelezőt és üzemeltetőt? Miért vezetett oda a feladat teljesítése, hogy amit tegnap még különleges fűtésnek neveztünk, az ma már a mindennapi megoldások sorába tartozik, és egyre újabb, különlegesnek nevezhető rendszerekkel kell foglalkoznunk?

Az okok a következőkben keresendők:

- Rendkívüli módon kiszélesedett a fűtési feladatok száma, mert az úgynevezett kommunális fűtési feladatokon túlmenően a sportlétesítmények, a gyülekezési helyiségek, az ipar, a mezőgazdaság, a járművek új fűtési megoldások sorát igénylik. A kommunális ellátás körébe soroljuk a lakásokon túlmenően az iskolák, irodák, egészségügyi létesítmények, üzletek, kereskedelmi hálózatok, szolgáltató létesítmények egész családját, de ezzel együtt és ezen túl is megannyi új funkció, modern, flexibilisen elrendezhető, többcélú, reprezentatív épület; a luxusos fogadóhelyiségek, bankok, pénzügyintézetek; az olyan szélsőséges igények, mint a nyitott teraszok és lelátók; az uszodák új meg új feladatok elé állítják a fűtési rendszer tervezőjét, akinek új meg új esztétikai igényeknek is eleget kell tennie.
- Gyorsan változik és nagyon szélsőséges megoldások között ingadozik az építési módok sora. A nagytehetetlenségű, vastag falú épületektől az egészen könnyű szerkezetekig, a csupa üveg tornyokig mindent megtalálunk. Változatos az épületek alakja, fűdém szerkezete, elrendezése, megjelenése. Gondoljunk itt egy pillanatra a rekonstrukciók, rehabilitációk és foghíjbeépítések építési megoldásának sorára, és ugyanakkor az új, és egyben új típusú épített létesítmények megjelenésére.

- A jól szigetelt nyílászárók bevezetése elengedhetetlenné tette a kiegészítő mesterséges szellőzést, így a fűtés és légellátás kombinációja új jelentőséget kapott.
- Fokozódik a kényelmi igény; a komfort, a higiénia, az egészségügy kutatásai ezért át- meg átszövik, módosítják és fejlesztik a korszerű fűtési elgondolások alapjait.
- Egyre nagyobb az energiatakarékos megoldások szerepe. Az energiatakarékosság ma már egész rendszert alkot: befolyásolja az épületek szigetelését, a nyílászárók tömítettségét, a hőtermelő berendezések hatásfokát. Ez azért is döntő kérdés, mert így a legutóbbi időben nagyon lecsökkent az épületek, helyiségek, általában a fűtött létesítmények fajlagos hővesztesége. Ezért aránylag kis hőmérsékletű fűtőközeggel is fedezhető a veszteség. Másfelől a hőtermelésre szánt korszerű kazánok hatásfokát úgy növelték, hogy kifejlesztették a kötetünk „Központi fűtések kazánjai” c. fejezetében leírt kishőmérsékletű, és kondenzációs kazánokat, melyek eleve ilyen paraméterekkel állítják elő a fűtési melegvizet. Ugyanakkor előtérbe került az ún. nem hagyományos energiahordozók sora, és a különféle napkollektorok és hőszivattyúk, a geotermikus energiaforrások általában szintén kis hőmérsékleten bocsátják rendelkezésünkre a fűtésre szánt energiát. Nagyon röviden összefoglalva ez az oka annak, hogy a hőleadó és hőtermelő oldaláról az utóbbi 20 esztendőben egyaránt a kis hőmérsékletű fűtés felé haladt az épületgépészeti gyártás és rendszertervezés. E kérdések mélyebb tanulmányozása érdekében érdemes áttanulmányoznunk az „Alapismeretek” kötet „Energiagazdálkodás” c. fejezetét, valamint a fent említett fejezet „Kishőmérsékletű és kondenzációs kazánok” c. pontját is.
- Korunk nagy kihívása a környezetvédelem, ami igen szorosan függ össze a fűtéstechnikai megoldások módszereivel, eljárásaival, alkalmazott szerkezeteivel és berendezéseivel. A környezetvédelmi követelmények teljesítése általában költséges beruházás, ami a mindennapi közgazdasági értelemben igen nehezen, vagy egyáltalán nem amortizálódik. Természetesen e beruházások amortizációs ideje döntően függ a mindenkori energiaáraktól. A hazai energiaárak illesztése a mindenkori nemzetközi piachoz nemzetgazdaságunk közismert égető kérdése és gondja, és természetesen befolyásolja a nem hagyományos energiahordozók, a megújuló energiaforrások fűtéstechnikai elterjedésének ütemét is. E problémakörrel még bővebben beszélünk majd a napkollektorokról és a hőszivattyúkról szóló fejezetben, de rögzítsük addig is, hogy ha kevesebb tüzelőanyagot égetünk el, azzal kevesebb a szennyezőanyag kibocsátás is, így az energiatakarékossági célkitűzések teljesítésével egyidőben tehetünk eleget a környezetvédelem követelményeinek is.
- Természetesen azzal együtt, hogy a sokfunkciós, sokféle építési móddal készült, gyakran luxus igényeket reprezentáló épületeket is fűtenünk kell, nem mondhatunk le arról, hogy keressük a minél olcsóbb, és minél egyszerűbben kivitelezhető fűtési rendszereket is. Ilyen módon a kis beruházási költség is szerepet játszik a különféle változatok kialakításának során. Ugyanakkor megfontolás tárgyát képezi a meglévő épületek, építményfajták, épületegyüttesek elavult fűtési rendszereinek átalakítási módja és metodikája is.
- Végül gondolkoznunk kell azon is, hogy napjainkra a rohamosan fejlődő technikai ágazatok (hadiipar, űrkutatás, irányítástechnika) eredményeit igen gyorsan átveszi a

fűtéstechikai ipar. Ezért rendkívül korszerű szabályozások, vezérlések, hő- és áramlástan újítások szövik át a mai hőellátás megoldásait és rendszerét is, lehetőséget adva arra, hogy a legkülönbözőbb ötleteket, módszereket és eljárásokat ötvözve tervezzük meg egy-egy létesítmény fűtését.

## 36.2. A különleges fűtések csoportosítása

Mindezen felsorolt okok miatt, valamint azért, mert olyan dinamikus korban élünk, amikor e kötet megírásának pillanatában is új és új igények keletkeznek, és új és új műszaki fejlesztési válaszok születnek, nem lehet tökéletes és minden szempontból megfelelő választ adni a kérdésre, hogy mit is nevezünk különleges fűtésnek? S hogy vajon mi mindent kell felsorolnunk és megtárgyalnunk azokon, a ma már hagyományosnak, vagy lassan elavultnak nevezhető rendszereken túl, melyeket kötetünk eddigi, a központi fűtések tárgyaló fejezeteiben bocsátottunk közre.

A fűtéstechikai irodalom és ipar jelenlegi ismeretében a különleges fűtések keretében

- a sugárzó fűtések,
- a légfűtések,
- valamint a megújuló energiaforrásokkal működtetett, jelentősebb fűtési módok ismertetése elengedhetetlen ahhoz, hogy a „Fűtéstechika” kötet megfeleljen korunk követelményrendszerének. (Ezzel a következő, 37–45. számú fejezeteink tartalomjegyzékét meg is határoztuk.)

A műszaki tudományok mai fejlettségének és változatosságának szintjén arra lehet csak törekednünk, hogy minden új megoldásra felhívjuk a figyelmet, és módot adjunk arra, hogy érdeklődés és az élet hozta feladatok szerint mindenki állandóan kiegészítse tudását.

Ezért igyekeztünk azon, hogy korszerű és gazdag irodalomjegyzéket állítsunk össze, és ezért nyújt sokszínű tájékoztatást a különféle elemeket, berendezéseket és rendszereket kínáló hirdetések sora is.

A különleges fűtések történeti áttekintését kötetünk „A fűtések története” c. bevezető fejezetében találjuk.

### Irodalom

A 36–45. fejezet irodalomjegyzékét lásd egyesítve a 45. fejezet után.

## 37. Sugárzó fűtések néhány elméleti kérdése

### 37.1. Mit nevezünk sugárzó fűtésnek?

Kötetünk „Hőleadók, fűtőtestek” c. fejezetében részletes, elméleti levezetéssel adtuk meg a sugárzó fűtés meghatározását. Ezek szerint: a sugárzó hőleadó a fűtött helyiségben az energiát döntően sugárzással adja át környezetének.

A 19. fejezetben kifejtettük azt a (19.3.) jelű összefüggést, melynek értelmében a hőleadó hőcserét bonyolít le valamennyi, egymástól különböző belső felülettel, valamint a helyiség levegőjével, azaz hőjét sugárzás és konvekció útján adja át a környezetnek.

$$\dot{Q}_{fű} = \dot{Q}_{sug} + \dot{Q}_{konv} \quad (19.3.)$$

Kifejtve a hőáram összefüggését felírhatjuk, hogy a felületről a környezetbe áramló hő a felület, a hőátadási tényező, és a hőmérsékletkülönbség szorzata:

$$\dot{Q}_{fű} = A_{fű} \cdot \alpha_{fű} \cdot (t_{fű,köz} - t_b) \quad (37.1.)$$

Mivel – ahogy az említett fejezetben láttuk – a sugárzásos és a konvekciós hőleadás fizikai mechanizmusa egymástól gyökeresen különbözik, válasszuk el e két formát egymástól:

$$\dot{Q}_{fű} = A_{fű} \cdot \alpha_{sug} \cdot (t_{fű,köz} - t_b) + A_{fű} \cdot \alpha_{konv} \cdot (t_{fű,köz} - t_b) \quad (37.2.)$$

A sugárzó fűtések részletes tárgyalásához ismernünk kell:

- a sugárzás alapvető törényszerűségeit,
- az eredő hőmérséklet, belső hőmérséklet, sugárzási hőmérséklet fogalmát,
- a felület és felület közötti, valamint
- a felületelem és felület közötti besugárzási tényező meghatározását.

Mindezekért lapozzuk fel az „Alapismeretek” kötet „Hőközlés”, valamint „Hőérzet” c. fejezetét!

A további tárgyalás megkönnyítése érdekében itt most az eredő hőmérséklet fogalmát ismételjük át, mely szerint az eredő hőmérséklet az a hőmérséklet, amit a fűtött helyiségben tartózkodó ember „érez”; s ezt kb. 50–55%-ban a fűtött helyiség belső felületeinek átlagos felületi hőmérséklete, 45–50%-ban pedig a fűtött helyiség levegőjének hőmérséklete határozza meg. Azaz, az „Alapismeretek” kötet (12.10.) összefüggése szerint:

$$t_{er} = 0,55 t_{sug} + 0,45 t_{lev}$$

Az épületgépészeti gyakorlat a méretezések egyszerűsítése érdekében meghatározta azokat a körülményeket, melyek fennállása esetén az előbbi hőmérsékletek egymással azonosnak tekinthetők:

$$t_b = t_{er} = t_{sug} = t_{lev} \quad (19.7.)$$

Ahogy már láttuk, ezt nevezi a fűtéstechikai gyakorlat „belső hőmérséklet”-nek. A feltételek:

- gyakorlatilag nyugvó levegő, az ablakok szokásos tömítettsége esetén;
- a levegő hőmérséklete nem vesz fel szélsőséges értéket, azaz 15–25 °C között mozog;
- a  $t_{lev}$  és  $t_{sug}$  hőmérséklet-eloszlás a helyiségben viszonylag egyenletes;
- a relatív nedvességtartalom 30–70% között van (egyes előírások szerint éppen 50%);
- a közepes határolófelület-hőmérséklet kiszámításánál a sugárzó fűtőfelületeket is figyelembe vesszük;
- a helyiség szerkezeti és építészeti kialakítása nem túlságosan különleges.

Ilymódon a (19.4/a) és a (19.4/b) összefüggések további egyszerűsítésével bevezethetjük az

$$\alpha_{sug} = C_k \frac{\left(\frac{T_E}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_{sug}}{100}\right)^4}{t_E - t_{sug}} = C_k b \quad (37.3.)$$

alakot, ahol – mint ezt a „Hőleadók, fűtőtestek” c. fejezetből már tudjuk – „E” index az ember felületét, „sug” index a fűtött helyiség egyenértékű belső felületi hőmérsékletét jelenti  $C_k$  a kölcsönös sugárzási együttható, azaz

$$C_k = \sum_{i=1}^n C_{E-i}$$

Az ember hőleadása ekkor

$$\dot{Q}_E = A_E \cdot (\alpha_{konv,E} + \alpha_{sug,E}) \cdot (t_E - t_b) = A_E \cdot \alpha_E \cdot (t_E - t_b) \quad (37.4.)$$

alakban, a fűtőtest hőleadása pedig

$$\dot{Q}_{fű} = A_{fű} \cdot (\alpha_{konv} + \alpha_{sug}) \cdot (t_{fű,köz} - t_b) \quad (37.5.)$$

alakban írható.

Vagyis:

$$\alpha_{fű} = \alpha_{sug} + \alpha_{konv} \quad (19.9.)$$

Az eredeti meghatározás szerint tehát *sugárzó fűtésről* beszélünk, ha ezen összegben

$$\alpha_{sug} > \alpha_{konv}, \alpha_{fű} \approx \alpha_{sug}$$

azaz ha a hőleadásban a sugárzás viszi a főszerepet.

Itt említjük meg újra azt az érdekes kérdést, hogy az ismertetett összefüggésekből leolvashatóan a fűtőtestek-hőleadók mérési, minősítési körülményeit feltétlenül szabványosítani kell, mert például azonos levegőhőmérséklet és hideg falak esetén a hőleadás megnövekszik. Ugyancsak itt hívjuk fel ismét a figyelmet arra, hogy ugyanezen egyenletek képezik a vízfűtések szabályozásának alapját is. Így számítható ki ugyanis az, hogy változó felületi hőmérséklet mellett hogyan alakul a hőleadó teljesítménye (lásd még: kötetünk „A fűtések szabályozása” c. fejezetét is).

## 37.2. A sugárzó fűtések hőtechnikai sajátosságai és előnyei

Ahogy kötetünk „Hőleadók, fűtőtestek” c. fejezetében már említettük, a sugárzó fűtések hőtechnikai sajátosságainak sorában

- a hőleadók hőátadási mechanizmusának, valamint
- a szigetelt cső hőleadási függvényének ismerete nélkülözhetetlen.



### 37.2.1. A hőátadási tényezők vizsgálata

A hőátadási tényező az előbb ismertetett (19.9.) összefüggés értelmében két részből áll:

$$\alpha_{fű} = \alpha_{sug} + \alpha_{konv}$$

ahol  $\alpha_{konv}$  általános formája a Newton-féle lehűlési törvényből (ld. „Alapismeretek” kötet „Hőközlés” c. fejezet, (1.38.) összefüggés):

$$\dot{q} = \alpha_{konv} \cdot (t_{fű,köz} - t_{lev})$$

ismert, amely szerint a felület és levegő közötti hőáramsűrűség arányos a felület és levegő közötti hőmérsékletkülönbséggel. A kettő közötti arányossági tényezőt nevezzük konvekciós hőátadási tényezőnek és  $\alpha_{konv}$  jellel jelöljük.

Gyakorlati számításokhoz az

$$\alpha_{konv} = konst (t_{fű,köz} - t_{lev})^M \quad (19.5/a)$$

összefüggést alkalmazzák, ahol „konst” állandó, értéke a fűtőtest elhelyezkedésének függvényében változik.

Így például:

– teli mennyezetfűtés esetén:	0,64
– sáv alakú fűtés esetén:	1,28
– függőleges síkban elhelyezkedő fűtőtest esetén:	1,975
– padlófűtés esetén:	2,67
– sugárzó ernyők esetén lefelé:	1,28
– sugárzó ernyők esetén felfelé:	3,26

Az  $M$  konstans értéke:  $1/3 \sim 1/4$

Az  $M$  konstans értékét a 19. fejezetben  $M = 1/n$  jelöléssel alkalmaztuk, ahol  $n \approx 3,0$

A konvekciós hőátadási tényező fogalmával, levezetésével és (19.5.) összefüggés szerinti alakjával kötetünk „A fűtési rendszerek szabályozása” c. fejezetében is találkoztunk. Újra és újra felhívjuk a figyelmet arra, hogy a hőközléstani, hőérzeti megfontolások, a hőleadókkal kapcsolatos számítások és a fűtési rendszerek szabályozása egymással szorosan összefüggő kérdések!

Ismételjük meg most már itt a sugárzó hőleadás jellegét leíró (37.3.) összefüggést: úgy, hogy az „E” (ember) indexet „fű,köz”, azaz hőleadó közepes felületi hőmérsékletére vonatkozó index-szel helyettesítjük:

$$\alpha_{sug} = \frac{\left(\frac{T_{fű,köz}}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_{sug}}{100}\right)^4}{t_{fű,köz} - t_{sug}} \quad (37.6.)$$

A két hőátadási tényező összehasonlításából azonnal kitűnik, hogy amíg sugárzás esetén az abszolút hőmérsékletek negyedik hatványának különbségével számolhatunk, addig konvekció esetén a hőmérséklet-különbségek harmadik, negyedik gyökének arányával. Emellett a  $C_k$  kölcsönös sugárzási együttható (bár az abszolút fekete test  $5,78 \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$  értéke a műszaki gyakorlatban nem érhető el),  $5,0\text{--}5,3 \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$  értéke viszonylag egyszerű eszközökkel elérhető sugárzó fűtőtestek esetén, s ez néha nagyságrenddel is nagyobb, mint az előbbi „konstans” érték.

Energetikailag tehát egyértelműen kedvezőbb hőcsere, hőhasznosítás valósítható meg sugárzásos hőközlés esetén, mint a konvekciós módozatnál.

### 37.2.2. Burkolt csövek hőátbocsátása

A különböző hőátadási törvényszerűségek feltárása során kiderült, hogy a környezetnél nagyobb hőmérsékletű csövek bizonyos vastagságú burkolattal ellátva több hőt adnak le környezetüknek, mint a csupasz cső, burkolat nélkül.

A szigetelt cső hőátbocsátási tényezőjét a hosszegységre számítva az „Alapismeretek” kötet „Hőközlés”, valamint kötetünk „Csővezetékek és szerelvények hőszigetelése” c. fejezetéből ismerjük:

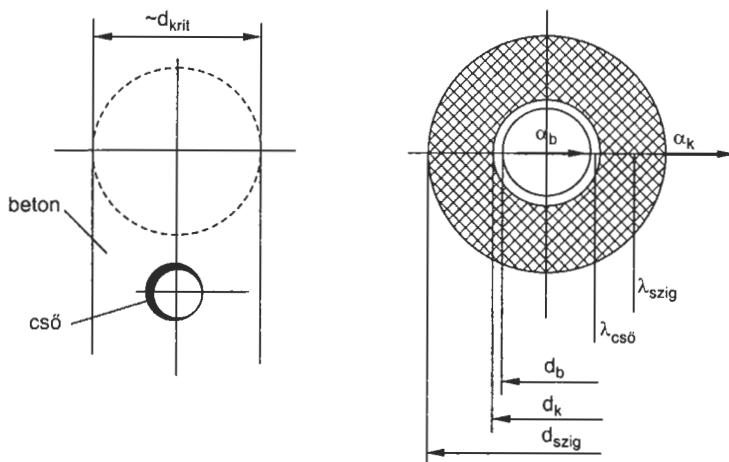
$$k_{cső,szig} = \frac{1}{\frac{1}{d_b \pi \alpha_b} + \frac{1}{2\pi \lambda_{cső}} \ln \frac{d_k}{d_b} + \frac{1}{2\pi \lambda_{szig}} \ln \frac{d_{szig}}{d_k} + \frac{1}{d_{szig} \alpha_k \pi}}$$

összefüggés fejezi ki (37.1. ábra).

A csőfalon áthaladó hőáram nyilvánvalóan akkor maximális, ha a nevező értéke minimális. Adott áramló közeg és adott méretű, anyagú csővezeték esetén a nevező első két tagja állandó, a második két tag a  $d_{szig}$  függvényében változó:

$$R_1 = \frac{1}{2\pi \lambda_{szig}} \ln \frac{d_{szig}}{d_k} \quad (37.7/a)$$

$$R_2 = \frac{1}{\alpha_k d_{szig} \pi}$$



37.1. ábra. Alkalmazott jelölések szigetelt csővezeték és betonba ágyazott csővezeték esetén

Ha a cső külső átmérőjét ( $d_k$ ) állandó értékűnek tartjuk, az  $(R_1 + R_2)$  függvény  $d_{szig}$  szerinti szélső értéke az alábbi összefüggésből számítható:

$$\frac{\delta(R_1 + R_2)}{\delta d_{szig}} = \frac{\delta \left( \frac{l}{2\pi\lambda_{szig}} \ln \frac{d_{szig}}{d_k} + \frac{l}{\alpha_k d_{szig} \pi} \right)}{\delta d_{szig}} = 0 \quad (37.7/b)$$

Elvégezve a differenciálást:

$$\frac{l}{2\pi\lambda_{szig}} \frac{1}{d_{szig}} - \frac{l}{d_{szig}^2 \pi \alpha_k} = 0 \quad (37.7/c)$$

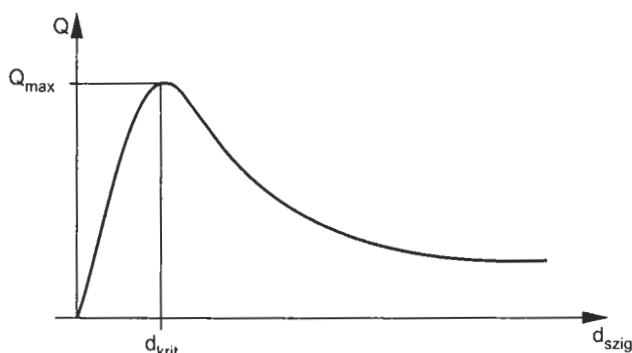
Innen

$$d_{szig} = \frac{2\lambda_{szig}}{\alpha_k} = d_{krit} \quad (37.7.)$$

azaz ezt a különleges  $d_{szig}$  értéket szoktuk kritikus, azaz  $d_{krit}$  értéknek nevezni. Ilyen szigetelési vastagságnál ugyanis hőleadási maximumot találunk (37.2. ábra).

Matematikailag fogalmazva: a második differenciálhányadost kiszámítva, és értékét behelyettesítve pozitív értéket kapunk, tehát  $d_{krit}$  (37.7.) egyenletbeli értékénél a hőátbocsátási tényező nevezőjének minimuma, az át bocsátott hőnek pedig maximuma van.

A (37.7.) egyenletből látjuk, hogy a szélső érték nem függ a szigetelőanyag belső, illetve a cső külső átmérőjétől.



37.2. ábra. A hőleadás alakulása a szigetelés növelésével

A levezetés eredményének értelmezése kedvéért először nézzünk egy olyan, gyakorlatban természetesen elő nem forduló, de képies és érdekes példát, melyben a csővezeték nem szigeteljük, de az acél falazatot addig vastagítjuk, míg el nem érjük a maximális hőleadást.

Vas- és acélangyak hővezetési tényezője  $\lambda_{\text{vas}} = 58 \text{ W/m K}$ , és vegyük fel az  $\alpha_k = 14 \text{ W/m}^2, \text{ K}$  értéket. (Levegő veszi körül a csővezetékét és a sugárzás szabadon érvényesül.)

Így

$$d_{\text{krit}} = \frac{2\lambda_{\text{vas}}}{\alpha_k} = \frac{116}{14} = 8,29 \text{ m}$$

tehát 8,29 m külső átmérőjű, tömör acélból készült szigeteletlen acélcső adja le a legnagyobb hőáramot. Természetesen a leadott hőmennyiség függ a belső átmérőtől is, de bármely adott belső átmérő esetén akkor maximális a hőáram, ha a külső átmérő 8,29 m.

Nézzünk most egy másik példát, amikor is kifejezetten szigetelőanyagot használunk arra, hogy növeljük a külső átmérőt.

A sokat használt termalit hőszigetelő anyagok hővezetési tényezője  $\lambda_{\text{szig}} = 0,116 \text{ W/m K}$ , és legyen újra  $\alpha_k = 14,0 \text{ W/m}^2, \text{ K}$ . Így a maximális átadott hőmennyiséget biztosító  $d_{\text{krit}}$  külső átmérő:

$$d_{\text{krit}} = \frac{2\lambda_{\text{szig}}}{\alpha_k} = \frac{0,232}{14} = 0,016 \text{ m} = 1,65 \text{ cm}$$

Ilyen kis átmérőjű szigetelés alkalmazására a fűtéstechikában gyakorlatilag nem kerülhet sor, azaz a szigetelés a hőleadást mindenképpen csökkenti.

A magyarázat: minthogy a gyakorlatban a szigetelés legkisebb vastagsága  $\Delta_{\text{szig}} = 3,0 \text{ cm}$ , a központi fűtésben alkalmazott legkisebb csőátmérő  $d_k = 17,0 \text{ mm}$ , tehát a szigetelt cső valóban előforduló legkisebb külső átmérője:

$$d_{krit} = 17 + 2 \cdot 30 = 77 \text{ mm} = 7,7 \text{ cm}$$

A fűtéstechnikában szóbajövő szigetelőanyagok hővezetési tényezőjére szinte kivétel nélkül érvényes, hogy  $\lambda_{szig} < 0,21$ . Az ehhez tartozó legkedvezőbb külső átmérő:

$$d_{krit} = \frac{2 \cdot 0,21}{14} = 0,03 \text{ m} = 3,0 \text{ cm}$$

Más azonban a helyzet, ha a csövet betonhengerbe ágyazzuk. Ekkor a legnagyobb hőleadást, mivel  $\lambda_{beton} = 1,16 \text{ W/m K}$ , a

$$d_{krit} = \frac{2 \cdot 1,16}{14} = 0,17 \text{ m} = 17 \text{ cm}$$

átmérőjű beton bevonat adná. E jelenségen alapszik a betonfűtőtestek és általában a határoló szerkezetekbe ágyazott csövekkel megoldott sugárzó fűtések köre.

### 37.3. Hőérzeti sajátosságok

Az utóbbi évtizedek hőérzeti kutatásai tisztázták a zárt térben tartózkodó emberek hőleadási és hőfelvételi viszonyait, ezeket részletesen olvashatjuk az „Alapismeretek” kötet „Hőérzet” c. fejezetében.

Mindezekből látható, hogy az ember életfolyamatában termelt felesleges hőjét főleg sugárzással és konvekcióval adja át környezetének. Sugárzó fűtés esetén részint a fűtőfelületen, részint egyes belső határoló szerkezetek felületén előálló nagyobb hőmérsékletek miatt az emberi test sugárzásos hővesztesége csökken. Ezért azonos hőérzet kialakulásához a konvekciós hőveszteség nagyobb, azaz a helyiség levegőjének hőmérséklete kisebb lehet.

Itt kell felhívunk a figyelmet a sugárzásos hőcsere két további hőérzeti vonatkozására.

- E hőcsere törvényszerűségek érvényesek akkor is, ha az emberi test hőmérséklete magasabb, mint a környező felületé (pl. egy hideg külső fal vagy ablak). Ebben az esetben az emberi test sugárzással hőt ad le ezen felületek felé, mely a hőleadás mértékének növekedése esetén hőérzeti panaszokat okozhat. Ezt a jelenséget az *aszimmetrikus sugárzás okozta helyi diszkomfort-tényezőnek* nevezi a szakirodalom.
- Hőérzeti vonatkozásban a sugárzásos hőcserével kapcsolatban nem szabad elfeledkeznünk a napsugárzás okozta hőnyereségről sem, amely elsősorban az ablakokon keresztül – ha közvetve is – de érvényesül ugyancsak a sugárzásos hőcsere törvényszerűségeinek megfelelően.

### 37.4. A sugárzó fűtések további előnyei

Az egyéb előnyök közé a következők sorolhatók:

A helyiség léghőmérséklete függőleges irányban egyenletesebb, mint konvekciós rendszerű fűtés esetén (ld. kötetünk „Hőleadók, fűtőtestek” c. fejezete).

- Ez egyben megindokolja azt az előnyt, hogy a sugárzó fűtésű helyiségek hővesztesége kisebb, mint a döntően konvekciós úton fűtött helyiségeké. Különösen jelentős megtakarítást érhetünk el nagycsarnokok sugárzó fűtésével.
- A sugárzó fűtőtest a helyiség használati teréből nem foglal el helyet. Ez vonatkozik elsősorban a határoló szerkezetbe beépített fűtőtestekre, amelyek nem is láthatók. Érvényes azonban ez a megállapítás a sugárzóernyőkre is, mivel általában a helyiség mennyezete alatt helyezik el őket, így ez a helyiség berendezését nem zavarja.
- A sugárzó fűtőfelület nyáron átalakítás nélkül, megfelelő hűtőközeggel hűtőfelületként is felhasználható.
- A konvekciós fűtés a falszerkezeteken porlerakódást okoz, sugárzó fűtésnél ez nem fordul elő.

### 37.5. A sugárzó fűtések hátrányai

A teljesség kedvéért meg kell említenünk általánosságban a hátrányokat is.

- Nagy fajlagos hőveszteségű helyiségekben a kellemes hőérzetet, különösen mennyezeti fűtéssel, nehéz biztosítani.
- A sugárzó fűtőtest egész szerkezetében nem lép fel azonos hőmérséklet, így a keletkező dilatáció is változó. Ezért a sugárzó fűtőtesteket nagyon gondosan kell kialakítani és szerelni.
- Kevésbé alakították ki a reájuk érvényes számítási szabványokat és szokványokat, s így mind a tervezők, mind a kivitelezők felelősségteljesebb és nehezebb feladatok előtt állnak. Ahogy azonban majd látjuk, ma már az egyes fűtési rendszereket gyártó cégek egyre több, részletesebb és elmélyültebb segédanyagot bocsátanak a tervezők és kivitelezők rendelkezésére [43], [44], [52], [53], [58], [61], így e gondok enyhülnek.
- Beruházási költsége, különösen kis hőmérsékletű hőhordozó közeg használata esetében, meghaladhatja a konvekciós üzemű fűtőberendezések beruházási költségét.

### Irodalom

A 36–45. fejezet irodalomjegyzékét lásd egyesítve a 45. fejezet után!

## 38. Sugárzó fűtések osztályozása

A sugárzó fűtési rendszereket számos szempont szerint osztályozhatjuk, hiszen láttuk már a bevezetésben, hogy igen sokféle alkalmazási formával és megoldással találkozhatunk. Energetikai szempontból kétségkívül az a leginkább kézenfekvő, ha a hőleadó felület hőmérséklete szempontjából csoportosítjuk a sugárzó fűtési rendszereket. Ennek oka az, hogy amint ezt az eddigiek során többször is említettük, a korszerű, energiatakarékos rendszerek a kishőmérsékletű megoldások.

A hőleadó hőmérséklete szerint tehát megkülönböztetünk:

- kishőmérsékletű (mintegy 25–70 °C felületi hőmérséklettel működő),
- közepes hőmérsékletű (mintegy 70–200 °C felületi hőmérséklettel működő) és
- nagy hőmérsékletű (mintegy 500–900 °C felületi hőmérséklettel működő) sugárzó fűtéseket.\*

A sugárzó fűtések az esetek nagy részében olymódon valósítjuk meg, hogy a fűtőfelület valamelyik határolószerkezetbe van építve, s így a fűtőszerkezet maga a határolószerkezet (ld. kötetünk „Szivattyús melegvízfűtések” c. fejezetének 25.38. ábrája). Ahogy láttuk, éppen e megoldás esztétikai előnyei vezettek a sugárzó fűtések nagymérvű elterjedéséhez. Ezért a következő csoportosítási lehetőséget az kínálja, hogy a sugárzó hőleadót beépítettük-e valamely határoló szerkezetbe, vagy sem. E szerint tehát ismerünk:

- a határoló szerkezettel egybeépített, illetve
- a határoló szerkezettől független sugárzó fűtéseket.

A határoló szerkezettel egybeépített sugárzó fűtés pedig értelemszerűen lehet:

- mennyezetfűtés,
- külső, illetve esetleg belső falfűtés és
- padlófűtés.

A határoló szerkezetbe épített sugárzó fűtések e századi, modern története a mennyezetfűtéssel kezdődött. Főként a két világháború közötti évek építészetének esztétikai és higiéniai igényei hívták életre azt a találmányt, ami „Crittall” fűtés néven vonult be a szakmai köztudatba.

\* A 200 és 500 °C közötti azért nem soroltunk fel fűtéseket, mert ahogy a későbbiekben látjuk majd, ilyenféle gyakorlati megvalósítás nem fordul elő

Egy, az 1930-as évek táján megrendezett világkiállításon egy fűtéstechikai cég szenzációs élményt kínált a látogatóknak. A szobában, ahová az érdeklődők beülhettek, közepén hatalmas higanyos hőmérő mutatta a levegő hőmérsékletét. A látogatók mit sem sejtettek, de a szobát kétféleképpen lehetett fűteni:

- első lehetőség: sok és meleg levegőt áramoltattak át a helyiségen, és ekkor a mennyezetbe rejtett csövekben hideg vizet keringettek,
  - második lehetőség: aránylag hűvösebb levegőt áramoltattak, de a mennyezeti csőkiágokban meleg víz keringett.
- A látványosan és ügyesen elhelyezett hőmérő miatt a helyiségben tartózkodók nem értették, miért fáznak, amikor a hőmérő nagy hőmérsékletet, és miért van melegük, amikor pedig aránylag kis hőmérsékletet mutat. Ez volt a Crittal cég bemutatója, s e miatt a mennyezetbe ágyazott csőkiágókkal megvalósított sugárzó fűtést azóta is gyakran csak „Crittall” fűtésnek hívják.

A határoló szerkezetbe ágyazott fűtéseknek természetesen igen nagy a hőtehetetlensége. A sugárzó fűtés hőhordozó közege így ugyanis értelemszerűen átmelegíti a teljes szerkezetet. Ezt az épületszerkezeti és szabályozástechnikai nehézséget a fűtéstechika azzal igyekezett csökkenteni, hogy elválasztotta egymástól a határoló szerkezetet és a hőleadó felületet.

Ezt persze, értelemszerűen főként a mennyezetfűtések esetében lehetett megvalósítani. E „szerkezettől független” mennyezetfűtések azután a „Crittall” fűtéshez hasonlóan az első alkalmazó, a rendszert bevezető cégek nevét viselik, mint „Stramax”, „Frenger” stb. A fal-fűtéseknel pedig e megoldásokat szolgálják az úgynevezett betonradiátorok.

Így el is érkezünk a sugárzó fűtések harmadik, lehetséges csoportosítási módjához, mely szerint

- nagytehetetlenségű és
- kistehetetlenségű

sugárzó fűtésekkel különböztethetünk meg.

További osztályozási módot kínál az, hogy milyen energia-illetve hőhordozóval oldjuk meg a fűtést. E szerint megkülönböztetünk:

- víz hőhordozó közeggel,
- gőz hőhordozó közeggel,
- levegő hőhordozóval,
- gáz energiahordozóval,
- villamos energiával működtetett, valamint
- különleges sugárzó fűtésekkel.

Természetesen elvileg, valamint az elméleti teljesség kedvéért lehetne ezt a felsorolást pontosítani, az említetteket azonban a gyakorlat szempontjából bőven elegendőnek tartjuk.

A továbbiakban az első szempontként említett hőmérsékleti sorrendben ismertetjük a leggyakrabban alkalmazott szerkezeti megoldásokat, minden egyes esetben megjegyezve, hogy az épületszerkezethez képest elfoglalt helyzet, a hőtehetetlenség, valamint az alkalmazott hő- és energiahordozó szempontjából mivel jellemezhető az éppen említett fűtési mód.

## Irodalom

A 36–45. fejezet irodalomjegyzékét lásd egyesítve a 45. fejezet után!



## 39. Sugárzó fűtések szerkezeti kialakítása és megoldása

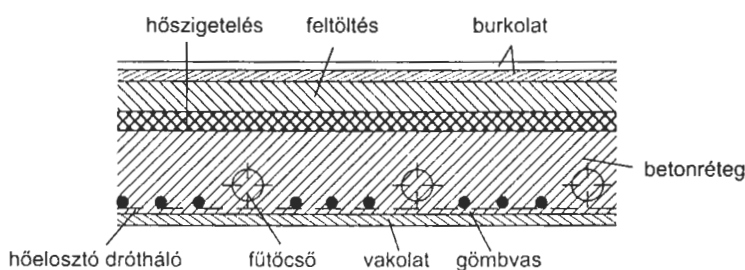
### 39.1. Kishőmérsékletű, nagy tehetetlenségű sugárzó fűtések

Ahogy a csoportosítás során rögzítettük, a fűtések hőleadóinak felületi hőmérséklete kisebb, mint  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Emiatt természetesen a hőhordozó közeg hőmérséklete sem lehet ennél lényegesen nagyobb. E fűtések az épületszerkezetbe ágyazott csőkígyókkal oldják meg, melyben a hőmérsékleti szint miatt értelemszerűen vizet keringetnek. Elvileg elképzelhető más megoldás is, de ha a gyakorlatban elterjedt és ismert megoldásokra szorítkozunk, úgy elegendő ezt az egyetlen eljárást ismertetnünk.

Először a mennyezetbe épített sugárzó fűtések ismertetjük, már csak azért is, mert mint említettük, így kezdődött a fűtések modern kori története.

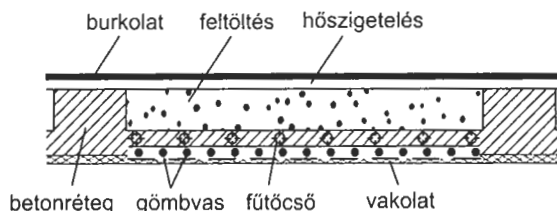
#### 39.1.1. Mennyezetfűtések

A mennyezetfűtések szerkezeti megoldásainak sorában először a **39.1. ábrát** mutatjuk be, mert lényegében ez a már említett „Crittall” fűtés metszete. Természetesen a részletekben volt eltérés, a csőkígyó alátámasztását, a hőelosztás célját szolgáló drótháló szerelését, a teherhordó réteg és a szigetelés anyagösszetételét, vastagságát illetően. Mindez azonban az elven nem változtat, ezért a továbbiakban azt mutatjuk be, hogy hogyan törekedtek a korai sugárzó

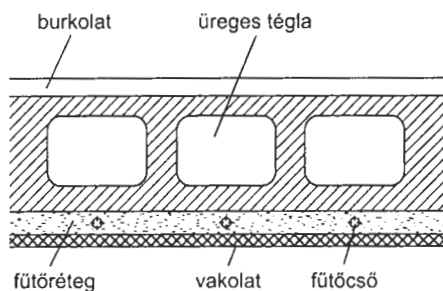


39.1. ábra. Teherhordó beton szerkezetbe épített fűtő csőkígyó [20]

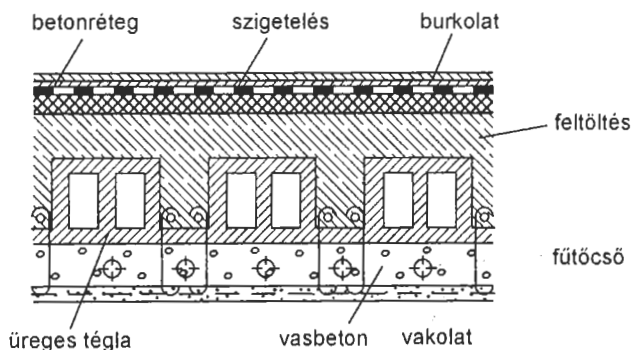
mennyezetfűtések készítői arra, hogy a betonréteg miatti rendkívül nagy hőtehetlenséget csökkentsék. A **39.2. ábrán** látható megoldásnál ezért felülbordás betonfödémeket, a **39.3. ábrán** bemutatott esetben pedig üreges béléstestű beton réteget alkalmaztak. Kísérleteztek azzal is, hogy a szerkezeti födémről független, felfüggesztett fűtőmennyezetet készítsenek, mint ahogy ezt a **39.4. ábrán** láthatjuk. A 39.4. ábrát azonban csak szemléltetés kedvéért mutatjuk be, hiszen rendkívüli hátrányt jelent az, hogy a fűtőmennyezet elkészítéséhez külön zsaluzatra van szükség. Azt azonban jól megfigyelhetjük az ábrán, hogy ez a gondolat vezetett a későbbi, függesztett, kistehtetlenségű megoldásokhoz. (Lásd később a 39.51., 39.52. és 39.53. ábrákat is!)



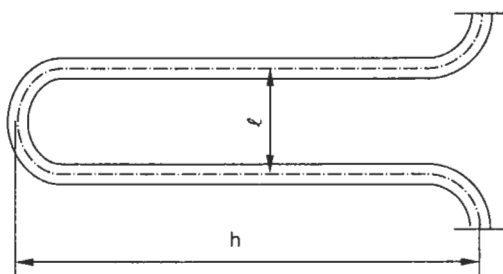
39.2. ábra. Fűtőcső felülbordás vasbeton födémében [20]



39.3. ábra. Fűtőcső a béléstestű födémében [20]



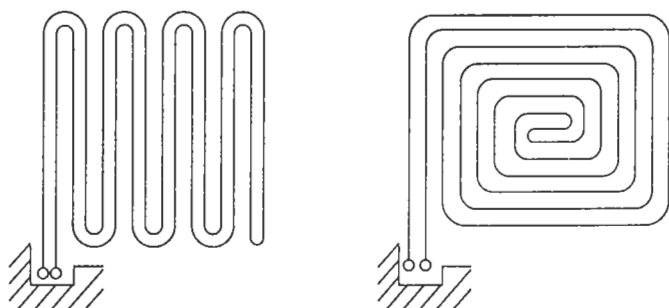
39.4. ábra. Teherhordó szerkezet alatt függő fűtőmennyezet [20]



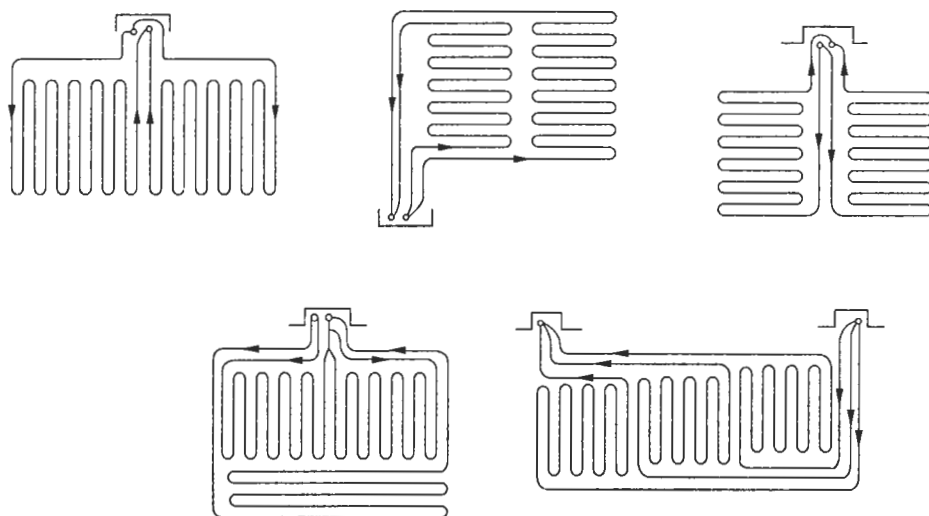
39.5. ábra. Csőkígyó-elem

Ebben a korai időszakban a csőkígyók varrat nélküli acélcsőből készültek. A szokásos csőméret általában 15 mm volt, ritkábban esetleg alkalmaztak 20 mm méretű csövet is. A cső-kígyók jellegzetes adatai az átmérőn túl: a menettávolság ( $l$ ), a menetmagasság ( $h$ ), és a szálak száma (39.5. ábra). Ahogy majd a méretezés ismertetésénél erre még visszatérünk: a menet-távolság a fűtőmennyezet szerkezetétől és a megkívánt közepes mennyezet-hőmérséklettől függ.

A szokásos menettávolság a menetes acélcsővek alkalmazásának e korszakában 150 és 400 mm között változott, kb. 50 mm méretű ugrásokkal. A menetmagasság tartománya 0,5–4,0 m, általában 0,5 m-es ugrásokkal. Az áramlástani és hőtechnikai szempontok sora egyaránt azt kívánja, hogy az egész csőkígyó ne legyen 40 m-nél hosszabb, de a hossz, azaz a fűtőszálak száma a fűtéstechnikai és az építészeti követelmények függvénye. A csőkígyók lehetséges kialakítását mutatja a 39.6. és a 39.7. ábra. A 39.7. ábrán bemutatott megoldásnak ugyanis az a hátránya, hogy a hőmérséklet-eloszlás nagyon egyenlőtlen és a csőkígyó indulásánál a felület lényegesen melegebb, mint a csőkígyó végénél. A 39.6. ábrán látható megoldás ezt a hibát kiküszöböli, hiszen minden esetben egy előremenő és egy visszatérő csőszál halad egymás mellett [4], [20].



39.6. ábra. Kétmenetű csőkígyó – egyenletes eloszlás [20]

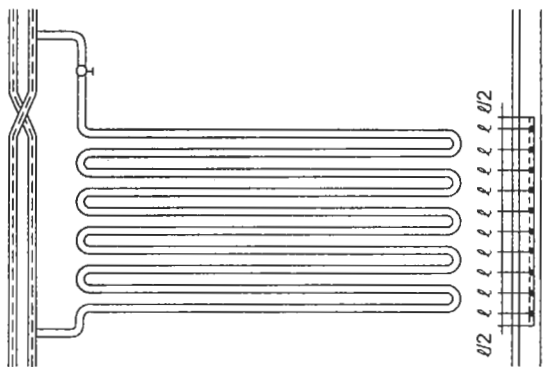


39.7. ábra. Csőkígyó típusok (mennyezetfűtés) [20]

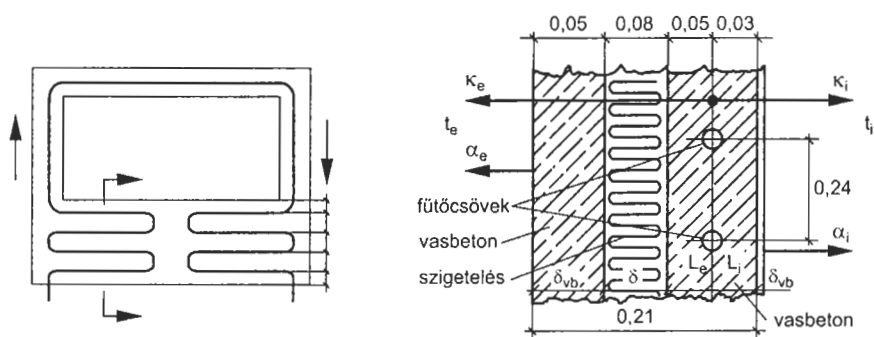
### 39.1.2. Falfűtések

Beszélhetünk belső és külső falfűtésről. A belső falak fűtése azonban nem ajánlott, mert igen rossz hőkomfort érzet adódhat a hideg külső, és meleg belső fal sugárzása esetén, valamint mert a fal szerkezete nem kívánt mértékben bonyolulttá válik, és azért is, mert a bútorozhatóság szinte lehetetlen ebben az esetben. Az egyetlen előny, ami felmutatható a belső falakban elhelyezett sugárzó fűtőkígyó javára az, hogy így egy szerkezet két helyiséget fűthet (39.8. ábra). Ez azonban nem egyenlíti ki az említett hátrányokat.

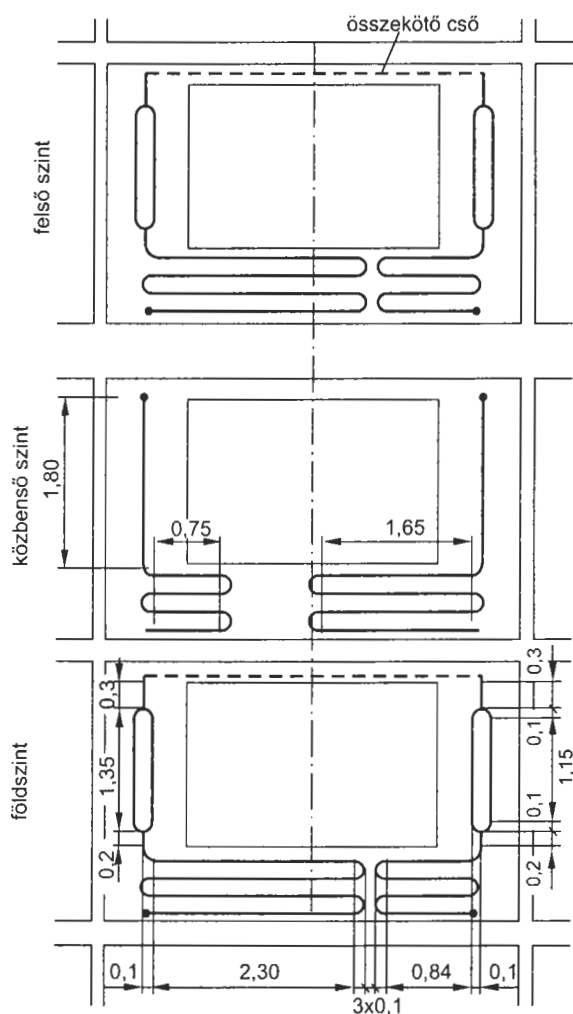
Egy korszerű, oldalfalban, mennyezetben vagy akár padlóban elhelyezhető sugárzó fűtés az ún. paralel-hajszálcösves fűtő- vagy hűtő rendszer. A hajszálcövek polimerizált propilén műanyagból készülnek. Hazai referenciája is van már [68].



39.8. ábra. Falfűtés (belső fal) [20]



39.9. ábra. Falfűtés (külső fal) [20]

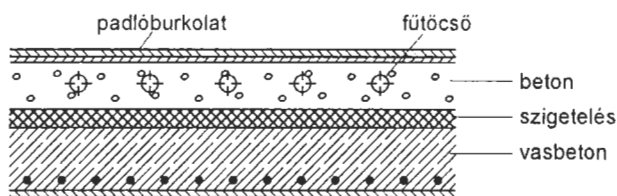


39.10. ábra. Külső falfűtés méreteinek előkészítése [20]

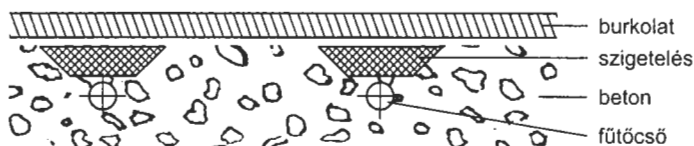
A külső falfűtést már említettük kötetünk „Szivattyús melegvízfűtések” c. fejezetében, mint a házgári technológiával épített lakások fűtésének egy lehetséges megoldását. Ebben az esetben az ablakkal ellátott külső függőfalakat hálózunk be (39.9. és 39.10. ábra). Természetesen az előregyártott fal elemek szerelése ilyen esetben igen gondos technológiai előírás rendszert tesz szükségessé.

### 39.1.3. Padlófűtések

A legutóbbi 15–20 esztendőben és napjainkban a padlófűtés igen közkedvelté, és mondhatnánk: divattá vált. E megoldások az utóbbi időben rohamosan fejlődnek, terjednek, és változnak, és emiatt itt ebben a fejezetben csak néhány jellegzetes példát mutatunk be a 39.11. és a 39.12. ábrán, s egy külön fejezetben tárgyaljuk a korszerű padlófűtések kérdéseit. Előrebocsátjuk azonban, hogy a padlófűtési fejezet mai megfogalmazása azt a korszerű szemléletet tükrözi, hogy a padlófűtési megoldásokkal foglalkozó cégek ma rendszereket készítenek. Egy ilyen rendszer egyaránt tartalmazza a fűtőcsőkigyót, a hő- a hang- és a vízszigetelés megoldását, a felfüggesztéseket és alátámasztásokat, és néha még a burkolatokat is.



39.11. ábra. Padlófűtés metszete [4]



39.12. ábra. Padlófűtés a hőmérséklet-eloszlás javításával [4]

E rendszerekről az egyes cégek kiadványai kiváló eligazítást nyújtanak, kötetünk fejezetének nem lehet más célja, mint hogy olvasóink az elméleti tudásanyag birtokában eligazodjanak e segédletek használata során, valamint, hogy adott esetben maguk is képesek legyenek hasonló célszerű segédanyagok összeállítására.

## 39.2. Padlófűtések különleges kérdései

### 39.2.1. Néhány általános megjegyzés a padlófűtések jelentőségével kapcsolatban

Ahogy a fűtések történetének fejezetében láttuk, a padlófűtések kialakulása történetileg messze megelőzte a többi, ma is ismert fűtés fejlesztését és elterjedését [3], [20]. Az a tény, hogy a legutóbbi időben újra olyannyira gyakorivá és közkedvelté vált, hogy külön fejezetben kell foglalkoznunk vele, lényegében az alábbiakkal magyarázható:

- az energiatakarékossági intézkedések sora előtérbe helyezte a kishőmérsékletű fűtések, és jól hőszigetelt épületekben e kishőmérsékletű felület elegendő is a teljesítmény fedezésére;
- a padlófűtés nagyon esztétikus és sok korszerű lehetőséget biztosít az építészeti igények kielégítése szempontjából;
- az utóbbi évek fejlesztésének eredményeképpen számos új anyag áll rendelkezésre és ezek az előbb említett rendszerekbe foglalva igen széles megoldási lehetőséget kínálnak.

A padlófűtések készülhetnek önálló fűtési rendszerként, de kombinálhatók kishőmérsékletű radiátoros fűtéssel, és hagyományos (90/70 °C hőmérsékletű) fűtéssel is.

### 39.2.2. Padlófűtések csoportosítása, fajtái

A padlófűtések többféle lehetséges csoportosítása közül a leginkább célravezető és áttekinthető az energia- illetve hőforrás szerinti csoportosítás, és e szerint ismerünk:

- melegvíz hőhordozóval működő padlófűtések,
- villamos energiával működő padlófűtések,
- a melegvízzel működő rendszerek harmadik generációjaként emlegetett, úgynevezett klímepadlókat és
- különleges padlófűtések.

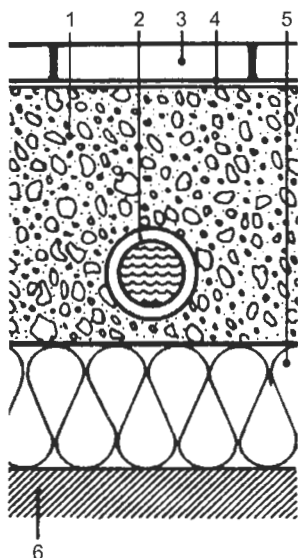
### 39.2.3. Melegvíz hőhordozóval működő padlófűtések

A padlófűtések e legelterjedtebb fajtája lényegében szivattyús melegvízfűtés. Ezen padlófűtések hőleadószervezete az alábbi részekből áll:

- fűtőcső a rögzítő elemekkel,
- hő- hang- és nedvesség elleni szigetelés,
- teherhordó (általában esztrich) réteg,
- járó (koptató) burkolat és
- teherhordó épületszerkezet.

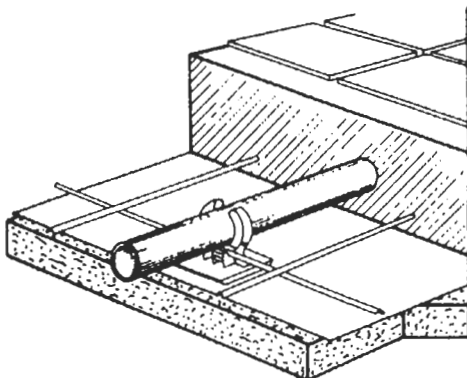
E melegvíz hőhordozóval működő padlófűtések lényegében kétféle eljárással valósíthatók meg: nedves és száraz eljárással.

A nedves eljárás esetében a csövek az esztrich rétegben fekszenek, az esztrich közvetlenül és teljesen körülfogja a csövet (39.13. ábra). Ebben az esetben a fűtőcsövek rögzítését meg kell oldani a hang- és hőszigetelő réteg fölött (39.14. ábra).

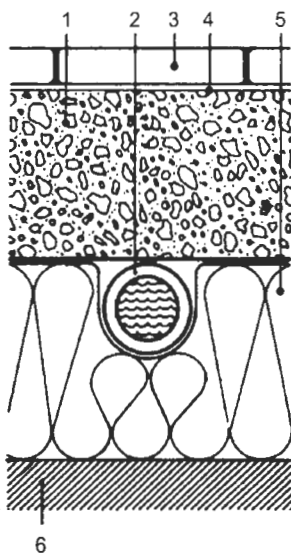


39.13. ábra. Csőfektetés nedves eljárással [3]

1 – esztrich réteg; 2 – fűtőcső; 3 – burkolat;  
4 – aljzatbeton; 5 – szigetelőréteg; 6 – durva beton



39.14. ábra. Cső rögzítés műanyag elemekkel nedves fektetési technológiával [3]

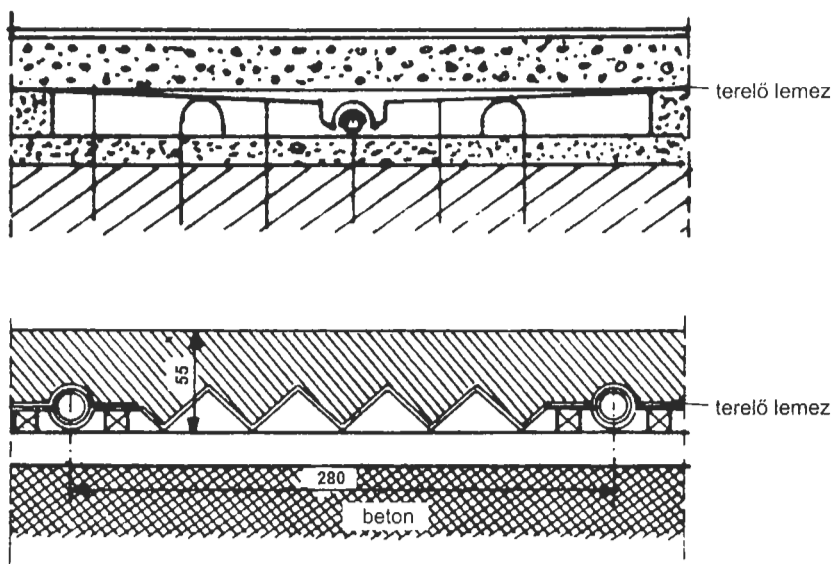


39.15. ábra. Csőfektetés száraz eljárással [3]

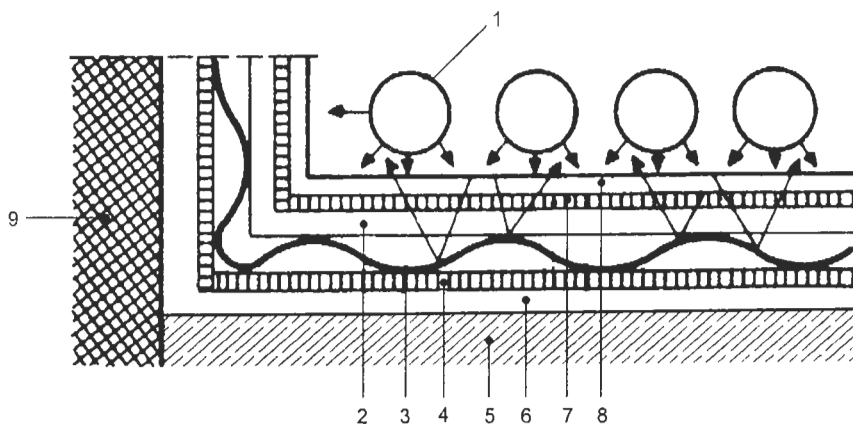
1 – esztrich réteg; 2 – fűtőcső; 3 – burkolat; 4 – aljzatbeton; 5 – szigetelőréteg; 6 – durva beton



A száraz eljárásnál a csövek az esztrich réteg alatt helyezkednek el a hőszigetelő rétegben kialakított vágatokban (39.15. ábra). Ebben az esetben a hőátadási teljesítmény növelése céljából gyakran helyeznek el a vágatokon túlnyúló fémlelapokat és lemezeket (39.16. ábra).



39.16. ábra. Hőterelő lemezek alkalmazása különböző padlófűtési rendszerekben [3]

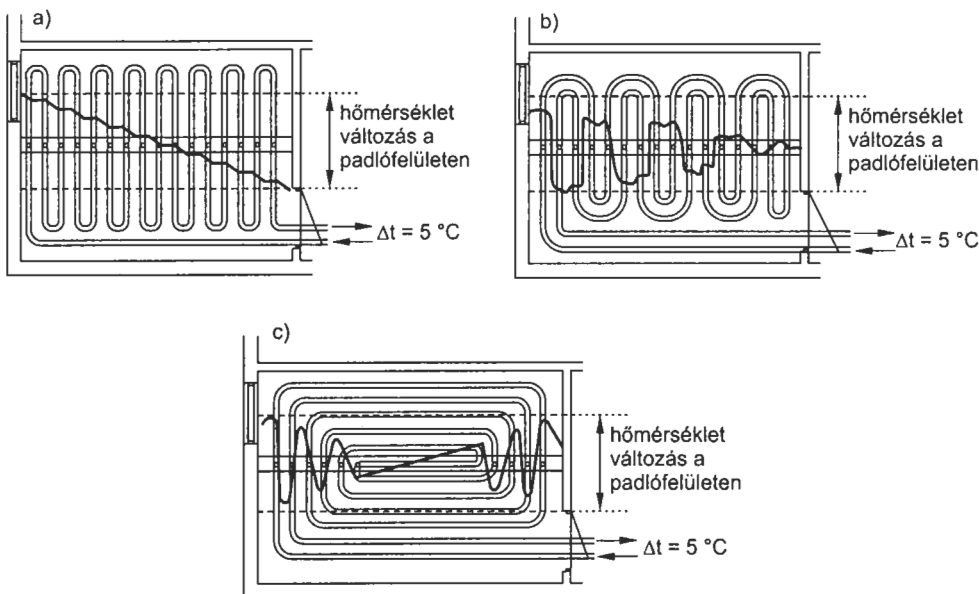


39.17. ábra. Reflexiós lemez elhelyezése a padlófűtési rendszerben [3]

1 – fűtőcső; 2 – műanyag fedetölemez; 3 – alumínium reflexiós lemez; 4 – korrózió elleni szigetelés; 5 – nedvesség elleni szigetelés; 6 – hőszigetelés; 7 – korrózió elleni szigetelés; 8 – mechanikai védelem; 9 – fal

Ahogy ezt tárgyalásunk során többször is említjük, a padlófűtésekkel kapcsolatban az egyik legnagyobb gond a szerkezet nagy hőtehetlensége. Ebből a szempontból viszont az aránylag könnyű, száraz eljárás előnyösebb, mert rövidebb felfűtési időt biztosít. További

fejlesztési lehetőségként említjük meg, hogy az esztrich réteg és hőszigetelés között reflektáló alumínium fólia is alkalmazható. Természetesen ez esetben a reflektáló fólia számára is védelmet kell biztosítani (39.17. ábra). A mennyezetfűtésekhez hasonlóan a padlófűtéseknel is különféle csővezetési módokat és lehetőségeket ismerünk, ezek közül mutatunk be néhányat a 39.18/a, 39.18/b és 39.18/c ábrán. Az ábrákon jellemeztük a hőmérséklet eloszlás alakulását is.



39.18 ábra. A csőkígyó elrendezése és a hőmérséklet eloszlás [4]

a) Csőkígyó kialakítás egyszerű kígyó formában; b) Az előremenő és visszatérő vezeték egymással párhuzamosan halad; c) Az előremenő és visszatérő vezeték körkörös elrendezése

#### 39.2.4. Villamos energiával működtetett padlófűtések

A villamos padlófűtés kétségtelenül igen előnyös tulajdonságokkal rendelkezik a víz hőhordozó közeggel működtetett padlófűtésekkel szemben. Nevezetesen:

- kisebb szerkezeti magasságot igényel,
- szabályozása egyszerű és pontos,
- a fogyasztárányos elszámolás könnyedén és egyszerűen megvalósítható,
- hosszú az élettartama,
- alig van karbantartási igénye, nincs fagyveszélynek kitéve.

Sok előnye mellett nagyon korszerű is ez a rendszer, és bizonyos megkötöttségekkel feltétlenül a jövő fűtéstechikai megoldásai közé sorolandó. A hazai energiaárak és energiaellátás mellett azonban mindezekkel együtt is jelenleg csekély a létjogosultsága. Ezért, valamint amiatt, hogy maga a villamos oldali ellátás tárgyalása nem tartozhat a fűtéstechnika

és könyvünk tárgykörébe, a villamos energiával működtetett padlófűtések igen röviden tárgyaljuk.

A villamos padlófűtések sorában a kialakítás szempontjából ismerünk:

- fűtőkábeles,
- fűtőfóliás (paplanos) és
- elemes vagy kazettás

padlófűtési megoldásokat.

Hőtechnikai értékelés szempontjából a padlófűtések lehetnek:

- folyamatos és
- tárolós működésűek.

### Fűtőkábeles padlófűtések

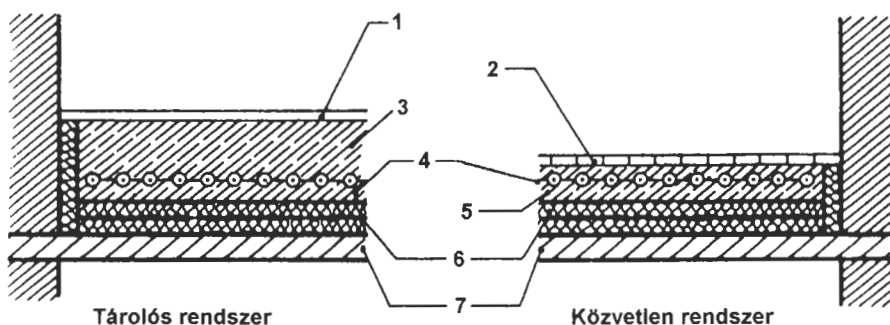
Fűtőkábeles megoldást mutat a **39.19. ábra**, és pedig folyamatos és tárolós kivitelben. Amint látjuk, a tárolós és a folyamatos üzemi megoldás az esztrich réteg vastagságában különbözik egymástól.

A fűtőkábelek terén nagy a választék. Anyaguk lehet Cu/Ni, Ni/Cr, stb. ötvözet, vagy vörösréz, illetve alumínium. A fűtőszálakból többeres kábeleket alakítanak ki, ezek vastagsága 0,2–1,5 mm között változik. A több érből sodort kábel hajlékonysági szempontból előnyösebb. A fűtősodrony vagy műanyag, vagy gumi választó- és védőszigeteléssel van ellátva, melyet egy keményebb külső borítás véd a mechanikai sérülésektől. A kábelek csatlakoztatását a gyártó cégek kiválóan megoldották, a kötések megbízhatóak és a szerkezetben bárhol kialakíthatók.

A padlófűtési kábel csatlakozási teljesítménye 0,15–0,30 kW/m<sup>2</sup>.

A lehetséges, és ismertebb fűtőkábel-gyártmányok márkanévét az irodalomjegyzékben felsoroltuk.

A fűtővezeték középvezetékének hőmérséklete általában 30–70 °C lehet.



39.19. ábra. Közvetlen és tárolós villamos padlófűtések kialakításának vázlata [3]

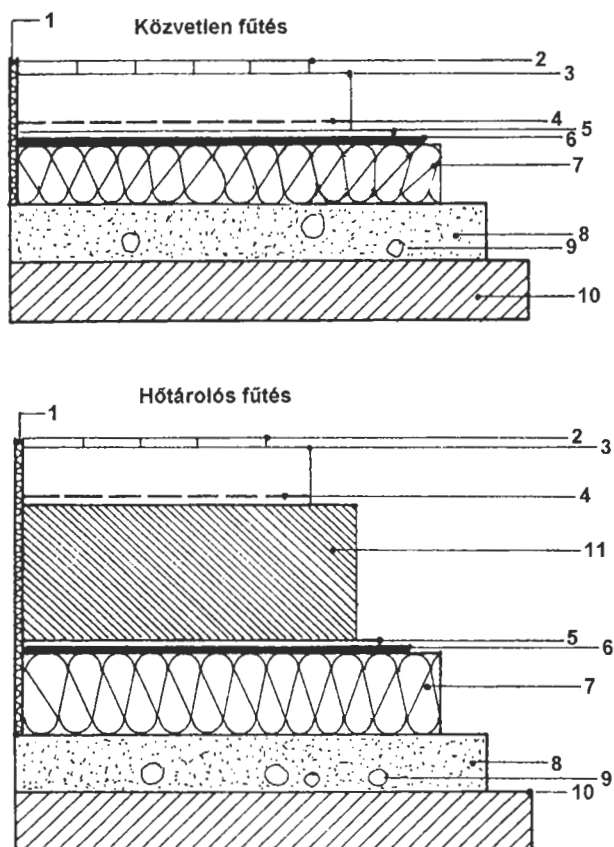
1 – fa, műanyag, szőnyegpadló; 2 – márvány, műkő, kerámia; 3 – esztrich; 4 – fűtőkábel; 5 – esztrich;  
6 – hő- és lépéshang-szigetelés; 7 – födém

Gyakori megoldás, hogy a villamos padlófűtések kiegészítő fűtéssel együtt alkalmazzák. Erre okot adhat például a nappali fűtés csúcsidőszakban, vagy a téli lehidegebb időjárás esetén a felületi hőleadás kiegészítésének szükségessége. Ez azonban nem csökkenti lényegesen a fűtési mód már említett értékeit.

Megjegyezzük még, hogy a villamos padlófűtést gyakran alkalmazzák mezőgazdasági jellegű építményeknél és kültéri létesítményekben. E kérdés korszerűsége és egyre növekvő fontossága miatt külön kis fejezetet szenteltünk a szabadtéri fűtések tárgyalásának.

### Fűtőfóliás padlófűtések

A fűtőfóliás padlófűtések aránylag új megoldást jelentenek a kábeles rendszerekhez képest. A fűtőfólia nemcsak a padlószerkezetbe építve, hanem közvetlenül a felületre terítve is alkalmazható. Lényegében fejlesztését azért kezdték el, hogy módszert találjanak az épület-



39.20. ábra. Fóliafűtés (SYMPATHERM RENDSZER) [3]

1 – hőszigetelés; 2 – padlóburkolat (1–2 cm); 3 – esztrich (3–6 cm); 4 – vasalás; 5 – PE műanyag fólia;  
6 – SYMPATHERM fűtőfólia; 7 – nyomásálló szigetelés (5–8 cm parafa vagy PUR hab); 8 – szigetelő  
könnyűbeton; 9 – villamos vezetékek védőcsöve; 10 – földem; 11 – hőtároló betonréteg

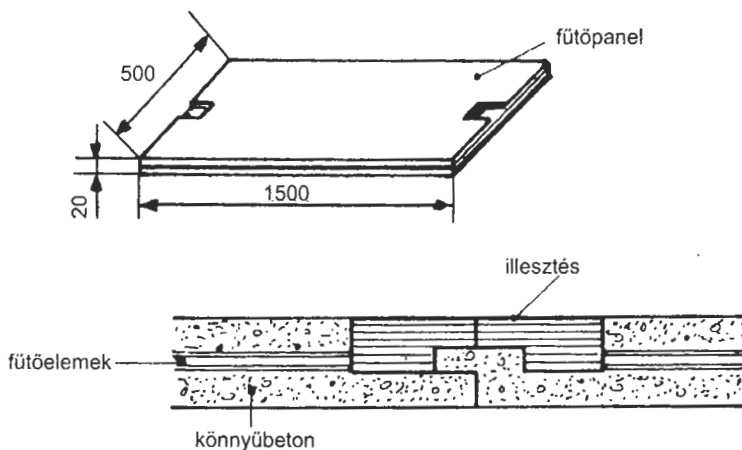
penészesedés megakadályozására. Ez, a kezdetben csak helyenként és időszakosan alkalmazott megoldás napjainkra általános felület – fűtőrendszerre nőtte ki magát, s ennek egyik alkalmazási módja a padlófűtés kiegészítő fűtéssel, vagy anélkül is.

A megoldás lényegét a **39.20. ábra** mutatja, tárolós és folyamatos kivitelben. A bemutatott példa a „Sympatherm” rendszert mutatja, de az irodalomjegyzékben ismét felsorolunk egyéb gyártmányrendszereket is. Azért kell minden esetben „rendszert” emlegetnünk, mert pusztán fűtőfóliát nem ajánlanak a cégek, hanem ehhez tartozik a szigetelő könnyűbeton is, amiben a padlófűtés villamos vezetékeit helyezik el. A fóliaelemek lényegében huzalok nélküli ellenállások, hátoldalukon szigetelő réteggel. Az áramot „hideg” vezetők közvetítik, ezeket egymástól 150–800 mm távolságra helyezik el. Két áramvezető közötti távolság azután egyenlő a fólia szélességével. A fólia teljesítménye 80–360 W/m<sup>2</sup> is lehet.

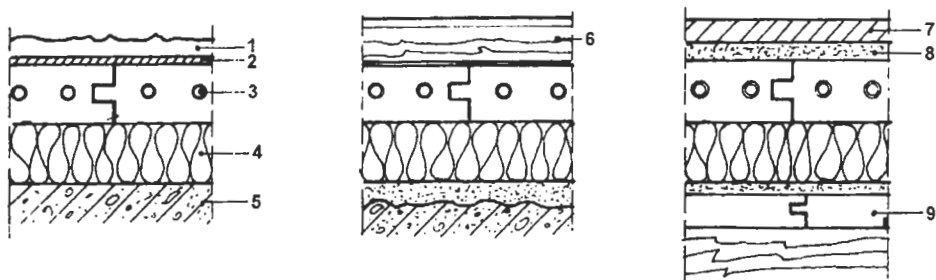
A padlófelület elsősorban kő, műanyag, ritkábban textília lehet.

### Elemes vagy kazettás padlófűtések

A legújabb típusú, elemes, vagy kazettás padlófűtések fejlesztése az ürkutatás eredményeinek polgári alkalmazásán alapszik. Ez tehát olyan villamos fűtés, ahol teflonból, grafitból és töltőanyagból összekevert, és az elektromosságot vezető masszából készített elemek alkotják a padlófűtést. Az 1,5x0,5 m méretű fűtőlapok a feszültség hatására sötétlen sugárzó felületet képeznek, s mintegy 30 °C hőmérsékleten infravörösén sugároznak. Természetesen csak a felületre közvetlenül elhelyezve hatásosak, mélyebb beépítésre nem alkalmasak (**39.21. ábra**).



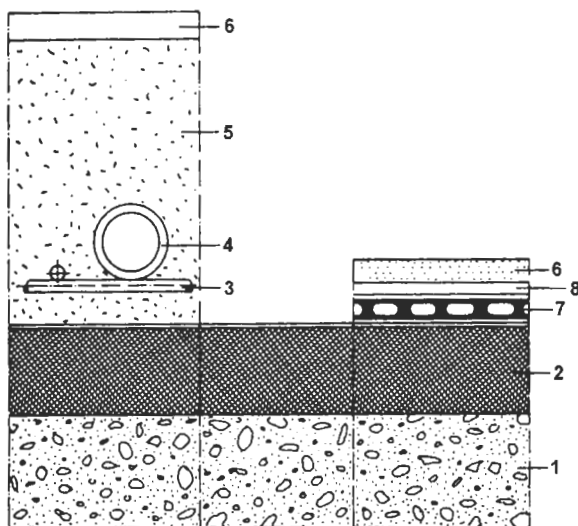
39.21. ábra. Előszerelt villamos padlófűtőlap [3]



39.22. ábra. Villamos padlófűtőlapok felhasználása padlófelújításoknál [3]

1 – szőnyeg vagy PVC padlóburkolat; 2 – ragasztóréteg kiegyenlítő rétegen; 3 – fűtőpanel; 4 – hőszigetelés; 5 – födém vagy padozat; 6 – parkettapanel; 7 – márvány, műkő, kerámia, csempe; 8 – ágyazó habarcs; 9 – régi padló

Felújításoknál előszeretettel alkalmazzák a fűtőkábeleket magukba foglaló előszerelt fektető lapokat (39.22. ábra). A kazettás, elemes padlófűtéseket gyártó cégeket az irodalomjegyzékben tüntettük fel.



39.23. ábra. Csővel és felületfűtő elemekkel felépített hőleadó felületek réteg-felépítésének összehasonlítása [3]

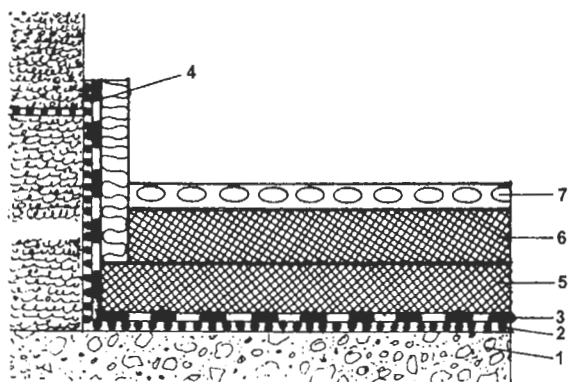
1 – teherhordó födém; 2 – hőszigetelés; 3 – acélháló; 4 – fűtőcső; 5 – esztrich; 6 – járóburkolat; 7 – felületfűtő elemek; 8 – teherelosztó réteg

### 39.2.5. Elemes felületfűtés, vagy klímpadló

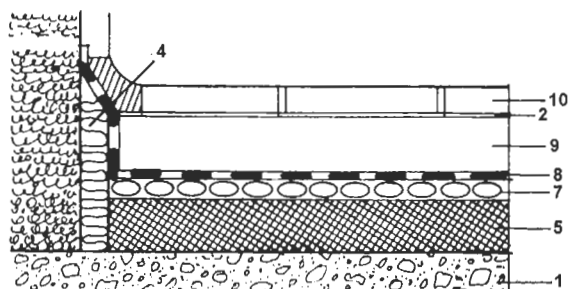
Ahogy ezt láthatjuk a kishőmérsékletű, nagy hőtehetetlenségű sugárzó fűtések fejlődési útjának követése során, a cégek sokáig ugyanazon az úton jártak, és a hajdani „Crittall” fűtések elvi alapjain maradván fejlesztették tovább a fűtéseket, megelégedve a rész-elgondolások, alakításával, változtatásával. A hőhordozó közeg azonban mindezen fejlesztések során a kör, vagy legfeljebb ovális keresztmetszetű csövekben áramlott.

A legutóbbi időben jelent meg azután az az úttörő jellegű változtatás, hogy a melegvíz hőhordozó közeg már nem egymástól bizonyos távolságban lévő csövekben, hanem összefüggő, sok egymáshoz érő, kis átmérőjű csőben, illetve összefüggő vízterekben, mintegy a padló teljes felületén vízfilmet alkotva áramlik a hőleadó elemekben.

A számítógép ipar nyelvezete szerint ezeket „harmadik generációs” fűtéseknek is szokták nevezni, a különféle külföldi irodalmi forrásokban egyébként megtaláljuk a „klímpadló”, a „kompakt felületi fűtés”, az „elemes felületfűtő” kifejezéseket is. Magunk az úttörőnek minősülő hazai szakirodalmat követve [3] az „elemes felületfűtés” elnevezést tartjuk a leginkább kifejezőnek. Példákat a 39.23. és 39.24. ábrákon láthatunk, s a gyártó cégek neveit ismét feltüntetjük az irodalomjegyzékben. E megoldásokkal természetesen már felkészültek a helyiségek nyári hűtésére is.



Az elemeket közvetlenül a felületre helyezik



Az elemeket a padlószervezetbe építik

39.24. ábra. Elemes felületfűtés szerkezete (VELTA rendszer) [3]

- 1 – teherhordó födém; 2 – cementsimítás; 3 – nedvességszigetelés, VELTA fólia (0,1 mm-es PE);  
4 – hőszigetelő szegély; 5 – hőszigetelés; 6 – elem hőszigetelése; 7 – VELTA fűtőelem; 8 – nedvességszigetelés  
(2 réteg 0,2 mm-es PE); 9 – cementesztrich; 10 – padlóburkolat

### 39.2.6. Különleges padlófűtések

A különleges padlófűtések sorában megemlítjük a meleg levegővel működtetett rendszereket. Itt a helyiség levegőjét ventilátor segítségével keringtetjük közvetlenül a padlót fűtő csövek felett kialakított légszűrőházban.

A másik különleges megoldás az, amikor a padlóban szilárd-folyékony halmazállapot-változást szenvedő közeget helyeznek el. Ezen közegeknek megfelelő hőmérsékleten végrehajtott halmazállapot-változásnál igen nagy a rejtett hője, és így velük tároló jellegű padlófűtések hozhatunk létre, igen kis energiafelhasználással.

Ugyancsak különleges megoldás, amikor fagyálló szerves vegyülettel működik a padlófűtés (pl. oratin, etanol, stb.) Ezek fagyáspontja  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  körül van.

### 39.2.7. Fűtött padló szerkezeti elemei

A fűtött padló szerkezeti elemei között természetesen a leglényegesebb az, amivel **a hőenergiát a padlóba juttatjuk**. Az eddigiek értelmében e folyamatnak két, gyakorlati szempontból jelenleg fontos módja van, nevezetesen:

- a hőenergiát kívülről, áramló meleg vízzel juttatjuk a padlóba,
- a hőenergiát magában a hőleadó padlórendszerben állítjuk elő.

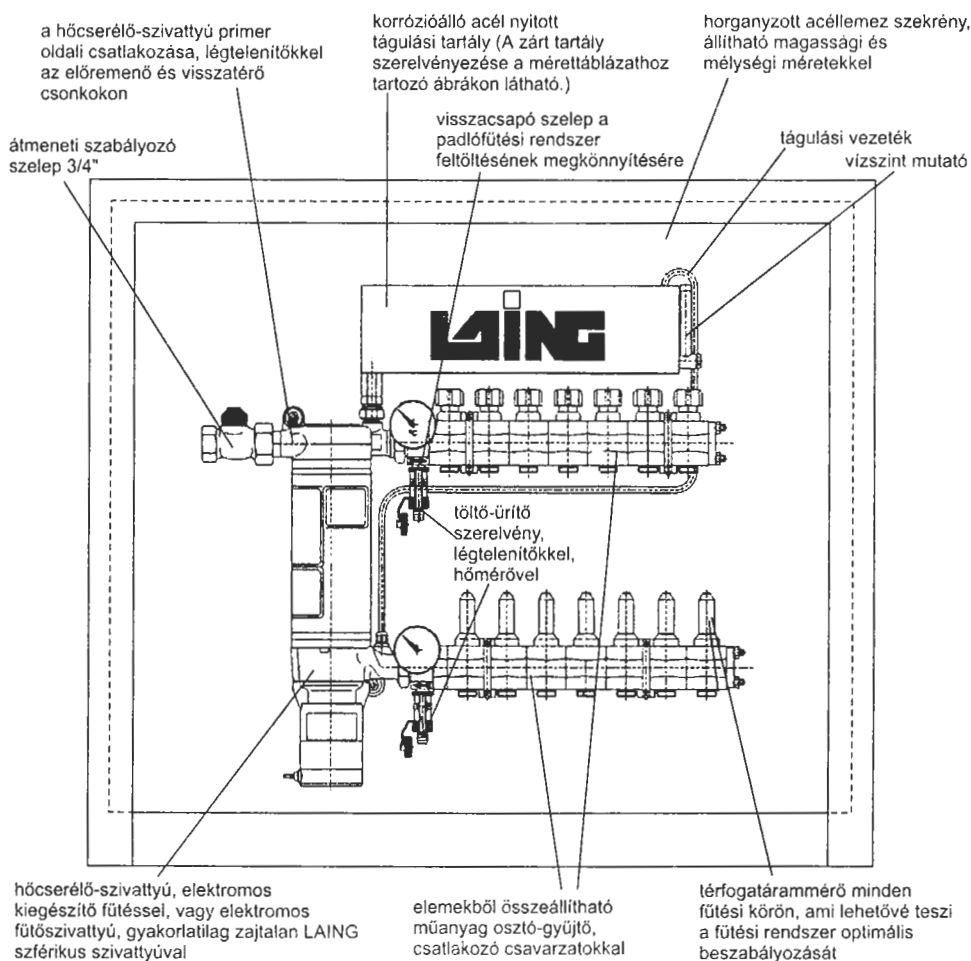
Az első megoldás értelemszerűen a már ismertetett melegvízfűtésű padlófűtés, a második esetben pedig ellenálláshuzalra kapcsolt villamos árammal termelünk hőenergiát. Az épületgépészet és a fűtéstechnika szempontjából természetesen a hőleadó felületek legfontosabb része éppen ez, a hőenergia pótlását biztosító elemcsoport. Ezek közvetlen kapcsolatban állnak a gépészeti rendszer több elemével. A rendszerbe-illeszkedést kötötünk „Szivattyús melegvízfűtések” c. fejezetében a 25.58. és 25.59. ábrákon ismertettük.

A csövek csatlakoztatására, a fűtőközeg elosztására, a padlófűtési víz keringetésére a padlófűtési rendszereket gyártó cégek előregyártott osztókat, gyűjtőket állítanak elő (39.25. ábra). Ezek gyakran a víz-víz hőcserélőt és a keringető szivattyút is tartalmazzák. (A víz-víz hőcserélő beépítésének oka az **oxigéndiffúzió** hatásának megelőzése. Erről részletesen olvashatunk a következő, „Padlófűtések üzemeltetési kérdései” c. pontban).

A padlófűtések hőleadó felülete a teherhordó szerkezet és a hőleadó elem funkcióit egyesíti, tehát az épületben egy szerkezeti egységként jelenik meg. Így a padlórendszerbe integrált hőleadók a hőenergia pótlását biztosító elemeken túl **hőszigetelő elemeket és a járófelületre ható terhelés elosztását biztosító, ún. kiegyenlítő réteget is tartalmaznak**.

Az elemek további csoportjának feladata, hogy a hőleadó felületbe juttatott hőenergiát megfelelően közvetítsék. Alkalmazásuk **javítja a hőleadás hatásfokát** és a hőeloszlás minőségét. Ide sorolandók a hőelosztó lemezek és fóliák, a teherelosztó réteg és a járóburkolatok.





39.25. ábra. Előregyártott osztó-gyűjtő-szivattyú egység, és a kazánrendszer és a hőleadó rendszer közé illesztett hőcserélő

A hőleadó felületek kialakításához használt elemek következő csoportjába azok sorolhatók, amelyek a *hőleadás folyamatát alig, vagy egyáltalán nem befolyásolják*. Ezek többsége a szereléstechológiához kapcsolódik. A gyakorlatban a különféle csoportbeli elemek funkciója nem mindig különül el egymástól.

Ahogy ezt a szerkezeti megoldásoknál már említettük, a villamos padlófűtések elemeit itt nem tárgyaljuk, ezért a következőkben szólnunk néhány szót a vízfűtésű megoldások részleteiről.

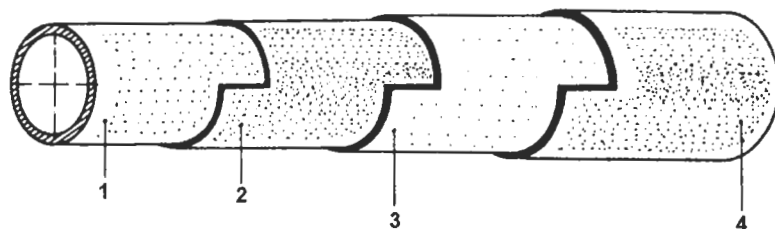
## Csővek

Ahogy láttuk, melegvizet padlófűtéseknek a padló fűtését

- csövekkel, vagy
  - üreges táblaelemekkel
- lehet megoldani.

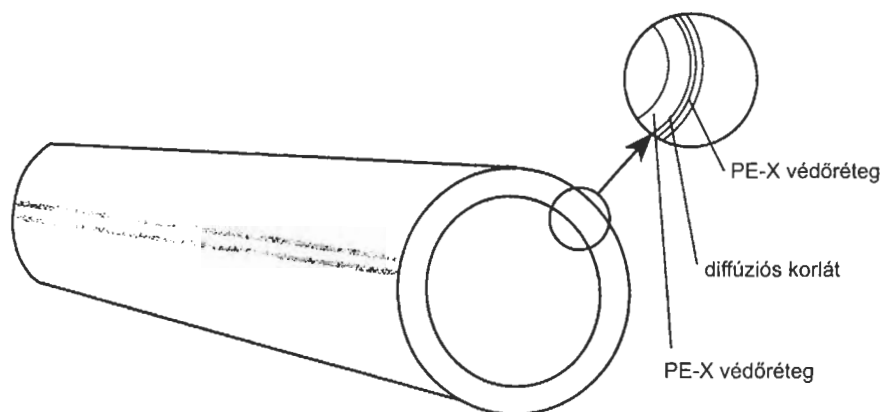
Amikor a század elején a fűtések tervezőit és fejlesztőit foglalkoztatni kezdte a gondolat, hogy a víz hőhordozó közeggel üzemelő fűtőberendezések hőleadóit és a padló szerkezetet egyesítsék, az ipari fejlettség és kultúra akkori szintje, valamint akkori gyakorlat szerint az egyesített hőleadó- és padló szerkezetben a vízáramlás lehetőségét nagy átmérőjű, vastagfalú **acélcsövek** beépítésével oldották meg. Ezt mutattuk be az előző fejezetben a korai mennyezeti fűtések esetében, és ugyanezt olvashatjuk kötetünk „Csövek és szerelvények” c. fejezetében is.

Kedvezőtlen tapasztalatok alapján azonban hamarosan kiderült, hogy az általános rendeltetésű acélcsövek nem használhatók erre a célra. A korróziós jelenségek miatt ugyanis a csőanyagok élettartama egy ilyen beépített fűtőberendezés esetében megengedhetetlenül



39.26. ábra. Alumínium fóliával borított műanyagcső szerkezeti felépítése [3]

1 – alapcső; 2 – alumínium fólia; 3 – poliészterháló; 4 – PP külső bevonat



39.27. ábra. Oxigéndiffúzió ellen védett cső [63]

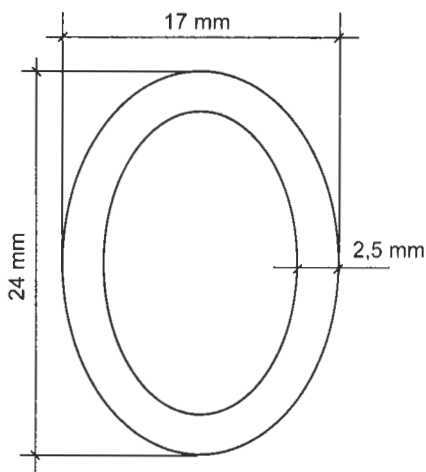
rövid volt, s a javítás és csere rendkívüli nehézségeket okozott. A sok kezdeményezés, kutató- és fejlesztő munka ellenére elég hosszú ideig tartott, amíg a minden tekintetben megfelelő, helyettesítő műszaki megoldást megtalálták.

Bár az acélcső-gyártás is sokat fejlődött, ma már hegesztett csövek helyettesíthetik a húzott acélcsöveket, és műanyag védőbevonatokat is alkalmaznak, a megoldást a rohamosan fejlődő műanyagipar hozta meg, mert hosszú kísérletezés és vizsgálatok alapján a hetvenes évek elejére bebizonyosodott, hogy a műanyagipar szériagyártásban, gazdaságosan képes gyártani a meghatározott feltételekkel üzemelő (kishőmérsékletű) padlófűtések hőleadó felületei számára a megfelelő **műanyagcsövet**, ezzel teljesítve a padlófűtések széles körű alkalmazásának legfontosabb feltételét.

A padlófűtés céljára alkalmas műanyagcsövek gyártási eljárásai és maguk a gyártmányok a kezdeti időszaktól napjainkig tovább korszerűsödtek, így ma a padlófűtési rendszerek túlnyomó része ezekkel a csövekkel, illetve csőrendszerekkel valósul meg. A csőanyagok jellemzését szintén a „Csövek és szerelvények” c. fejezetben találjuk.

A műanyagcsövek esetleges oxigén áteresztése alufóliával teljesen megszüntethető. Az alufóliával bevont padlófűtőcső szerkezeti felépítését a **39.26. ábra** szemlélteti. A másik rendkívül ellenálló és jó minőségű cső rétegfelépítését mutatja az **39.27. ábra**.

A csöves padlófűtési rendszereknél szinte kizárólagos a kör keresztmetszet.



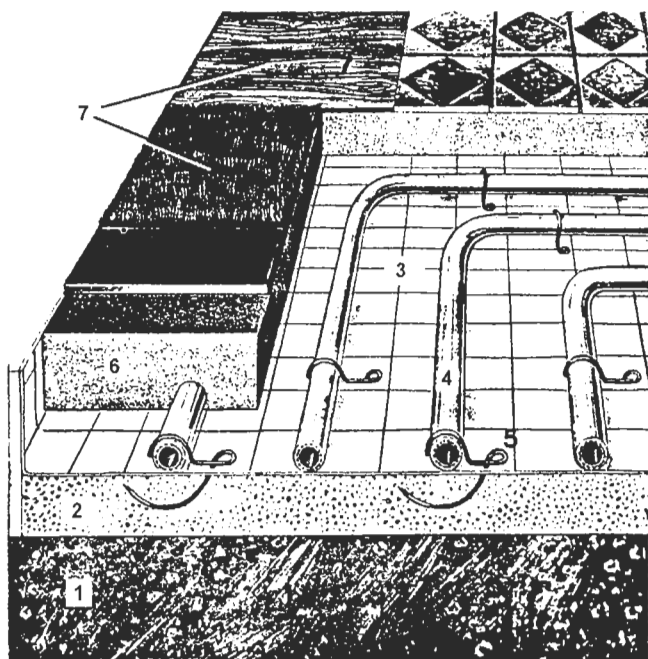
34.28. ábra. Ovális cső és méretei  
(THERMOVAL) [3]

Ettől csak az **39.28. ábrán** bemutatott cső tér el a 24x17 mm méretű és 2,5 mm falvastagságú műanyagcsővével, amelynek anyaga PP. Az aránylag ritka kivitel magyarázata a bonyolultabb szereléstechnológia. Az ovális cső használata esetén ugyanis olyan átmeneti idomokat kell az osztó-gyűjtő és az egyes áramkörök közé beiktatni, amelyek egyik fele az ovális csőhöz, másik fele pedig kör keresztmetszetű csőhöz csatlakozik. A kör keresztmetszetű cső ezután már a szokványos módon csatlakozik az osztó-gyűjtő egységhez.

Napjainkra oldódik a műanyag csövek egyeduralma, mert megjelentek a padlófűtési célra kialakított **vörösréz** fűtőcső rendszerek. Ezek lényege, hogy a beton agresszív hatása ellen fokozott védelemmel vannak ellátva, és vékony

falú, anyagtakarékos és jól megmunkálható rendszerek. Természetesen a csővezeték fém alapanyaga megszabja a fektetés technológiai követelményrendszerét, a hőtágulás kompenzálását.

További előnyös tulajdonsága az, hogy tekercsben szállítható, ezért a helyszíni csőkötések, toldások száma aránylag csekély. Az elterjedt gyártmányokat és rendszereket szokás szerint az irodalomjegyzékben soroljuk fel. Egy példát az **39.29. ábra** mutat.



39.29. ábra. CUPROTHERM vörösrézcsöves padlófűtés szerkezete

1 – födém; 2 – hőszigetelés; 3 – PE műanyag fólia (nedvességszigetelő és raszter funkcióval); 4 – műanyag bevonatos rézcső; 5 – csőörögző acéltűske; 6 – esztrich; 7 – különféle padlóburkolat

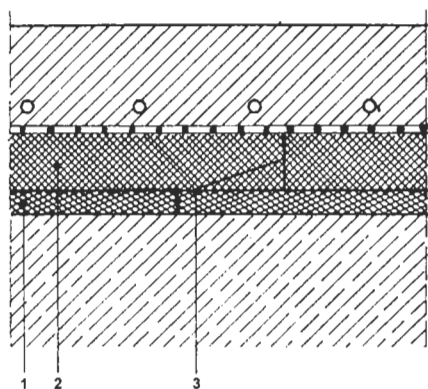
## Szigetelések

A padlófűtési szerkezetekhez hő-, hang- és nedvesség elleni szigetelésre van szükség. Érdemes még megemlítenünk a szigetelési kérdéseket abból a szempontból is, hogy a padlófűtés miatt itt maga az épületszigetelés is nagyobb fontosságot kap, mint hagyományos fűtési rendszer alkalmazása esetén.

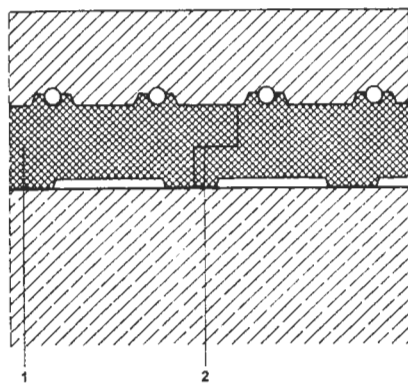
A hő- és hangszigetelés a padlófűtések esetében a teherhordó szerkezet része. Ezért elsősorban kemény habokat (sztiropor, polietilén, poliuretán) alkalmaznak. A szálas szigetelő anyagok csak kiegészítésként (pl. a fűtött padló alatti mennyezetre szerelve) alkalmazhatók. A szigetelés elhelyezhető:

- közvetlenül az esztrich réteg alatt, és
- a padlószerkezeten kívül a födém- illetve padlólemez alsó oldalán.

Az esztrich réteg alatt a szigeteléseknek teherhordó, hő- és lépéshang-védelmi feladatot is el kell látniuk, erre mutat példát az **39.30. ábra**.



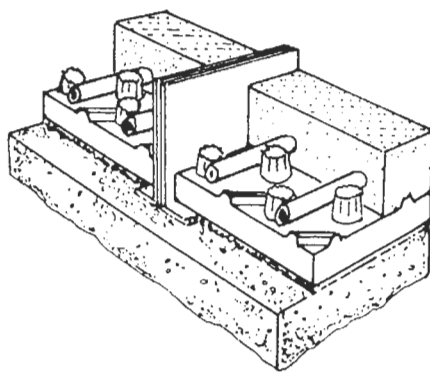
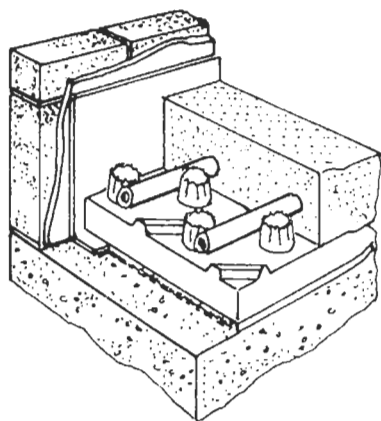
39.30. ábra. Kétrétegű szigetelés az esztrich alatt [3]  
1 – lépéshangszigetelés; 2 – hőszigetelés; 3 – álló  
hézagok eltolása



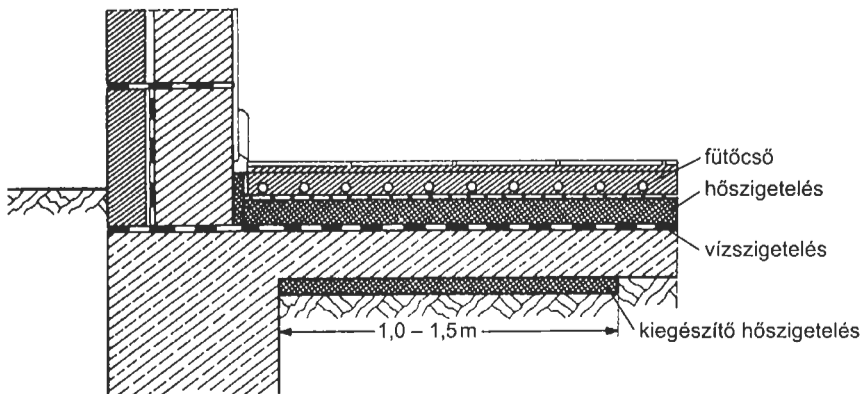
39.31. ábra. Formában habosított fektető lemezzel  
szerelt padlófűtés [3]  
1 – hőszigetelés, előformázott; 2 – átlapolás

A gyártó cégek e legkülönbébb, szellemesnél szellemesebb rendszereket ajánlják az egyesített probléma optimális megoldására. Láthatunk példát a fektető lemez felületének profilos kiképzésére, a jobb lépéshang-gátlás érdekében (39.31. ábra). Ez a profilozás gyakran a hőszigetelő elemre kasírozott, a nedvesség elleni védelmet is biztosító műanyag fóliával együtt történik.

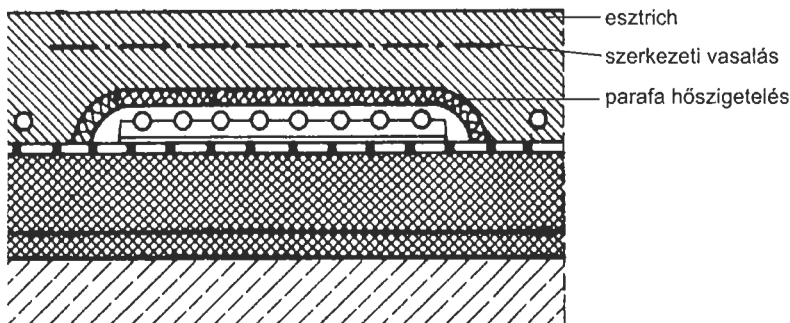
További megoldási példákat mutat az 39.32., 39.33. és 39.34. ábra.



39.32. ábra. Profillemmez (hőszigetelés, műanyag lemez) padlófűtés cső vezetésére [3]



39.33. ábra. Földre fektetett fűtött padló kiegészítő szigeteléssel [3]

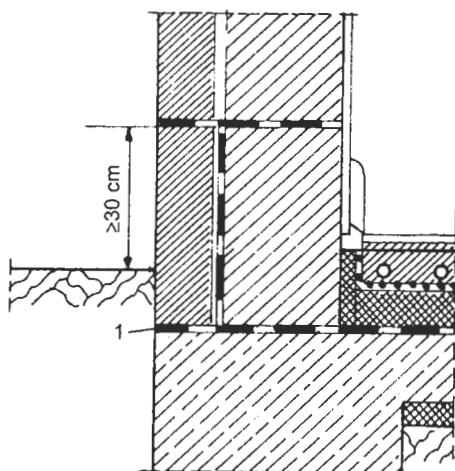


39.34. ábra. Fűtési áramkörök feletti kiegészítő hőszigetelés [3]

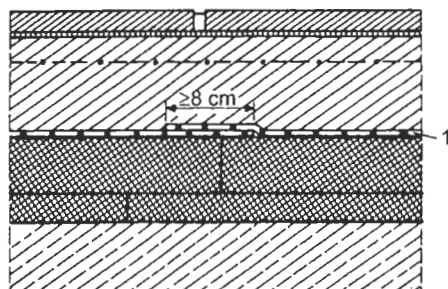
A **nedvesség elleni szigetelés** lehetséges feladatai:

- védi a szerkezetet a talajnedvességtől (abban az esetben, ha a padlót közvetlenül a talajra fektetjük),
- védi a szerkezetet a helyiségből származó víztől (vizes helyiségek esetén),
- védi a szigetelést és a fűtőcsövet az építési nedvességtől.

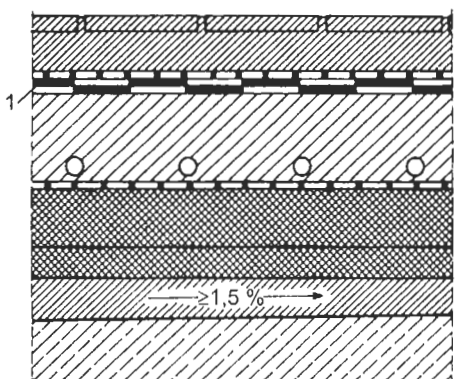
Az előbb már láttunk hő- hang- és nedvességszigetelést együtt biztosító, előregyártott fektető lapokat. Ezért a **39.35., 39.36., 39.37. ábrákon** a kifejezett nedvességszigetelés megoldásait ábrázoltuk. (Az ábrákon 1-el jelöltük a nedvesség elleni szigetelést.)



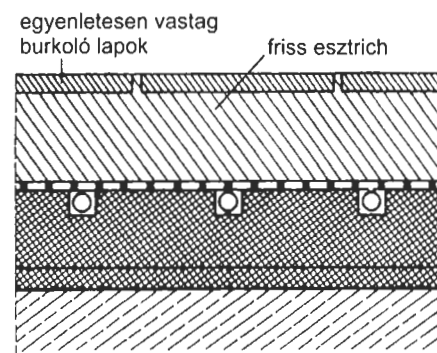
39.35. ábra. Fűtött padlók talajvíz elleni szigetelése [3]



39.36. ábra. Álló hégaz feletti átlapolás [3]



39.37. ábra. Erősen vizes helyiségben alkalmazott padlófűtés (nedvességszigetelés az esztrichben) [3]



39.38. ábra. Közvetlenül az esztrichbe ágyazott burkoló lapok [3]

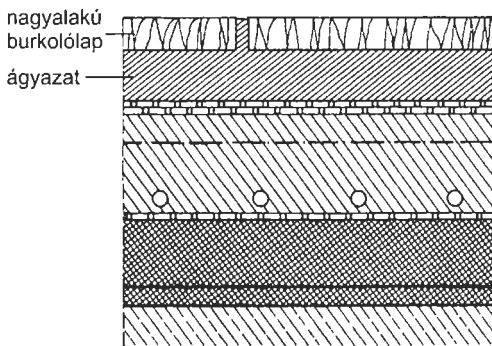
## Esztrichek és burkolatok

Az esztrich réteg alap- és adalékanyagai, terítési technológiája, dilatációs megoldása a padlófűtések elvi és gyakorlati megvalósításának igen lényeges eleme. E leírás azonban terjedelmében is, és építőanyag-ipari jellege miatt is meghaladja kötetünk kereteit, adott esetben a vonatkozó gyártmányismertetőkhöz kell fordulni.

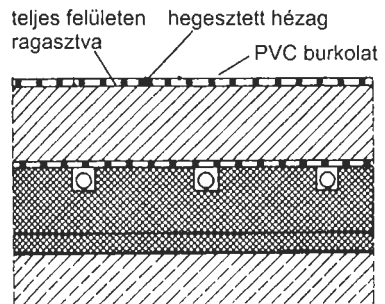
A padlófűtések készíthetők:

- merev burkolatokkal, (kerámia, kő, tégl, beton, stb.);
- rugalmas burkolatokkal (PVC, linóleum, gumi);
- textil burkolattal (szőnyegpadló);
- faburkolattal (parketta).

A rétegrend áttekinthetősége érdekében írjuk le, hogy a lapburkolatok a friss esztrichre is ráhelyezhetők. Elterjedtebb azonban az, hogy az esztrich megszilárdulását követően ágyazó habarcsba, vagy műanyag elválasztó fólia alkalmazásával habarcs ágyazatba helyezik a burkoló lapokat (**39.38. és 39.39. ábra**). Természetesen a ragasztással felvitt rugalmas burkolatokat a különleges padlófűtési követelményeknek megfelelően kell minősíteni (**39.40. ábra**).



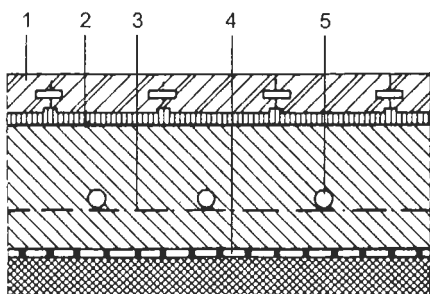
**39.39. ábra.** Nagyalakú burkoló lapok (márvány, mükő) [3]



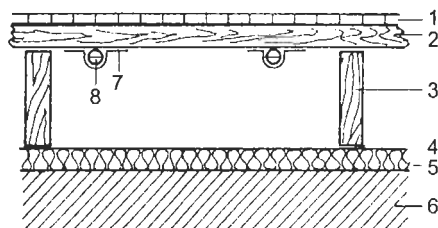
**39.40. ábra.** Rugalmas burkolatú fűtött padló

A textil- és faanyagokat hőszigetelő hatásuk jellemzi. Ezzel szemben a szőnyeg kedvezően befolyásolja a hőmérséklet-eloszlást és a kellemes közérzeti hatás miatt aránylag kis felületi hőmérséklettel működtethető. A faanyagoknál a száradási probléma okozhat gondot, ezért a kisebb nedvességfelvevő tulajdonságú, és jobb hővezető képességű keményfa járólapként előnyösebb, mint a puhafa (**39.41. és 39.42. ábra**).





39.41. ábra. Parkettával burkolt fűtött padló [3]  
1 – fa (nedvességtartalma  $9\pm 2\%$ ); 2 – megfelelően száraz esztrich; 3 – elosztó háló; 4 – nedvességszigetelés; 5 – fűtőcső



39.42. ábra. Vakpadló alá szerelt fűtőcsövek [3]  
1 – parketta; 2 – vakpadló; 3 – párnafa; 4 – sugárzó fólia; 5 – hőszigetelés; 6 – beton; 7 – csőbilincs; 8 – fűtőcső

## Kiegészítő szerelvények, padlófűtési rendszerek

A padlófűtések elemeinek sorában további kiegészítésként szerepel a csörögztés megoldása és a különféle szerelési anyagok sora. Ma azonban a padlófűtés már általában rendszer, amikor is a gyártó cég a teljes fűtőpadló valamennyi elemét együtt szállítja. Ilyen, hazánkban elterjedt rendszerek felsorolását találjuk az irodalomjegyzékben [43], [44], [48], [54], [55], [56], [59], [63].

### 39.2.8. Padlófűtések különleges üzemeltetési kérdései

A padlófűtések üzemeltetése során a korróziós jelenségek sora sajátosan alakul. Egy hagyományos rendszerben ugyanis aránylag nagy a belső acéllemez felület, és így a víz hőhordozó közegből és a rendszer különféle pontjain bejutó levegőből származó oxigén miatt korróziós termékként úgynevezett **magnetit** keletkezik (vegyjele:  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ). Ez a magnetit az acélfelületeken **bevonatot képez** és csökkenti a korróziós folyamat intenzitását és hatását. Ha csak nem alakul ki valamilyen rendellenes, további korróziót előidéző folyamat, akkor a fűtési rendszer hosszú ideig zavartalanul működhet így. (Lásd még „Alapismeretek” kötet „Korrózióvédelem és vízkezelés” c. fejezetét is!)

A műanyagcsöves padlófűtéseknel a korróziós folyamat azonban alapjaiban eltérően alakul. A műanyagcső falán keresztül ugyanis mód van arra, hogy a korróziós jelenség miatt keletkező oxigénhiány bizonyos mértékig kiegyenlítődjék, s az acélfelület aránylag kicsi. Az így fellépő intenzívebb korrózió miatt a rendszerben  $[\text{Fe O (OH)}]$  összetételű, finom szem-szerkezetű, úgynevezett vörös iszap képződik, és így iszaplerakódások, dugulások, eltömődések keletkezhetnek. Az iszap természetesen főként a keresztmetszet csökkenések helyén gyűlik össze.

Ennek lehetséges főbb következményei:

- a berendezések eldugulása;
- a hőmennyiségmérők leállása;
- a szelepelekeken bemaródások, eróziós jelek keletkezése;
- a keresztmetszet csökkenés miatt szivattyú túlterhelés, motor leégés.

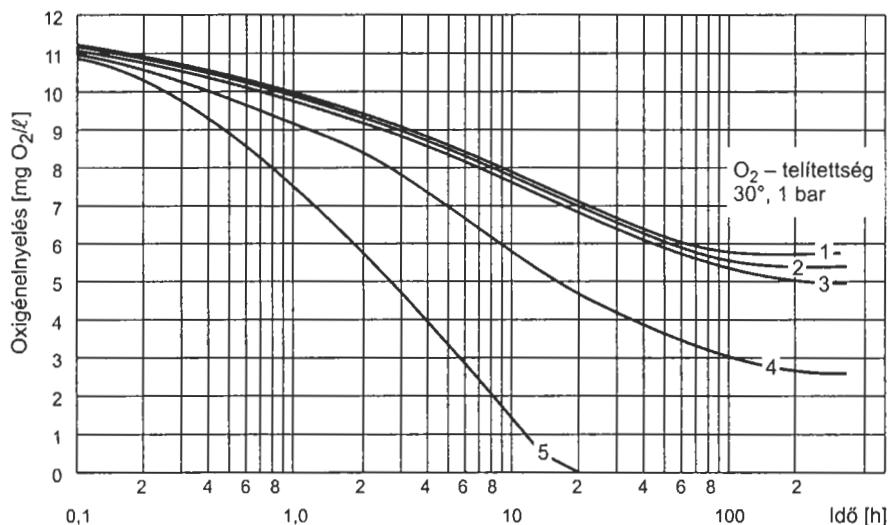
Ezeket az üzemzavarokat a rendszerek időszakos átöblítésével lehet elkerülni. Tisztító- és konzerválószerkezetek adagolásával, azzal, hogy a leeresztett vizet szűrőkön vezetjük át, és visszaáramoltatjuk a rendszerbe, bizonyos megtakarításokat el lehet érni.

Azt a jelenséget, melynek során a vasfelületeken kialakuló korrózió miatt csökken az oxigén telítettségi érték, s a külső levegő és a fűtővíz oxigén tartalma közötti koncentráció különbség hatására az oxigén molekulák a kisebb koncentráció irányába, a csőfalán keresztül a fűtővízbe áramlanak, *oxigéndiffúciónak* nevezzük.

Az időegység alatt a műanyagcső palástján át a fűtővízbe bejutó oxigén mennyisége függ:

- a koncentráció különbség mértékétől,
- a műanyag falazat áthatolási (permeációs) együtthatójától,
- a csőfal vastagságától,
- a csőfelület nagyságától.

Néhány csőanyag permeációs együtthatóját, és az anyagok ilyen értelmű összehasonlítását a 39.43. ábra mutatja.



39.43. ábra. Oxigén-elnyelés különböző műanyag csöveknél [3]

1 – ENGEL-eljárással térhálósított VPE cső (17x2 mm); 2 – PP-C cső (18x2 mm); 3 – PB cső (18x2 mm); 4 – sugárzással térhálósított cső (18x2 mm); 5 – sugárzással térhálósított cső (18x2 mm, 2m hosszú)

Az oxigéndiffúzió mértékéről és megakadályozási lehetőségéről folynak még tudományos viták. Biztos megoldásként jelenleg az kínálkozik, ha oxigéndiffúzió ellen védett csöveket alkalmazunk, vagy, ha a padlófűtési rendszert hőcserélővel választjuk el a hőtermelő fűtési körétől.

Mindkét megoldásra láttunk példát a padlófűtések elemeinek sorában (39.25, 39.27. ábra).

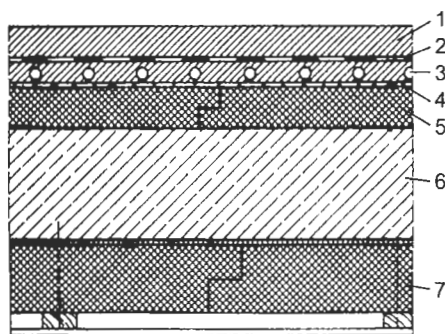
Megemlítjük még a korszerű fűtéstechnika kémiai segédeszközét: az *inhibitorokat*. Ezek adalékanyagok, melyek a fűtővízbe töltve megakadályozzák a korróziót, mert mintegy védőfilmet képeznek a cső belső falán. Hangsúlyozzuk, hogy ez a védelem csak tiszta, sima felület mentén hatásos.

A fűtési rendszerek korróziós kérdései és korrózióvédelme ma már egész külön fejezetet képvisel, ld. „Alapismeretek” kötet, „Korrózióvédelem” c. fejezete. A padlófűtések sajátos üzemeltetési problémáit az aktualitás miatt azonban e fejezetben röviden külön is meg kellett említenünk.

### 39.3. Szabadtéri (kültéri) fűtések

A szabadtéri felületek: utcák, hidak, felüljárók, nyitott gyalogos aluljárók, garázskihajtók, sportpályák, parkolók, repülőterek fűtése arra szolgál, hogy e felületeket hó- és fagymentessé tegyünk [3], [30]. Ezt a feladatot besugárzással (ld. kis tehetetlenségű, nagyhőmérsékletű fűtések), illetve a földre fektetett fűtő csővezetékekkel lehet megoldani (39.44. ábra).

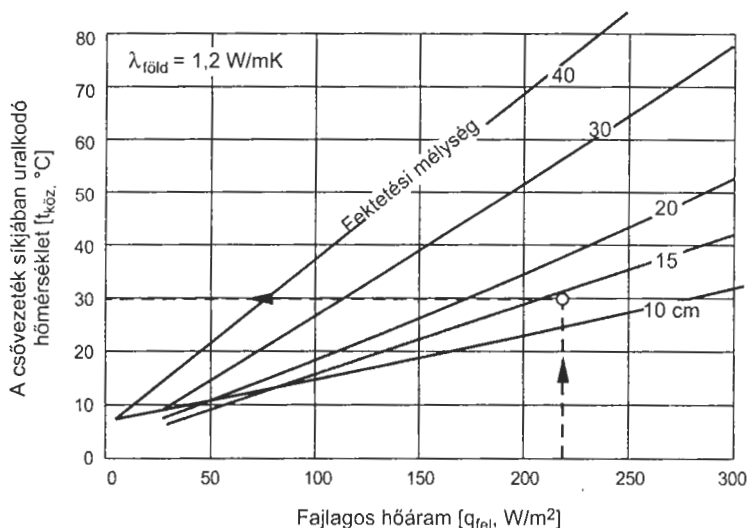
A földben az előbbiekhöz hasonlóan fűthetünk víz hőhordozó közeggel, villamos energiával, vagy esetleg elvileg levegővel is.



39.44. ábra. Külső tér feletti fűtött padló kiegészítő szigeteléssel [30]

1 – burkolat; 2 – víz elleni szigetelés; 3 – fűtőcsövek és a fűtőcsöveket tartalmazó betonréteg; 4 – hőelosztó háló; 5 – teherhordó réteg; 6 – hőszigetelés; 7 – alapozás

A *víz hőhordozót* általában műanyag köpennyel ellátott acélcsövekben, vagy kemény műanyag csövekben (PE cső) keringetik. A csővezeték fektetési síkjában uralkodó hőmérséklet és az átadott hőáram összefüggését mutatjuk meg a 39.45. ábrán.



39.45. ábra. Fajlagos hőáram a fektetési mélység és a hőmérséklet függvényében [30]

Ez a fajlagos hőáram kifejezhető a felületi hőátadási tényező és a hőmérsékletkülönbség függvényeként:

$$\dot{q}_{fel} = \alpha(t_{fel,köz} - t_{lev}) \quad (39.1.)$$

Ekkor a fűtőszál síkjában a hőmérséklet értéke:  $t_{köz}$ , a felfelé irányuló hőáram a hővezetéssel is kifejezhető:

$$\dot{q}_{fel} = \frac{\lambda_{föld}}{s} (t_{köz} - t_{fel,köz}) \quad (39.1/a)$$

Ha hóesés is van, akkor számítanunk kell a hóvastagság folyamatos elolvasztására is:

$$\dot{q}_{olv} = \nu \cdot \rho \cdot L \quad (39.2.)$$

itt:

$s$  a fektetési mélység [m],

$\nu$  a hóréteg vastagsága [m],

$\rho$  a hó sűrűsége [ $\text{kg/m}^3$ ],

$L$  a hó oladási hője [ $\text{kJ/kg}$ ].

A hó jobbra  $-5$  és  $0$  °C között esik. A hóolvasztás alatt is pótolnunk kell a felületről eltávozott hőáramot.

Ezért a külső felületre érkező hőáram:

$$\dot{q}_{fel} + \dot{q}_{olv}$$

A fűtőszál síkjától a föld mélye felé, lefelé is áramlik a hő. (Általában felvesszük, hogy a föld mélyében a hőmérséklet  $\approx 10^\circ\text{C}$ ).

Ugyancsak felvesszünk a föld mélyében egy egyenértékű hőátadási, vagy részleges hőátbocsátási tényezőt:  $\kappa' = 1,2 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

és így a lefelé irányuló hőáram:

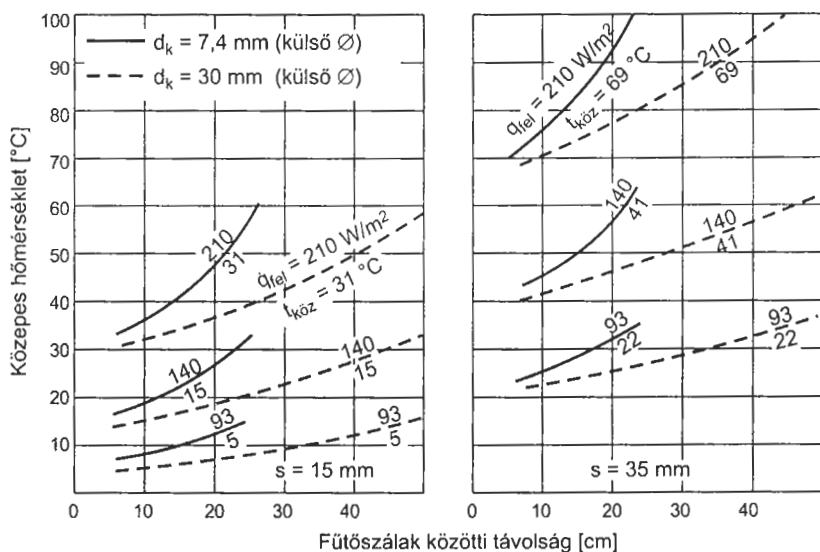
$$\dot{q}_{le} = \kappa' (t_{köz} - t_{föld}) \quad (39.3.)$$

Mindösszesen tehát:

$$\dot{q} = \dot{q}_{fel} + \dot{q}_{olv} + \dot{q}_{le} \quad (39.4.)$$

teljesítmény szükséges.

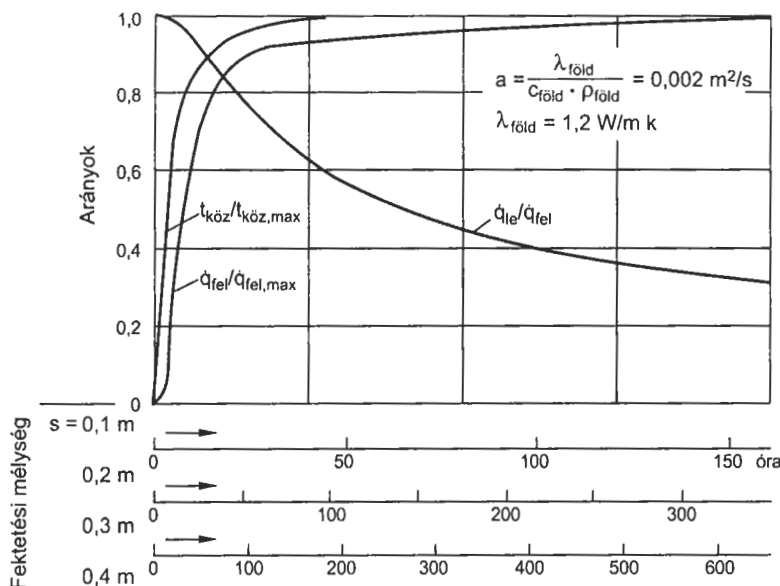
A szükséges fűtőközeg hőmérséklet értelemszerűen függ még a fűtőcső külső átmérőjétől, és a fűtőszálak közötti távolságtól, ahogyan ezt a **39.46. ábra** mutatja.



**39.46. ábra.** Fűtőközeg hőmérséklet a fűtőszálak közötti távolság függvényében [30]  
 $d_k$  – cső külső átmérője;  $t_{köz}$  – közepes hőmérséklet a fűtőszálak síkjában;  $\dot{q}_{fel}$  – a hőáram;  
 $s$  – csőfektetés mélysége

A földbe helyezett fűtőszálak körüli felmelegedés, és a felületi hőátadás mechanizmusa természetesen lényegesen bonyolultabb, mint ahogyan ezt a bemutatott összefüggésekkel egyszerűsítve leírtuk. A technikai közelítés céljára, és a nagyságrendek érzékeltesére ez a számítás elegendő (lásd még kötetünk „Sugárzó fűtések méretezése” c. fejezete, valamint a „Távhőszolgáltatás” c. fejezetet is!).

A 39.47. ábrát kiegészítésképpen azért mutatjuk be, hogy érzékeltesük a nagy földtömeg felmelegítéséhez szükséges időtartamot.



39.47. ábra. A csővezeték síkjában uralkodó közepes fűtőközeg hőmérséklet időbeli változása [30]  
(Az „a” érték a talaj hőmérsékletmező eloszlására jellemző adat [25])

A 39.1. táblázat adatainak sora jó eligazítást nyújt a vízfűtésű megoldások méretezéséhez.

A villamos árammal működő szabadtéri fűtések 230/400V feszültséggel táplálják. A fajlagos fűtőteljesítmény: 200–400 W/m<sup>2</sup>. A kapcsolás automatikus, hőmérséklet- és felületi nedvességtartalom érzékelőkkel.

A szabadtéri fűtés nem kis beruházási és üzemeltetési költséget jelent, de nagy jelentősége van a balesetveszély elkerülésének és az emberi kényelem biztosításának szempontjából, egyre fontosabb tehát, hogy ismerjük a megoldás lehetőségeit.

Szabadtéri fűtések hőáramsűrűsége (fajlagos hőáram),  $[W/m^2]$  és közepes fűtőközeg hőmérséklet adatai (Jégmentesítés 2 mm vastag jég réteg esetén)

39.1. táblázat

A felületi fűtés célja		Állomás, üzem					Közlekedési út jégmentesítése					
A padlófelület hőmérséklete	°C	+5 °C					0 °C					
A jégmentesítési idő	perc	–					30			60		
Levegő hőmérséklet	°C	–16	–12	–8	0	+3	–16	–8	0	–16	–8	0
Hőáram sűrűség	$W/m^2$	525	425	325	125	50	732	532	332	556	366	166
Fűtőcsövek síkjának közepes hőmérséklete												
Csőosztás												
75 mm	°C	40,1	33,4	26,7	13,3	8,3	62,2	48,8	33,5	44,5	31,1	17,7
150 mm	°C	68,2	56,2	44,1	20,0	11,0		77,3	53,3	74,8	50,7	26,6
225 mm	°C		81,5	63,5	27,5	14,0			73,1		72,6	36,5
300 mm	°C				63,6	28,1		–	–	–	–	–

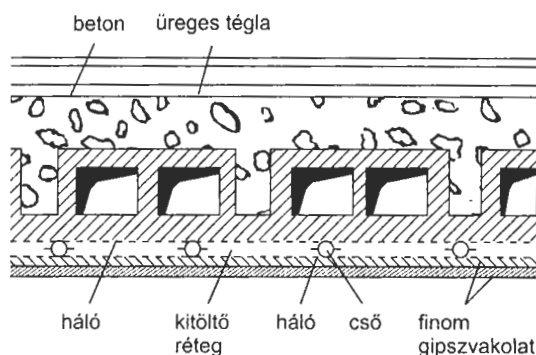
### 39.4. Kishőmérsékletű, kis tehetetlenségű sugárzó fűtések

Valamennyi, eddig bemutatott sugárzó fűtési rendszer fő hátránya a nagy hőtehetetlenség. Emiatt a szabályozás igen nehézkes, gondoljunk itt a szabályozástechnikai tanulmányokban szereplő holtidőkre („Alapismeretek” kötet „Szabályozástechnika” fejezet, valamint a [2], [7], [19], [30], [35] számú irodalmi források). Ne feledjük, hogy a nagy tehetetlenségből eredő késleltetés energiapazarláshoz is vezethet.

Mindezen fűtések másik hátránya, hogy abban az igen kellemetlen esetben, ha csőlyukadással járó meghibásodás fordul elő, a bontás az egyetlen javítási lehetőség, aminek következményeit nem is kell ecsetelnünk. Mindezen gondokat említettük már kötetünk 39.1, 39.2 pontjának tárgyalása során, s most a továbbiakban azt mutatjuk be, hogy hogyan, milyen módszerekkel oldották meg ezeket a gondokat.

Elsősorban függetlenítették a fűtőréteget a mennyezet teherhordó, és épületszerkezetet alkotó részétől. E törekvések során fejlődtek ki az úgynevezett „mennyezetből kiemelt” sugárzó fűtések, melyek további előnye, hogy épületek felújítása, átalakítása során is kiválóan alkalmazhatók. Ezután meg kellett oldani a csőígyó statikai megfogását, és a hő terjedését a mennyezet síkjában, és a fűtött tér felé is.

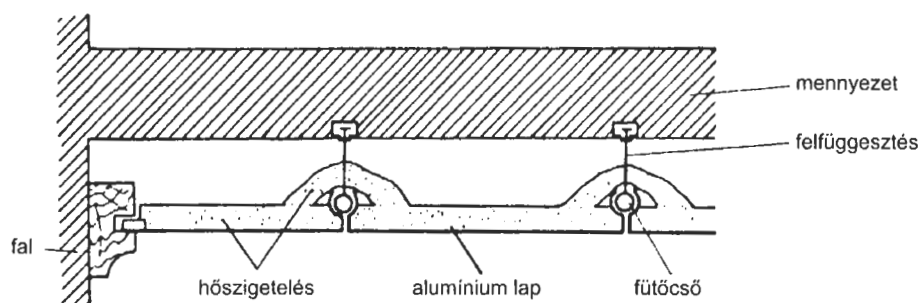
Az első, ma már klasszikusnak nevezett megoldás az volt, hogy a csőígyót a *vakolatba* helyezték (39.48. ábra). Európában ezeket a fűtőmennyezeteket általában 10 mm vagy 15 mm átmérőjű acélcső felhasználásával készítették, míg az USA-ban már korábban is a 10 mm átmérőjű rézcső volt a divatos megoldás. A mennyezetet általában üveggypottal, vagy egyéb könnyű szigetelőanyaggal látták el. A kétrétegű drótháló (terpesztett lemez) a jobb hőeloszlás biztosítására szolgált.



39.48. ábra. Vakolatba ágyazott mennyezet sugárzó fűtés [20]

A későbbiek során azután kifejlesztették a *fémfelületű sugárzó mennyezetfűtések* [4], [20]. E rendszerek döntő hányada lyukasított alumíniumlemezekből készül. A mennyezetet lényegében könnyen, akár utólag is felszerelhető, illetve leszerelhető táblákból állítják össze.

A hőérzet és a gazdaságosság dönti el, hogy a teljes mennyezetet, avagy annak csak bizonyos hányadát borítják be úgy, hogy a fűtőmennyezet sávokat alkot. Mindkét esetben gondoskodni kell arról, hogy a mennyezet egységes képet nyújtson. A kialakítás módját a **39.49. ábra** szemlélteti. A tábla helyiség felőli oldalán van a lemez, míg másik oldalát hő- és hangszigetelő réteg fedi. Ilyen módon a fűtőközeg hőmérsékletét csak a helyiségben tartózkodók hőérzete befolyásolja, illetve korlátozza, a hőmérséklet növelésének szerkezeti akadálya nincs.



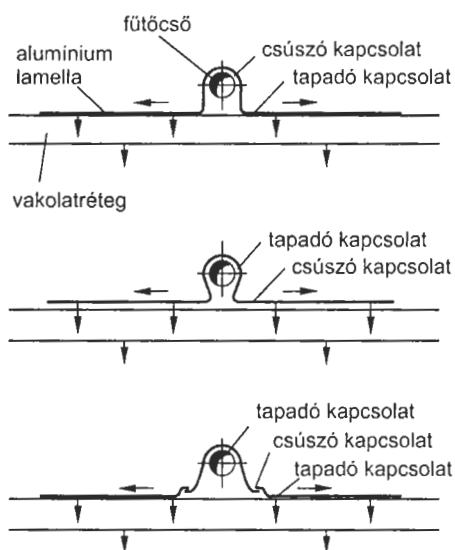
39.49. ábra. Alumínium kazettás sugárzó fűtés [20]

Ugyanezen táblák, illetve a táblák és a teherhordó szerkezet közötti légtér arra is alkalmas, hogy a helyiség légellátása megoldható legyen. A levegő bejuttatását segítheti a táblák perforációja, ami egyébként a hanggátlás szempontjából is előnyös. A fűtő- és szellőztető sávok, vagy egységek között fennmaradó mennyezet felületet világító testek céljára lehet felhasználni, s így alakulnak ki a *fűtő-szellőztető (esetleg hűtő) és világító álmennyezetek*. A XX. század negyvenes-ötvenes éveitől kezdve egyre több reprezentatív előcsarnok, foyér,



fogadó helyiség és egyéb nagyterű épített létesítmény készült ilyen mennyezettel. Ezek a rendszerek is 15 mm, vagy 20 mm átmérőjű acélcsövekkel létesültek, és figyeljük meg a lemezek szellemes „bepattintásos” felerősítési módszerét. A megoldást a szabadalmaztató neve után „Frenger” fűtésnek is nevezik.

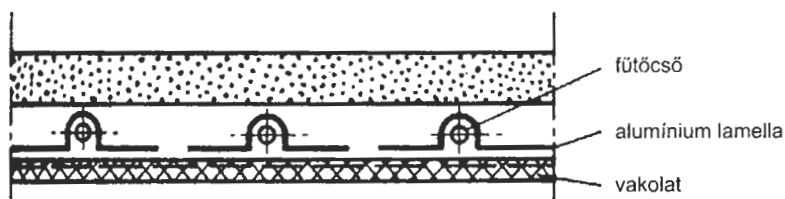
A kistehetlenségű mennyezetfűtés következő megoldása **a vakolással ellátott fémlemez sugárzó fűtőtest**. Ennek az elgondolásnak az a lényege, hogy a fűtőcsőhöz jó hővezető képességű fémlemez csatlakozik, és ez vezeti a hőt a főleg gipsztartalmú vakolatrétegre. A használatos megoldások egyrészt a cső és a lamella, másrészt a lamella és a vakolat közötti kapcsolat kialakításában térnek el egymástól.



39.50. ábra. A lamella és a vakolat kapcsolata [20]

A 39.50. ábra a gyakorlatban alkalmazott megoldási változatokat mutatja be. A hőhordozó közeg általában 20 mm átmérőjű csövekben áramolva az alumínium lamellák jó hővezetési tényezője révén a vékony vakolatrétegen könnyen és egyenletesen elterjedve kedvező hőmérséklet-eloszlást biztosít.

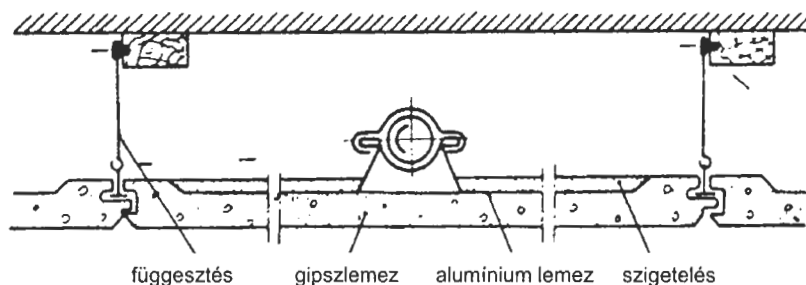
A 39.51. ábrán látható elv alapján épült fel az úgynevezett „Stramax” fűtőmennyezet. Itt a 39.50. ábrán látható első változat szerint a cső és alumínium lamella között csúszó, míg a lamella és a vakolatréteg között szilárd, tapadó összeköttetés van. A hőmérsékletesés a hőhordozó közeg és a lamella gyökvonala között 8–12 °C körüli érték, a cső és a lamella közötti érintkező felület nagyságától és a szerelés gondosságától függően.



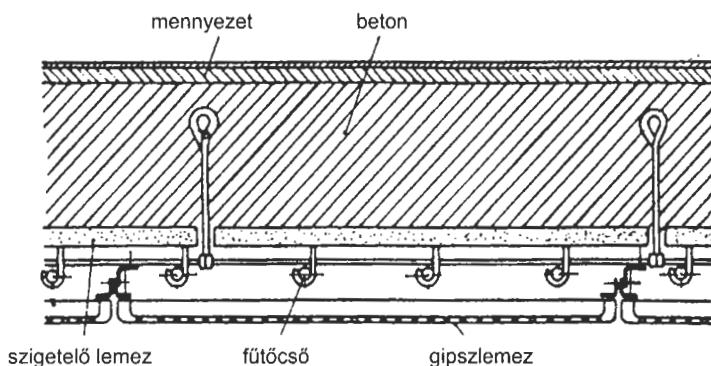
39.51. ábra. „Stramax” lamellás fűtőmennyezet [20]

A lamellákat és a terpesztett lemezeket építés közben a teherhordó mennyezetbe erősített bilincsekre és függesztővasakra szerelik. A lamella alatti síkban a teljes mennyezetet borító terpesztett lemezek egyben biztosítják a vakolat tartását és egyenletességét is.

További sikeres lépés volt az előregyártott alumínium lamellás gipsztáblák alkalmazása, így megtakarítható a helyszíni vakolatkészítés, és igen egyszerű a szerelés is. Ez a megoldás utólagos beépítésre is alkalmas. A cső és a lamella érintkezése csúszó, a lamelláé és a gipszé viszont tapadó jellegű. A gyakorlatban elterjedt megvalósítása az úgynevezett „Ibis” rendszer (39.52. ábra). A gipszbe a hővezetési tényező javítása érdekében fémforgácsot helyeznek, a tábla felső részét hővesztesség elleni szigetelőréteggel látják el. A fűtőközeg maximális hőmérséklete ez esetben nem lehet több, mint  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



39.52. ábra. Előregyártott, Ibis rendszerű, kistehtetlenségű mennyezetfűtés [20]



39.53. ábra. Könnyű sugárzó mennyezet [20]

1 – mennyezet; 2 – beton; 3 – szigetelő lemez; 4 – fűtőcső; 5 – gipszlemez

Elvi szempontból más megoldást tükröz a 39.53. ábrán bemutatott könnyűszerkezetű sugárzó mennyezet, amelyben a *hőközlő csövek légrétegben* helyezkednek el, s ezen keresztül – sugárzással és konvekcióval – adják át hőjüket. A hőátvitel ezen az úton természetesen nem olyan hatásos, mint az eddig tárgyalt rendszerek esetében, ahol biztosították a hő vezetés útján való terjedését.

Előnyös viszont ennél e rendszernél az, hogy az alkalmazható hőmérséklet nem korlátozott. Ha a mennyezeti térközbe levegő bevezetésével légfűtés céljára is használják, akkor a konvekciós hőleadás is ugrásszerűen növekszik.

Ahogy a korábban tárgyalt mennyezet- és padlófűtések esetében bemutattuk, itt is megjegyezzük, hogy a kis hőmérsékletű és kis tehetetlenségű fűtést is lehet villamos energiával táplálni. E megoldásokat **villamos tapétafűtés** formájában valósítják meg. A fűtőtest felületén kialakuló hőmérséklet, valamint a kis hőtehetetlenség miatt ez a fűtési rendszer is az e fejezetben tárgyaltak közé tartozik.

A kiviteli megoldás lényege az, hogy a tapétát vékony elektromos huzallal átszővik, vagy újabban nyomtatott áramkörrel látják el. Áramforrásként törpefeszültséget használnak (24 V).

A fűtőtapétát kistehtetlenségű szigetelőlapra viszik fel, ez aránylag gyorsan felmelegedve időszakosan fűtött helyiségekben kis időközökkel a levegőt is felmelegíti. A fűtendő helyiség felőli oldalon a fűtőtapétát még egy tapétaréteggel fedik be. A tapéták elektromos hálózatát lehet párhuzamosan és sorbakapcsoltan is üzemben tartani, sőt egyik-másik felületen teljesen kikapcsolni. Ezzel a fűtés teljesítményét elég széles határok között változtatgatjuk.

### 39.5. Közepes hőmérsékletű (kis tehetetlenségű) sugárzó fűtések

Közepes hőmérsékletű sugárzó fűtések megvalósítására

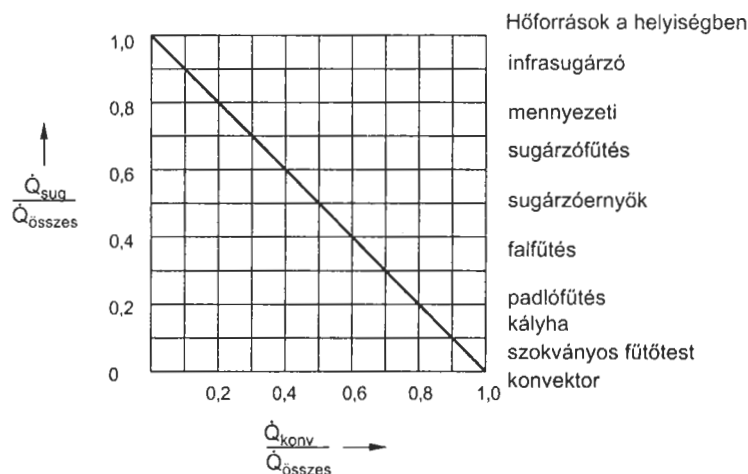
- a különféle, hőjüket nagy részben sugárzás útján leadó, a szerkezettől független fűtőtesteket és
- az úgynevezett sugárzó ernyőket alkalmazzák.

Az előbbieket inkább a kényelmi-kommunális célú fűtések célját szolgálják, és általánosságban „lapfűtőtest”, „lapradiátor” néven szerepelnek a köztudatban, míg az utóbbiak inkább az ipari- mezőgazdasági-, gyülekezési csarnokok hőleadói.

#### Lapradiátorok

A lapradiátorok bemutatása előtt gondolkozzunk el kissé azon, hogy a köznapi nyelven „radiátor”-nak nevezett hőleadók közül melyik sorolható a sugárzó fűtőtestek családjába?

Ahogy kötetünk „Sugárzó fűtések néhány elméleti kérdése” c. fejezetében láttuk, a hőleadó felületről a környezetbe sugárzás és konvekció útján jut el a hő, s a sugárzó fűtés meghatározása éppen az, hogy ezen hőáramlási módzatok közül a sugárzása a döntő hányad. A fűtések ebben az értelemben rangsorolni is szokás, ezt mutatja a **39.54. ábra**.



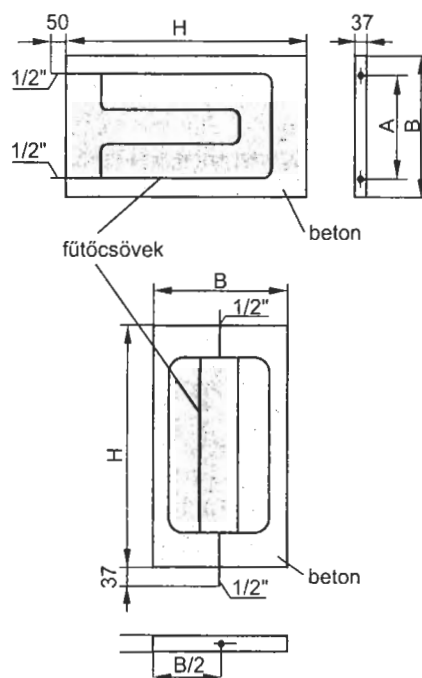
39.54. ábra. Fűtési rendszerek, hőleadók sorolása a sugárzási és konvekciós hőleadás arányának szempontjából [20]

Az ábra arra is rávilágít, hogy ameddig a központi fűtési rendszerekben úgyszólván kizárólag tagos radiátorokat alkalmaztak, addig egyszerűbb volt szétválasztanunk a konvekciós és sugárzó fűtéset. Mai felfogásunk szerint azonban a 39.54. ábrán bemutatott rendszerben, a szokványos fűtőtestek sorában már a különféle fűtőtesteket is meg kell különböztetnünk, hiszen a lapradiátorok nagyon elterjedtek.

Ennek oka az esztétikus megjelenés, az aránylag kedvezően alakítható helyfoglalás, a könnyű tisztíthatóság és az, hogy széles skálán mozoghatunk a hőmérséklet, a méret- és teljesítményválaszték terén.

A 39.55. ábrán a már megszokott történelmi sorrendben a lapradiátorok mintegy 50 esztendővel ezelőtt kialakított formáját, az úgynevezett betonradiátort ábrázoltuk.

Azonos elven alapszik, de egészen új és modern hazai gyártmány az úgynevezett „Hölux” fűtőtestek sora. Ez a megoldás változatos, egyedi megjelenési formát és igen esztétikus megjelenést is biztosít, a hagyományos cserépkályha ill. kandalló megoldásokhoz hasonló építészeti forma és struktúra világát idéz [66].



39.55. ábra. Betonradiátor [20]

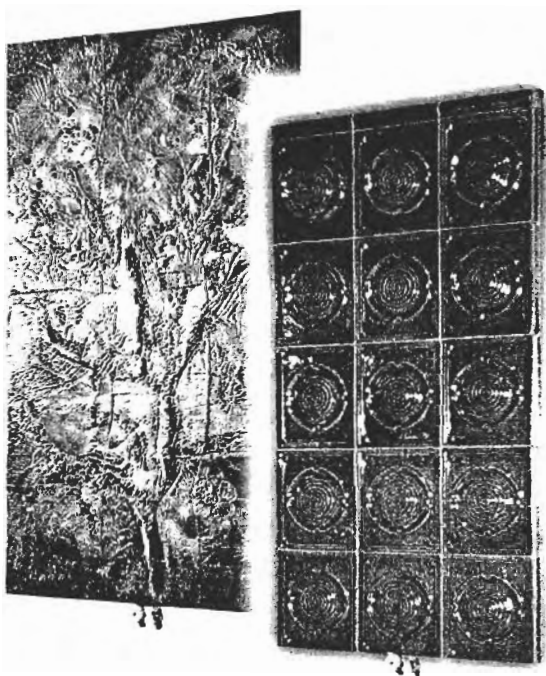
Ezen hőleadók felületét az építészetben szívesen alkalmazott és megbecsült anyagok, a természetes kővek, márványlapok és kézműves kerámiák képezik. A nemes agyagokból kialakítható külső felület tehát nem burkolat jellegű, hanem a hőközlésben résztvevő funkcionális elem. A felületek könnyen tisztíthatók, kezelést, karbantartást a berendezések nem igényelnek. A hőleadók alkalmazhatók műemlék és műemlék jellegű, vagy egyéb, nagyon igényes épületekben, villákban, családi házakban, házi uszodákban, nagy előterekben, illetve középületekben vagy időszakosan használt nagyobb terekben, (templomok, kastélyok) de előnyös alkalmazásuk a fokozott higiéniai követelményeket támasztó egészségügyi vagy az ipari jellegű tisztatér technikában is.

A megoldás lehetőséget ad a rideg és sokszor stílus zavaró gépészeti berendezések elrejtésére.

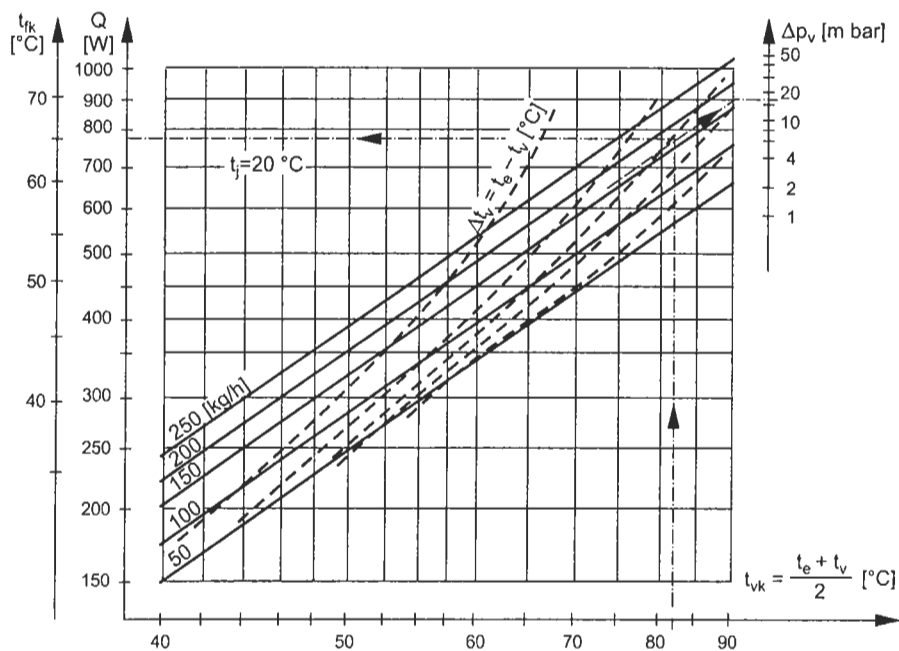
A változatos formai és felületi kiképzésű fűtőberendezések alapját egy, a központi fűtéshez csatlakoztatható többretegű fűtőelem képezi.

A felületi hőmérséklet az igen kellemes 40–70 °C tartományban mozog. Egy kivitelezési példát a **39.56. ábra**, a méretezéshez a segítséget a **39.57. ábra** mutatja.

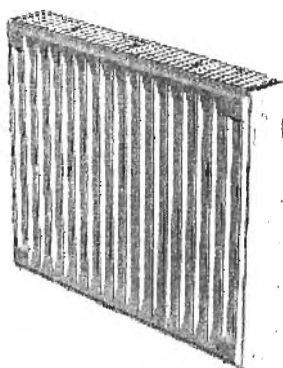
A **39.58. és 39.59. ábra** korszerű acéllemez lapradiátorokat mutat a konvekciót elősegítő, függőleges vájatokkal.



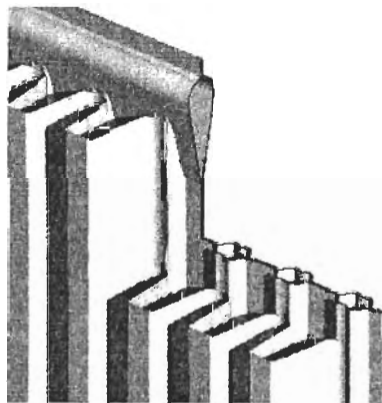
39.56. ábra. Korszerű, esztétikus hőleadó: kerámia és márvány borítású fűtőtest [66]



39.57. ábra. Márvány és kerámia fűtőtestek méretezése, megválasztása [64]



39.58. ábra. Korszerű esztétikus hőleadó: acéllemez lapradiátor

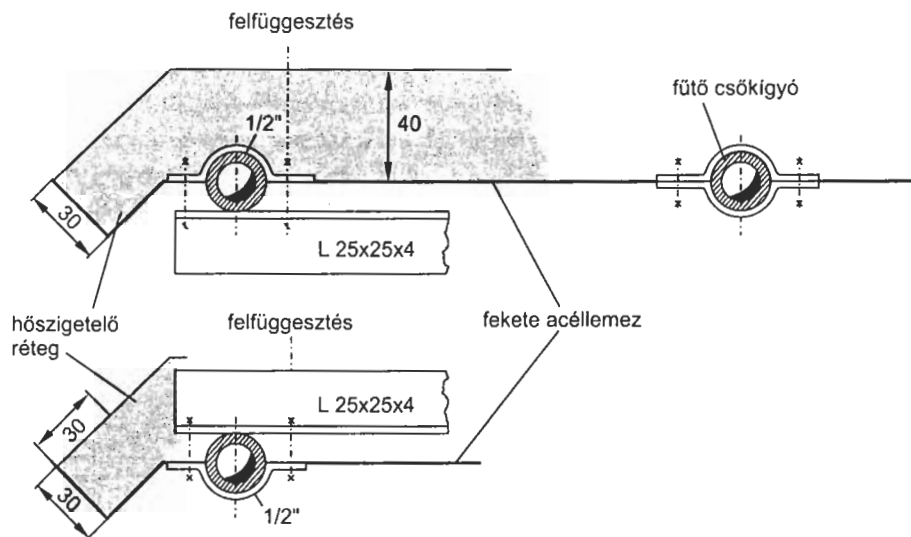


39.59. ábra. A konvekciót elősegítő függőleges vágatok

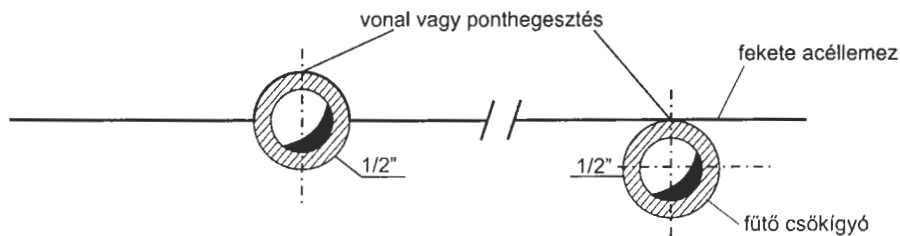
### 39.5.2. Sugárzó ernyők

A sugárzó ernyők lényegében fekete acéllemezről készített sík lemezek, melyeket csőki-gyóban áramló vízzel, vagy gőzzel melegítenek fel [4], [20]. A sugárzó ernyők kialakítása, és alkalmazási köre biztosítja, hogy a hőmérséklet elérheti esetleg a 200 °C körüli értéket is.

Természetes, hogy e nagy hőmérsékletek függnek elsősorban az alkalmazásra kerülő hőhordozó minőségétől, áramlási viszonyaitól, az ernyő lemezének anyagától, a csövek átmérőjétől és menettávolságtól, sőt az ernyő hosszától is. Az ernyő szerkezetének egy megoldását, a cső és lemez kapcsolatának vázlatát a **39.60.** és **39.61. ábra** mutatja.



**39.60. ábra.** Sugárzóernyő mechanikus cső-ernyő kapcsolattal [20]



**39.61. ábra.** Megoldás a cső-ernyő kapcsolatra [20]

A kedvező ernyőkialakítás szempontjai:

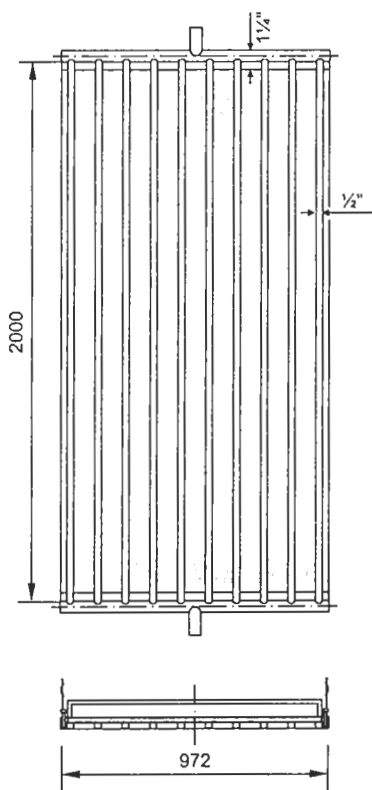
- víz hőhordozó esetében a turbulens áramlás biztosítása,
- a cső és a lemez között minél intenzívebb hőátadási kapcsolat létesítése,
- a fűtött lemezfelületek minél jobb kihasználása,
- a hőt a fűtött térfél felé kell terelni, azaz a sugárzó ernyőnek azt az oldalát, mely nem a fűtött tér felé néz, jól kell szigetelni,
- a felfüggesztést és a hőtágulást biztonságosan és gazdaságosan kell megoldani,
- meg kell felelni az üzembiztonság követelményrendszerének, különös tekintettel a hőhordozó nyomására.

### Jellegzetes hőhordozók, és megválasztásuk szempontjai

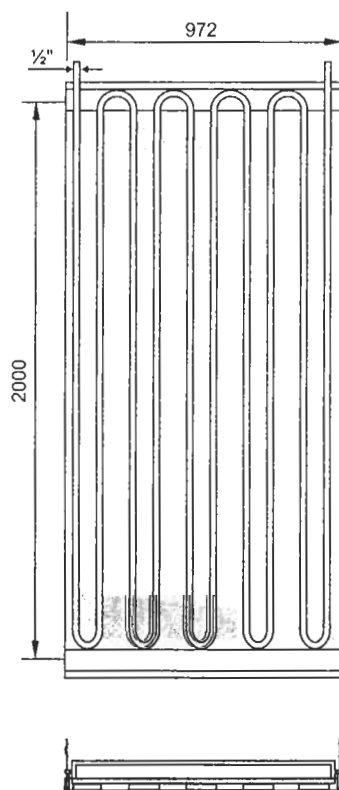
A sugárzó ernyők meleg- és forró vízzel, kis- és nagynyomású gőzzel egyaránt fűthetők. Korábban foglalkoztak olaj, mint hőhordozó alkalmazásával is, mert így a hőmérsékletet akár 200 °C-ig is növelni lehetett, ez a megoldás azonban elvi jelentőségű, a gyakorlatban nem tudott nagyobb teret hódítani.

Így az alkalmazásra kerülő közeg és hőmérséklet határok:

- felületi közepes hőmérséklet  $\approx 100\text{--}110\text{ °C}$  között (forró víz, pl. 130/70 °C, vagy 150/80 °C hőmérséklettel, vagy kisnyomású telített gőz),
- felületi közepes hőmérséklet  $\approx 100\text{--}130\text{ °C}$  között (középnomású telített gőz 98.000 Pa nyomásig),
- felületi közepes hőmérséklet 130 °C-nál nagyobb (olaj hőhordozó mint említettük, elvi jelentőséggel).



39.62. ábra. Sugárzó fűtés gőz fűtőközeggel [20]



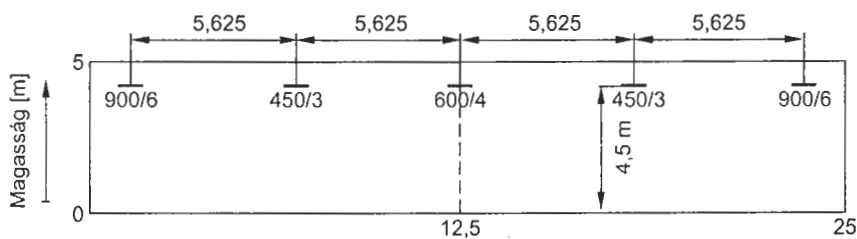
39.63. ábra. Sugárzóernyő víz fűtőközeggel [20]



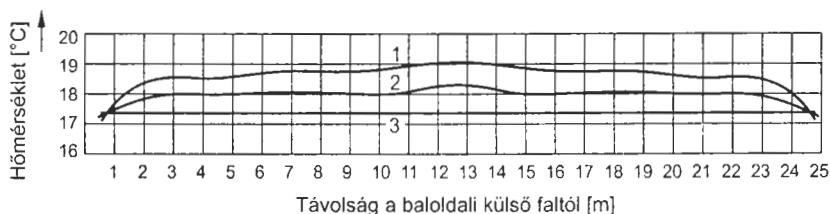
A csövek átmérője befolyásolja a hőhordozó sebességét, és így az áramlás minőségét, s ezen keresztül a belső hőátadási tényezőt, ami meghatározza a hőhordozó és a csőfal hőmérséklete közötti különbséget, s így a kialakuló közepes hőmérsékletre is elsőrangú befolyással van. Az ernyő hossza pedig a lehűlés miatt döntő a közepes felületi hőmérséklet kialakulásának során.

A különböző vizsgálatok általában öt-hat szál 15 mm átmérőjű csőből és 1–1,25 mm vastagságú acéllemezből készült ernyők gazdaságosságát igazolták. Forróvíz-fűtés esetén a sorbakötött ernyők együttes hossza kb. 20–24 m, olaj hőhordozó esetén pedig 30–36 m lehet. Gőz esetén az ernyő hosszának a hőközlési viszonyokra nincs észrevehető hatása. Ha egy-egy ernyő hossza 10 m, akkor az összekötő csövet lehet úgy kialakítani, hogy azzal a hőtágulásból adódó feszültséget is ki lehessen egyenlíteni.

A 39.62. és 39.63. ábrán sugárzó ernyő kialakítását, a 39.64. ábrán sugárzó ernyőkkel fűtött csarnok vázlatát, a 39.65. és 39.66. ábrán pedig a jellegzetes hőmérséklet-eloszlásokat láthatjuk.



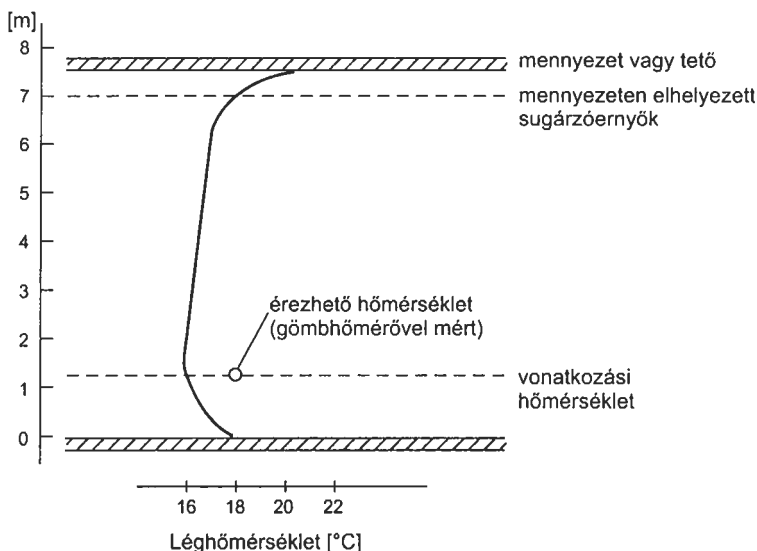
39.64. ábra. Sugárzó ernyőkkel fűtött csarnok vázlata [30]



39.65. ábra. Vízszintes hőmérséklet-eloszlás [30]

1 – hőmérsékleteloszlás a sugárzó ernyők alatt kb. 0,5 m-rel; 2 – hőmérsékleteloszlás 2,5 m magasságban;  
3 – hőmérsékleteloszlás 1,2 m magasságban

Itt érzékeltetjük ismét a sugárzó ernyők alkalmazásának fő előnyeit, nevezetesen az aránylag kis levegőhőmérsékletet, ami igen nagy energia-megtakarításhoz vezethet a csarnok jellegű helyiségek esetében, továbbá azt, hogy mivel az ernyő a padlót besugározza, a padló az emberi tartózkodás szempontjából igen kellemes. Ezért vált a sugárzó ernyő a csarnok jellegű helyiségek közkedvelt fűtési rendszerévé és megoldásává.



39.66. ábra. Függőleges hőmérséklet-eloszlás [30]

### 39.6. Nagyhőmérsékletű, (kis tehetetlenségű) sugárzó fűtések

A sugárzó fűtések eddig megismert energetikai és közérzeti előnyei, valamint az egyre sajátosabb fűtéstechikai feladatok (szabadtéri teraszok, félig nyitott tárolók, lelátók, különleges ipari, mezőgazdasági és gyülekezési csarnokok fűtési igénye) arra indították és ösztökölték a fejlesztőket, hogy a legszélső határig kihasználják a sugárzási hőátadás adta előnyöket. Így terjednek el manapság rohamosan az úgynevezett közvetlen sugárzó fűtési megoldások.

Ezek az energiahordozó szempontjából működhetnek

- gázzal,
- villamosenergiával és
- olajjal.

Kötetünk „Egyedi fűtések” c. fejezetében, a „Gáztüzelésű egyedi fűtőkészülékek” sorában ismertettük a gázzal működő sugárzó fűtéseket.

Ezért itt csak e fűtőkészülékek rohamos elterjedésének és közkedveltségének okait, az előnyöket és az alkalmazási lehetőségeket foglaljuk össze:

- a megkívánt hőérzet biztosításához nem szükséges felfűtenünk a helyiség levegőjét az előírt belső hőmérsékletre, ezért jelentősen csökken az energiafogyasztás;
- a kisebb levegőhőmérséklet mellett is megfelelő komfortérzetet nyújt, mert csökkenti az ember sugárzások hőleadását;

- helyes tervezés esetén a hőérzet nagyon kellemes lehet;
- a terem függőleges irányú hőfokgradiense csökken;
- kisebb a külső és belső tér közötti hőmérsékletkülönbség, így a hőveszteség is,
- meleg padozatot biztosít;
- a készülékek azonnali üzemkész állapota miatt hamar beáll a kellemes hőérzetet biztosító állapot;
- a terem, ill. csarnok teljes „felfűtési” ideje rövid, mindössze 15–20 perc;
- a fűtőkészülék helyigénye kicsi, és a hasznos térből nem foglal el helyet;
- lehetőség van a részleges fűtésre (pl. egyes csarnokrészek, különálló munkahelyek stb.);
- nyitott terek temperálására is alkalmas;
- a fűtés üzeme egyszerű és automatizálható;
- üzemeltetése zaj- és pormentes, nem fagyveszélyes;
- viszonylag kis beruházási költséget igényel (nincs szükség hőtermelő központra, szellőzőgépházra, nagyméretű csővezetésekre stb.);
- szerelése egyszerű, a csarnok üzeme közben is végezhető;
- üzemköltsége (gáz- és elektromosenergia-fogyasztása) és karbantartási igénye minden más fűtési rendszerénél kedvezőbb.

Említsük meg az alkalmazással járó korlátokat is:

- az A és B tűzveszélyességi osztályba tartozó helyiségekben nem alkalmazható,
- lakó- és irodahelyiségekben csak speciális (burkolattal és légtérörrel ellátott) készülék használható, ezért
- főleg ipari és mezőgazdasági jellegű létesítmények fűtésére alkalmas,
- a megfelelő mértékű „sugárborítottság” elérése céljából elsősorban 3,5 m-nél magasabb belmagasságú helyiségekben megfelelő.

Az alkalmazási területek értelemszerűen:

- Nagy kiterjedésű, magas helyiségek fűtése:  
műhelycsarnokok,  
raktárak,  
kiállítási csarnokok,  
templomok,  
gyűléstermek,  
sportcsarnokok stb.
- Nagy méretű, zárt vagy félig nyitott szabadtéri területek melegítése, ill. melegen tartása:  
sportpálya tribünök,  
úszómedencét környező járdák,  
kiállítási standok,  
autóbusz-állomások és vasúti peronok,  
rakodó rámpák,

piacok és vásárok,  
hajógyári szerelő munkahelyek,  
várakozóhelyek: pl. kerthelyiség, kávéházi terasz.

- Fagy elleni védelem:  
pl. ital és ásványvíz lerakatok,  
homok vagy kavics bunkerek, garatok,  
kompresszorok olajteknői,  
külső szállítószalagok,  
friss beton védelme.
- Ipari és technológiai alkalmazások:  
nem gyúlékony oldószerű mázolások, festések szárítása,  
lakkok és textiliák polimerizálása,  
betonkötés meggyorsítása,  
kátrányozás, aszfaltozás,  
élelmiszeripari szárítás.
- Mezőgazdasági alkalmazási példák:  
állattartó épületek fűtése (pl. csirkenevelő),  
terményszárítás,  
üvegház, fóliasátor fűtése,  
hőigényes technológiai folyamatok.

Az olajjal és villamos energiával táplált nagyhőmérsékletű, kistehetetlenségű sugárzók ismertetését mellőzzük. Az olajjal működtetett rendszer ugyanis nehézkes megoldás, a villamos fűtésű készülékek esetében pedig a klasszikus épületgépész mérnökre mindössze a teljesítmény alapján való hőleadó elosztás feladata marad. Annyit említünk meg, hogy a villamos üzemű hősugárzó felületi hőmérséklete 400...2000 °C körül mozog, és ez az elhelyezésnél fontos szempont lehet.

## Irodalom

A 36–45. fejezet irodalomjegyzékét lásd egyesítve a 45. fejezet után!

## 40. Sugárzó fűtések méretezése

A sugárzó fűtés általában összetettebb, és több iterációt tartalmazó méretezést igényel, mint a konvekciós hőleadókkal felszerelt rendszerek [3], [4], [14], [15], [20], [21], [22]. Ennek okai:

- a felületi hőmérséklet nem haladhatja meg a hőérzet megszabta követelményeket;
- a határoló szerkezetbe épített csövekben szintén csak korlátozott hőmérsékletű vízáram keringhet;
- a hőleadó több esetben maga a határoló szerkezet, és így a felület is megszabott méretű;
- a hidraulikai és hőtechnikai számítások értelemszerűen még inkább át-meg átszövik egymást, mint a hagyományos rendszerek esetében.

Ez a sok esetben bonyolult és hosszadalmas számítás egy időben bizonyos fokig hátráltatta is a sugárzó fűtések fejlődését (lásd 37. fejezet, 37.5. pont). Ma már mindez a múlté, mert egyrészt a személyi számítógépek jelen korszakában fel sem merülnek e gondok és problémák, másrészt a sugárzó fűtési rendszereket gyártó, szállító és szerelő cégek tökéletesen előkészített méretezési nomogramokat, táblázatokat, számítógépes programokat bocsátanak a tervezők és alkalmazók rendelkezésére [54], [55], [56], [59], [66].

Ez természetesen rendkívüli segítséget és biztonságot jelent, szakkönyvünkben azonban éppen ezért feladatunk az, hogy a méretezés elvi alapjait, kiindulási sarkköveit ismertessük.

### 40.1. Sugárzó fűtőtestek hőleadása, a sugárzás és a konvekció aránya

A fűtőtestek hőleadását a már ismert alábbi összefüggéssel írhatjuk le:

$$\dot{Q}_{fű} = A_{fű} [\alpha_{konv}(t_{fű,köz} - t_{lev}) + \alpha_{sug}(t_{fű,köz} - t_{sug})] \quad (19.1.)$$

Emlékezzünk vissza, hogy a sugárzási hőleadást kifejező tagban a  $t_{fű,köz}$  hőmérséklet a fűtőfelület közepes hőmérséklete, a  $t_{sug}$  pedig az úgynevezett sugárzási hőmérséklet, vagyis a

felületek besugárzási tényező szerint súlyozott átlag hőmérséklete, egyébként az első tag a konvekciós hőleadást, a második tag pedig a sugárzási hőleadást fejezi ki. Lásd a (19.9.), (37.4.) és (37.5.) összefüggések.

Ahogy ezt már az „Alapismeretek” kötet „Hőközlés” c. fejezetében láttuk, a sugárzási hőleadást kifejező ilyen típusú egyszerűsítés pusztán formai megoldás. A sugárzási hőleadás fizikailag helyes folyamatát ugyanis a *Stefan-Boltzmann* törvényből levezetett

$$\dot{Q}_{sug} = C_K \cdot \left[ \left( \frac{T_{fű, köz}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_{sug}}{100} \right)^4 \right] \cdot A_{fű} \quad (19.4/a \text{ és } 19.4/b)$$

forma tükrözi. A (19.1.) képletben feltüntetett alakot éppen azért vezették be, hogy a konvekciós és sugárzásos hőleadást azonos formai megoldásban tudjuk kezelni, és ilymódon összevetni, összehasonlítani.

Így adódik most már számunkra a lehetőség, hogy

- egyrészt körülírassuk a sugárzó fűtések fogalmát,
- másrészt a különféle sugárzó fűtéseknel meghatározzuk a sugárzásos és konvekciós hőleadás arányát.

Ahogy ezt a 37. fejezetben láttuk, és ahogy a (19.9.) képletben le is vezettük, sugárzó fűtésnek értelemszerűen azt a megoldást nevezzük, ahol a hőátadásban a sugárzás viszi a fő szerepet.

A sugárzófűtéseknek nevezett fűtések sorában pedig a sugárzó-és konvekciós hőátadás arányára az alábbi sorrendet állapíthatjuk meg.

#### 40.1.1. Mennyezetbe épített csőkígyók, ha a teljes mennyezetet fűtésre használjuk

A sugárzó hőleadás aránya e fűtéseknel a legnagyobb, hiszen a sík mennyezetfelület alatt igen kis konvekciós áramlás alakulhat csak ki. Az arányok a különféle mennyezetsík hőmérsékletek mellett:

$$\alpha_M = \alpha_{sug, M} + \alpha_{konv, M} = C_K \cdot b_M + 0,64 \sqrt[4]{\vartheta_{M, köz}} \quad (40.1/a)$$

A teljes hőleadás pedig értelemszerűen:

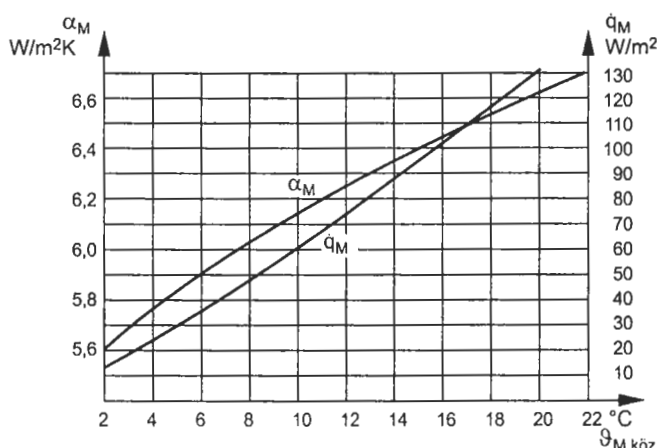
$$\dot{q}_M = C_K \cdot \left[ \left( \frac{T_{M, köz}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_b}{100} \right)^4 \right] + (0,64 \sqrt[4]{\vartheta_{M, köz}}) \cdot \vartheta_{M, köz} \quad (40.1/b)$$

ahol az „ $M$ ” index a mennyezetre utal, a „ $köz$ ” index a felület közepes hőmérsékletét jelenti,  $\vartheta$  pedig a helyiség hőmérsékletéhez képest jelentkező túlhőmérséklet, azaz:

$$\vartheta = t_{M,köz} - t_{lev} = t_{M,köz} - t_{sug} = t_{M,köz} - t_b = \vartheta_{M,köz}$$

Az összefüggés ábrázolását lásd a **40.1. ábrán**.

A konvekciós hányad jellemzésére szolgáló hőátadási tényező hőfokfüggésével az „Alapismeretek” kötet „Hőközlés” c. fejezetében, és kötetünk „Hőleadók, fűtőtestek” c. fejezetében ismerkedtünk meg. Ha a kötetünket lapozó olvasó nem emlékszik ezen összefüggések eredetére, és fizikai értelmére, célszerű itt visszakanyarodni a (40.1/a) és (40.1/b) összefüggések értelmezéséhez egy rövid ismételtes erejéig az említett fejezetekhez.



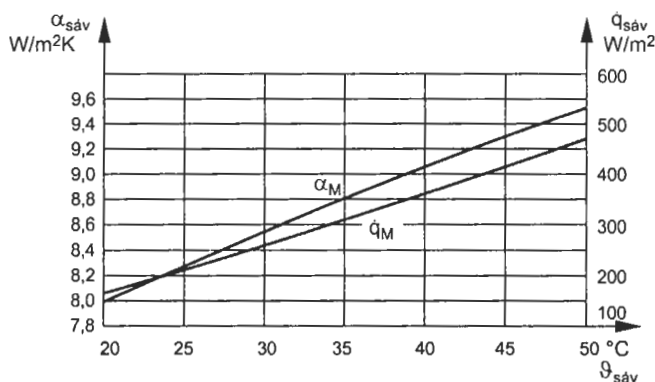
**40.1. ábra.** Teli mennyezet hőátadási tényezője ( $\alpha_M$ ) és a hőközlés ( $\dot{q}_M$ ) a  $\vartheta_{M,köz}$  túlhőmérséklet függvényében [20]

#### 40.1.2. Mennyezetfűtés, sávos elrendezésben

Elvileg természetesen változik az összefüggés a fűtő- és nem fűtő sávok geometriai elrendezésétől függően, de a gyakorlatban alkalmazott általános esetekre mondhatjuk:

$$\alpha_{sáv} = \alpha_{sug,sáv} + 1,28 \sqrt{\vartheta_{sáv,köz}} \quad (40.2/a)$$

Az összefüggés grafikus ábrázolását a **40.2. ábra** mutatja. Az ábrához annyi megjegyzést fűzünk, hogy ha a fűtősávok nagyon keskenyek ( $\leq 1,0$  m), akkor a sávok közepes hőmérséklete értelemszerűen lényegesen nagyobb lehet, mint egy tele mennyezetfűtés felületi hőmérséklete.



40.2. ábra. Sávós mennyezetfűtőtest hőátadási tényezője és hőközlése  $\vartheta_{sáv}$  túlhőmérséklet függvényében [20]

### 40.1.3. Sugárzó ernyőfűtés

Az összefüggés természetesen azonos azzal, amit a sávós mennyezetfűtésnél alkalmazunk, de a hőmérséklet tartomány értelemszerűen eltérő, hiszen a sugárzó ernyők már a közepes hőmérsékletű sugárzó fűtések csoportjába sorolhatók (40.2. ábra).

$$\alpha_E = \alpha_{sug,E} + 1,28 \sqrt[4]{\vartheta_{E,köz}} \quad (40.2/b)$$

Megjegyezzük, hogy természetesen a sugárzó ernyőket nem lehet tökéletesen szigetelni, így az ernyők általában nemcsak és kizárólag a fűtött tér felé adnak le energiát. Pontos, finom és részletes számításoknál ezt a tényezőt is figyelembe kell venni [22].

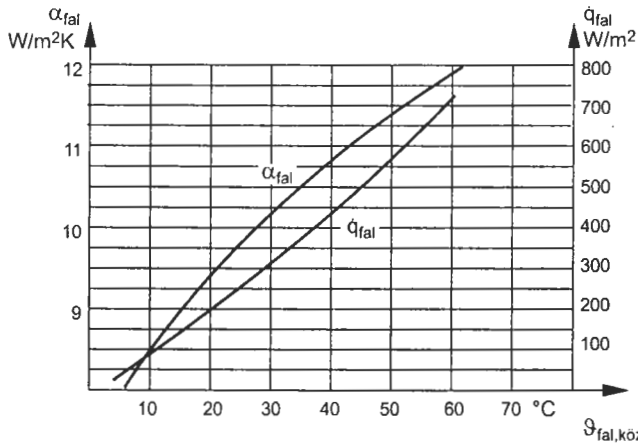
### 40.1.4. Függőleges síkban elhelyezett fűtőtestek (falfűtés)

Értelemszerű, hogy az eddigiekhez képest itt megnövekszik a konvekciós áramlás, hiszen a függőlegesen elhelyezkedő hőleadó mentén változik a levegő sűrűsége, és így áramlás indul meg a hőleadó felülete mentén. A használatos összefüggés:

$$\alpha_{fal} = \alpha_{sug,fal} + 1,975 \sqrt[4]{\vartheta_{fal,köz}} \quad (40.3.)$$

Az összefüggést a 40.3. ábra mutatja.





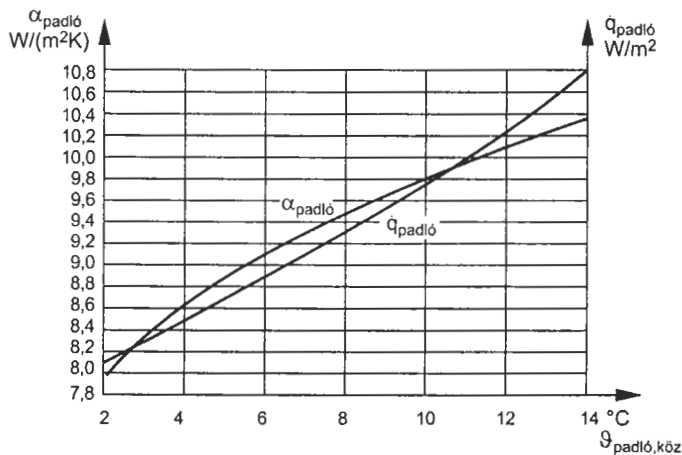
40.3. ábra. Falfűtőtest hőátadási tényezője és hőközlése a  $\theta_{fal,köz}$  túlhőmérséklet függvényében [20]

#### 40.1.5. Padlófűtés

A padlófűtés, mint nagyterjedésű fűtött felület fölött értelemszerűen állandóan van felszálló levegőmozgás. Ez csak azért aránylag csekély mértékű, mert a padlófűtések felületi hőmérséklete hőérzeti és épületszerkezeti okokból egyaránt kicsi, maximálisan 28–29 °C. Az összefüggés:

$$\alpha_{padló} = \alpha_{sug, padló} + 2,675 \sqrt{\theta_{padló,köz}} \quad (40.4.)$$

Az összefüggést a 40.4. ábrán láthatjuk grafikus feldolgozásban.



40.4. ábra. Padlófűtőtest hőátadási tényezője ( $\alpha_{padló}$ ) és hőközlése ( $q_{padló}$ ) a  $\theta_{padló,köz}$  túlhőmérséklet függvényében [20]

Ezen összefüggés- és ábrásor megtanulásához célszerű visszalapoznunk a 39.54. ábrához is, ahol a fűtések már egyszer sorrendbe állítottuk a sugárzó- és konvekciós hőleadás arányának szempontjából.

## **40.2. Sugárzó fűtőtestek felületi hőmérséklet eloszlása és közepes felületi hőmérséklete**

Ahogy az eddig bemutatott összefüggések sorából világosan látszik, a sugárzó fűtőtest megválasztásánál, méretezésénél döntő kérdés a felületi közepes hőmérséklet helyes megválasztása [4], [11], [14], [15], [19], [20], [21], [22].

A felületi közepes hőmérsékletet ugyanis egyfelől meghatározza a hőveszteség, amit az adott felülettel pótolnunk kell, de másfelől a felületi közepes hőmérséklet nem növelhető korlátlanul a hagyományos vízfűtések által megszabott határokig, mert e növekedésnek mind a hőérzeti kérdések sora, mind pedig a szerkezetbe épített csőkiágók helyzete határt szab.

Ha most visszalapozunk a „Sugárzó fűtések szerkezeti kialakítása és megoldása” c. fejezethez, könnyen belátjuk, hogy a felületi közepes hőmérséklet számítása nem könnyű és nagyon sokrétű feladat. Emlékeztetünk itt arra is, hogy a sugárzó fűtések csoportosításánál döntő szempont a tehetetlenség, vagyis az, hogy a fűtő csőkiágó betonba van-e ágyazva. Ha elsőrendű közelítésként el is fogadjuk, hogy csak a fűtővíz előremenő- és visszatérő vizének közepes hőmérsékletét vesszük figyelembe egyetlen, és helyileg, valamint időben állandó közepes fűtőközeg hőmérsékletként, akkor is fellép egy, a csőszálak közötti, és egy erre merőleges irányú hőmérséklet-eloszlás a hőleadó testében, annak „mélysége” mentén.

Természetesen nagy a különbség például egy mindössze egy lemezvastagságot képviselő sugárzó ernyő és – hogy szélsőséges példát említsünk – egy, a félvégtelen térre épülő, földszinti padlófűtés között. A következőkben ismertetésre kerülő, közelítő elméleti eljárások azt a célt szolgálják, hogy mindezen kérdéseket figyelembe véve a technikai céloknak megfelelő közelítő összefüggéseket állítsunk elő.

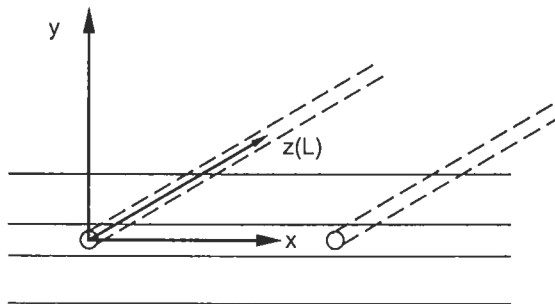
Vizsgáljuk tehát sorra a fűtéstechnikai-műszaki szempontból fontos eseteket, az azokra alkalmazható közelítő számítási eljárások eredetét és vegyük számba a technikailag elfogadhatóan pontos eredményeket adó, de gyakorlatilag még könnyen és gyorsan elvégezhető számítási, méretezési eljárásokat.

#### 40.2.1. Kishőmérsékletű, nagytehetetlenségű, más néven: betonrétegbe ágyazott sugárzó fűtőtestek közepes felületi hőmérséklete és a fűtőfelület hőmérséklet-eloszlása

Mielőtt elmélyedünk e fejezet tanulmányozásában, lapozzunk vissza a (37.7.) összefüggés-sorozathoz. Ott láthatjuk, hogy a kb. 15–17 cm vastag betonrétegbe ágyazott csövek hőleadása hasznosítható a leggazdaságosabban. Ez a hőtani magyarázat arra, hogy miért is vesszük körül betonnal a fűtőszálakat.

E fűtőtestekben elvileg háromirányú hőáramlás megy végbe (40.5. ábra):

- hőáramlás a fűtőcsövek mentén („z” irány, vagy „L” azaz csőhossz menti irány),
- hőáramlás a fűtőcsövekre merőleges síkban („x” és „y” irány).



40.5. ábra. Hőáramlási irányok sugárzó fűtések vizsgálatakor

Ahogy említettük, a „z” irányú (másképpen „L”, vagy „mélység” irányú) hőáramlás vizsgálatát valamennyi gyakorlati méretezési eljárás kizárja azzal az indoklással, hogy a fűtőcsövekben a hőmérsékletváltozás közel egyenletes és nem is túl nagy mértékű. Így tehát a fűtőcsövek hossz tengelye mentén minden helyen és minden időben a fűtőközeg előremenő és visszatérő hőmérsékletének számtani közepes hőmérsékletével dolgozunk.

Az „x-y” irányú síkáramlás szempontjából a kutatók két alaplódszert dolgoztak ki.

- Elméletileg és számos gyakorlati számítással, alkalmazással is bizonyították, hogy ha a csövek beágyazására szolgáló betonréteg vastagsága kisebb, mint 0,06...0,08 m, úgy kielégítően pontos eredményt ad a kizárólag lineáris, azaz „x” irányú hővezetés figyelembevétele.
- E fűtőbeton réteg vastagságon felül a síkbéli („x-y”) irányú hőáramlás törvényszerűségeit vesszük figyelembe. E kialakult határértékek megfelelőségét nagyszámú – mindkét módszerrel elvégzett – méretezés bizonyítja.

### 40.2.2. Méretezés a vonal menti (lineáris) hőáramlás törvényszerűségei alapján

Az elméleti, hőátzármaztatási törvényszerűségek szempontjából természetesen elvileg közömbös az, hogy mennyezet- padló- vagy falfűtésekről beszélünk-e. Mivel azonban e kötetben a könnyebb megértés, a gyakorlati alkalmazhatóság és a terjedeleme csökkentése érdekében kifejezett fűtéstechikai megoldásokban gondolkodunk, külön-külön tárgyaljuk az említett alkalmazásokat.

#### Mennyezetfűtés

Az eddigiek alapján tehát egyszerűsítsük le a sugárzó mennyezetet egy „ $\delta$ ” vastagságú síklemezzé. További közelítésként tételezzük fel, hogy a betonréteget nem csövek, hanem a betonréteg vastagságában mindenhol azonos hőmérsékletű pántok fűtik, azaz hőforrásul szintén „ $\delta$ ” vastagságú pántok szolgálnak. A fűtőtest „ $z$ ”, illetve „ $L$ ” irányában a pántok hőmérséklete előbbi – a közepes fűtőközeg-hőmérsékletre vonatkozó megállapodásunk értelmében – állandó. A fűtőpántok egymástól való távolsága: „ $\ell$ ” (ez az érték a gyakorlatban értelemszerűen a fűtőcsövek menettávolsága).

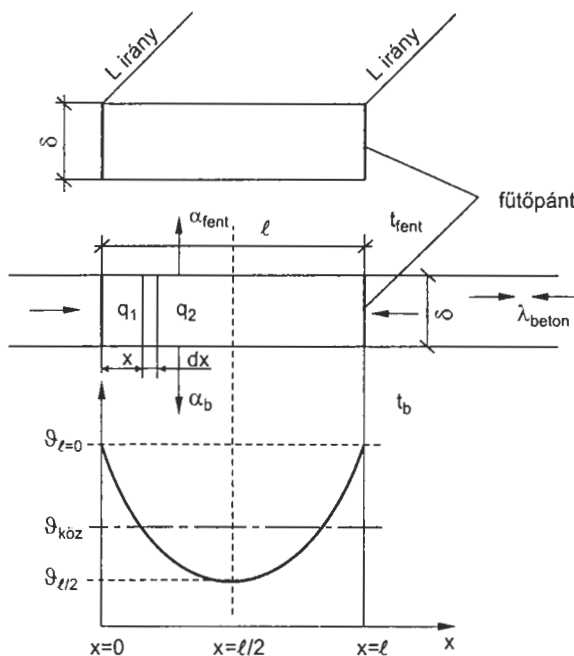
Így voltaképpen kétoldalt melegített rudat kapunk, melyet

$$t_b = t_{fent} \quad (40.5.)$$

hőmérsékletű környezetbe helyeztünk (40.6. ábra).

Ez a feltételezés azt az első közelítést fejezi ki, hogy a fűtőbeton két oldalán ugyanaz a fűtőfelület hőmérséklet uralkodik, tehát a gyakorlatban a fűtőbeton alatt és felett is azonosan fűtött helyiség van.

Vezessük be a további tárgyaláshoz a „ $\vartheta$ ” túlhőmérséklet fogalmát. A környezet hőmérséklete „feletti” hőmérsékletet, ahogy azt már eddig is tettük, a továbbiakban túlhőmérsékletnek nevezzük, azaz a fűtőfelület hőmérséklete és a környezeti hőmérséklet közötti különbsége jele a továbbiakban: „ $\vartheta$ ”



40.6. ábra. Sugárzó mennyezet elvi vázlata és a hőmérséklet-eloszlás

$$\vartheta = t - t_{\text{környezet}} = t - t_b = t - t_{\text{fent}} \quad (40.6.)$$

ahol „ $t$ ” a fűtőfelület mindenkor hőmérséklete.

Írjuk fel, hogy a pánttól „ $x$ ” távolságban levő „ $dx$ ” vastagságú, 1 m „ $L$ ” irányú elemen, a stacioner állapotban vezetéssel áthaladó hőáram (ld. „Alapismeretek” kötet „Hőközlés” c. fejezet, (1.9.) összefüggés):

$$\dot{q}_1 = -\lambda_{\text{beton}} \cdot \delta \cdot \ell \cdot \left( \frac{d\vartheta}{dx} \right)_x \quad (40.7/a)$$

A pánttól „ $x + dx$ ” távolságra már csak  $\dot{q}_2$  hőáram halad tovább:

$$\dot{q}_2 = -\lambda_{\text{beton}} \cdot \delta \cdot \ell \cdot \left( \frac{d\vartheta}{dx} \right)_{x+dx} \quad (40.7/b)$$

A két hőáram különbsége eltávozik a környezetbe:

$$\dot{q}_1 - \dot{q}_2 = \lambda_{\text{beton}} \cdot \delta \cdot \left[ \left( \frac{d\vartheta}{dx} \right)_{x+dx} - \left( \frac{d\vartheta}{dx} \right)_x \right] = \vartheta \alpha_b dx + \vartheta \alpha_{\text{fent}} dx = \vartheta dx \cdot (\alpha_b + \alpha_{\text{fent}}) \quad (40.7/c)$$

Azaz a  $\dot{q}_1$  és  $\dot{q}_2$  hőáramok különbsége a hőátadási tényezők és a túlhőmérséklet függvényeként távozik a környezetbe.

Rendezve az egyenletet, kapjuk:

$$\frac{\left( \frac{d\vartheta}{dx} \right)_{x+dx} - \left( \frac{d\vartheta}{dx} \right)_x}{dx} = \vartheta \frac{\alpha_b + \alpha_{\text{fent}}}{\delta \cdot \lambda_{\text{beton}}} \quad (40.7/d)$$

Ha  $dx \rightarrow 0$ , akkor a bal oldalon a második differenciálhányados van:

$$\frac{d^2 \vartheta}{dx^2} = \vartheta \frac{\alpha_b + \alpha_{\text{fent}}}{\delta \cdot \lambda_{\text{beton}}} \quad (40.8.)$$

Alkalmazzuk a hőtechnikában szokásos

$$\frac{\alpha_b + \alpha_{fent}}{\delta \cdot \lambda_{beton}} = m^2 \text{ és } \sqrt{\frac{\alpha_b + \alpha_{fent}}{\delta \cdot \lambda_{beton}}} = m \quad (40.8/a)$$

jelölést. Ennek oka az, hogy az egyenlet baloldala feltétlenül pozitív szám.

$$\frac{d^2 \vartheta}{dx^2} = m^2 \vartheta \quad (40.8/b)$$

A differenciálegyenlet általános megoldása, azaz a hőmérséklet lefutásának egyenlete:

$$\vartheta = KONST_1 \cdot e^{mx} + KONST_2 \cdot e^{-mx}$$

Emlékeztetünk itt arra, a matematikában tanult gondolatkörre, hogy technikai és fizikai alkalmazások céljára az  $e^x$  exponenciális függvényből egyszerűen összetett kifejezésekkel új függvényeket érdemes definiálni. Ilyenek például az úgynevezett hiperbolikus függvények [12], [31], [32].

$$\frac{e^x - e^{-x}}{2} = ch\,x \quad (\text{olvasva: koszinusz hiperbolikus})$$

$$\frac{e^x - e^{-x}}{2} = sh\,x \quad (\text{olvasva: szinusz hiperbolikus})$$

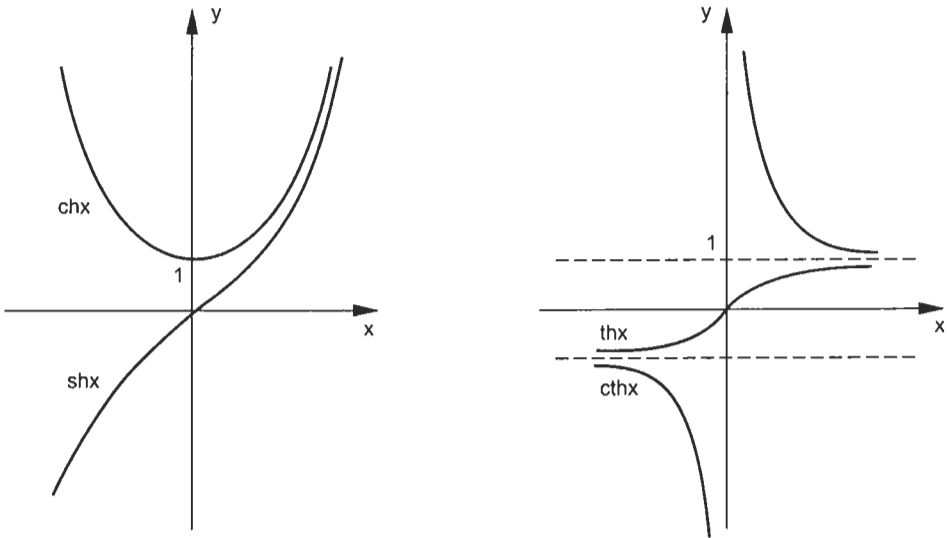
$$\frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} = th\,x \quad (\text{olvasva: tangens hiperbolikus})$$

A görbék alakját a **40.7. ábrán** láthatjuk. A  $ch\,x$  görbe egyébként egy tökéletesen hajlékony, súlyos, két pontjában felfüggesztett lánc alakját mutatja egyensúlyi helyzetben, ezért a neve a mechanikában: „láncgörbe”. Igen érdekes, hogy a két azonos hőmérsékletű pánt között kialakuló hőmérséklet-eloszlás ugyanazt az alakzatot veszi fel, mint a már említett lánc valódi alakja.

Térjünk vissza a levezetéshez. A  $KONST_1$  és  $KONST_2$  értékének meghatározása:

$x = 0$  helyen a fűtőlap hőmérséklete azonos a fűtőpánt hőmérsékletével, azaz

$$\vartheta = \vartheta_{\ell,0}$$



40.7. ábra. A hiperbolikus függvények alakja

A jelölés onnan ered, hogy  $x = 0$  és  $x = \ell$  helyen a túlhőmérséklet azonosan maximális.  $x = \ell/2$  helyen viszont nincs a lapban hőmérsékletváltozás, azaz

$$\left( \frac{d\vartheta}{dx} \right)_{x=\frac{\ell}{2}} = 0$$

E feltételekből kiszámítható az állandók értéke, és a hőmérséklet-eloszlásra adódik:

$$\vartheta = \vartheta_{\ell,0} \frac{ch m \cdot \left( \frac{\ell}{2} - x \right)}{ch \frac{m \cdot \ell}{2}} \quad (40.9.)$$

A hőmérséklet-eloszlást a 40.6. és 40.7. ábrán feltüntettük.

Számítsuk ki most már a közepes felületi hőmérsékletet. Ehhez írjuk fel az „ $\ell$ ” hosszúságú,  $L = 1$  m méretű rúd hőleadását:

$$\dot{q} = (\alpha_b - \alpha_{fent}) \int_0^{\ell} \vartheta(x) dx \quad (40.10/a)$$

Az itt bevezetett „ $\vartheta_{köz}$ ” az a hőmérséklet, amellyel a láncgörbével leírt hőmérséklet lefutást a fűtéstechikai méretezés céljára helyettesítjük.

Közelítésként emeltük ki az integráljel alól  $(\alpha_b + \alpha_{fent})$  értékét, hiszen ezek, mint tudjuk, függvényei a  $\vartheta_{köz}$  értéknek! Tehát eleve a  $\vartheta_{köz}$  értékéhez tartozó  $(\alpha_b + \alpha_{fent})$  értékkel számolunk (lásd (40.2.), (40.3.) és (40.4.) összefüggés-sorozatot!).

Ha az egész rúd közepes hőmérsékletű lenne, akkor a hőleadás értéke:

$$q = (\alpha_b - \alpha_{fent}) \cdot \vartheta_{köz} \cdot \ell \quad (40.10/b)$$

A (40.10/a) és (40.10/b) egyenlet jobb oldalát egyenlővé téve, és a (40.9.) összefüggés szerinti hőmérséklet-eloszlást behelyettesítve kapjuk:

$$\vartheta_{köz} = \frac{\int_0^\ell \vartheta(x) dx}{\ell} = \vartheta_{\ell,o} \frac{1}{ch \frac{m \cdot \ell}{2}} \int_0^\ell ch m \cdot \left( \frac{\ell}{2} - x \right) dx \quad (40.11/a)$$

Integrálás és egyszerűsítés után:

$$\vartheta_{köz} = \vartheta_{\ell,o} \frac{th \frac{m \cdot \ell}{2}}{\frac{m \cdot \ell}{2}} \quad (40.12.)$$

Ezzel megkaptuk a keresett közepes hőmérsékletet. Vizsgáljuk meg most már azt, hogy hogyan is tudjuk kiküszöbölni, áthidalni az alkalmazott közelítéseket, és hogyan kaphatjuk a gyakorlati méretezés számára minden tekintetben megfelelő, használható összefüggéseket?

Mi történik, ha a  $t_b = t_{fent}$  **feltétel nem teljesül**, és például legfelső emelet mennyezet-fűtésénél  $t_{fent} \ll t_b$ ?

Nyilván megváltozik a hőmérséklet-eloszlás és a közepes hőmérséklet, ha ez a kikötés nem érvényesül, azaz a fűtőlap két oldalán a hőmérséklet nem azonos.

Nevezzük az eddigiek értelmében

$$t_{fent} - t_b = \vartheta_{fent} \quad (40.13.)$$

értéknek a két tér hőmérséklete közötti különbséget és akkor a (40.7/c) egyenlet alakulása:

$$\dot{q}_1 - \dot{q}_2 = \vartheta \alpha_b dx + (\vartheta + \vartheta_{fent}) \vartheta \alpha_{fent} dx \quad (40.7/e)$$



Innen rendezve és egyszerűsítve kapjuk a hőmérséklet lefutás összefüggését:

$$\vartheta_{köz} = \vartheta_{\ell,o} \frac{ch \cdot m \cdot (\ell / 2 - x)}{ch \frac{m \cdot \ell}{2}} + \vartheta_{fent} \frac{\alpha_{fent}}{\alpha_{fent} + \alpha_b} \left( 1 - \frac{ch \cdot m \cdot (\ell / 2 - x)}{ch \frac{m \cdot \ell}{2}} \right) \quad (40.14.)$$

Értelemszerűen, ha

$t_{fent} < t_b$ , akkor  $\vartheta_{fent}$  negatív, ha

$t_{fent} > t_b$ , akkor  $\vartheta_{fent}$  pozitív érték,

azaz a  $t_{fent} = t_b$  feltétel mellett adódó hőmérséklet-eloszláshoz képest megfelelően mozdul el a hőfokkép.

A közepes hőmérséklet:

$$\vartheta_{köz} = \vartheta_{\ell,o} \frac{th \frac{m \cdot \ell}{2}}{\frac{m \cdot \ell}{2}} + \vartheta_{fent} \frac{\alpha_{fent}}{\alpha_{fent} + \alpha_b} \left( 1 - \frac{th \frac{m \cdot \ell}{2}}{\frac{m \cdot \ell}{2}} \right) \quad (40.15.)$$

Hogyan hidaljuk át továbbá azt a kérdést, hogy eddig a **fűtőcsöveket a betonréteget teljesen kitöltő fűtőpántokkal helyettesítettük?**

Ezen, eddigiekben ismertetett elvi esetet a különböző kutatók különböző közelítésekkel helyettesítették.

Kalous módszere szerint fűtőlapnak a fűtőcsöveket tartalmazó betonréteget tekintjük. A **40.8. ábrán** most már ennek jelképes megoldását rajzoltuk meg.

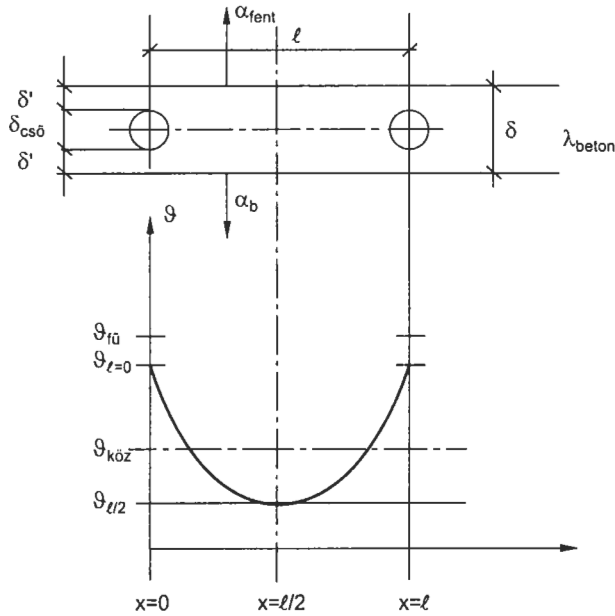
Vizsgáljuk meg, hogyan jut a hő a cső alsó alkotójáról a fűtőbeton külső felületére? Mivel a csőfal vékony és jó hővezető anyagból készül, elfogadhatjuk, hogy a cső alsó alkotóján a „ $\vartheta_{fű}$ ” fűtőközeg hőmérséklet uralkodik.

A hőáramlás a hőmérsékletkülönbség következtében jön létre:

$$(\vartheta_{fű} - \vartheta_{\ell,o}) \frac{\alpha_{beton}}{\delta'} = \vartheta_{\ell,o} \cdot \alpha_b \quad (40.16/a)$$

Rendezve az összefüggést kapjuk:

$$\vartheta_{\ell,o} = \vartheta_{fű} \frac{l}{l + \alpha_b \frac{\delta'}{\lambda_{beton}}} \quad (40.16/b)$$



40.8. ábra. Mennyezetfűtés méretezése Kalous-módszerrel

Kollmar módszere szerint viszont a fűtőlap vastagsága megegyezik a fűtőcsövek vastagságával (40.9. ábra). Ekkor az eddigi  $\alpha_b$  és  $\alpha_{fent}$  hőátadási tényezőket úgynevezett részleges hőátbocsátási tényezőkkel helyettesítjük, azaz:

$$\kappa_b = \alpha_b + \frac{\lambda_{beton}}{\delta'} \quad (40.17/a)$$

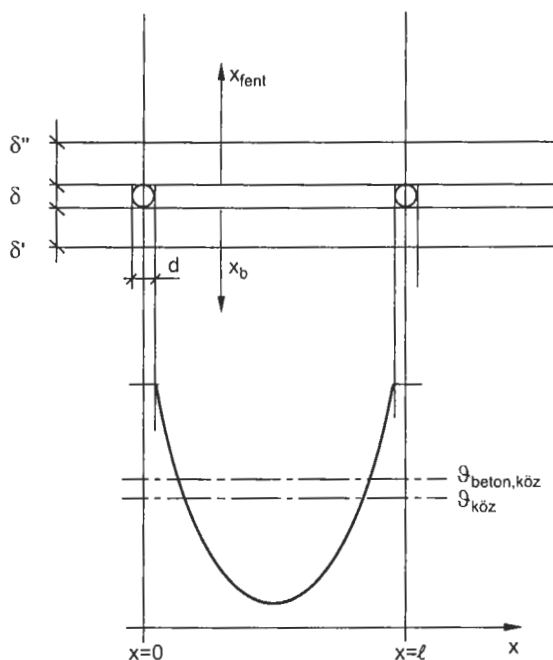
$$\kappa_{fent} = \alpha_{fent} + \frac{\lambda_{beton}}{\delta'} \quad (40.17/b)$$

További pontosítást jelent e számítási módszer alkalmazása azért, mert a csőfelület alatt elfogadjuk azt, hogy itt a „ $\vartheta_{fű}$ ” fűtőközeg hőmérséklet uralkodik, és az  $(\ell-d)$  távolságra számítjuk a (40.9.) összefüggés szerinti hőmérséklet-eloszlást, valamint az (40.12.) összefüggés szerinti közepes hőmérsékletet, azaz:

$$\vartheta'_{köz} = \vartheta_{fű} \frac{th \frac{m \cdot (\ell - d)}{2}}{\frac{m \cdot (\ell - d)}{2}} \quad (40.18/a)$$

és a súlyozott átlagszámítás törvényszerűségei szerint:

$$\vartheta_{köz} = \frac{d \vartheta_{fű} + (\ell - d) \vartheta'_{köz}}{\ell} \quad (40.18/b)$$



40.9. ábra. A fűtőlap vastagsága megegyezik a fűtőcsövek átmérőjével (Kollmar módszere) [22]

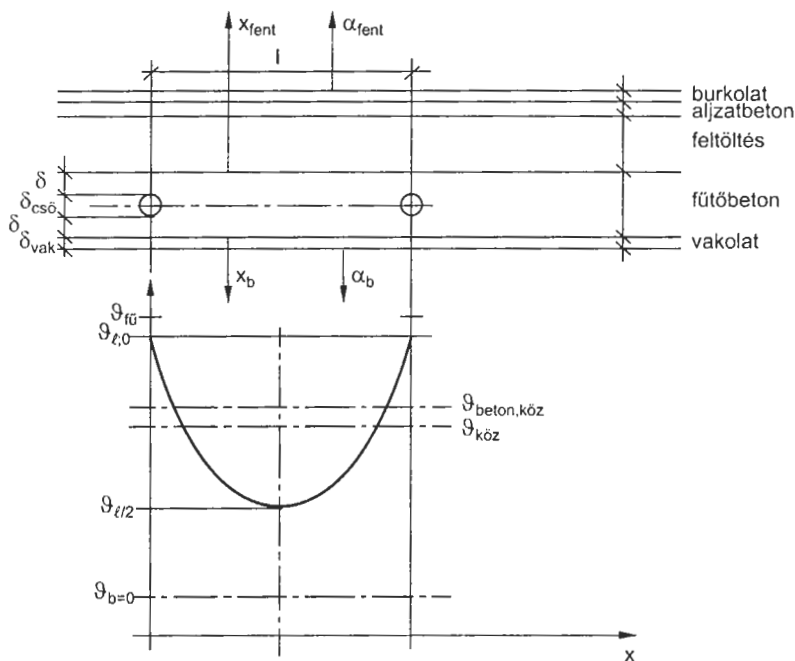
Értelemszerűen  $m^2$ , illetve  $m$  értéke ebben az esetben, szemben a (40.8/a) összefüggéssel:

$$m^2 = \frac{\kappa_b + \kappa_{fent}}{\delta \cdot \lambda_{beton}} \quad (40.19/a)$$

és

$$m = \sqrt{\frac{\kappa_b + \kappa_{fent}}{\delta \cdot \lambda_{beton}}} \quad (40.19/b)$$

További feladatunk, hogy *helyezzünk most már a fűtőlap helyére valóságos mennyezetet*. Valóságos mennyezet képét mutatja a 40.10. ábra.



40.10. ábra. Fűtőmennyezet rajza

Az alkalmazott összefüggések felírásánál használjuk fel most már mindazt, amit e fejezet-részben, a (40.8.) ... (40.19.) képletekben levezettünk és összefoglaltunk.

Így a (40.16/b) és (40.17/a) felhasználásával írhatjuk, hogy a hőmérséklet a mennyezet fűtött helyiség felé eső, belső síkján a csőtengely alatt:

$$\vartheta_{\ell,o} = \frac{\vartheta_{f\ddot{u}}}{1 + \alpha_b \left( \frac{\delta'}{\lambda_{beton}} + \frac{\delta_{vak}}{\lambda_{vak}} \right)} \quad (40.18/c)$$

a „vak” index a vakolatréteg vastagságát és hővezetési tényezőjét jelenti.

Bárhol a mennyezet alsó síkján a hőmérséklet (40.9.) összefüggés alapján:

$$\vartheta = \vartheta_{\ell,o} \frac{ch \cdot m \cdot (\ell / 2 - x)}{ch \frac{m \cdot \ell}{2}}$$

A közepes hőmérséklet pedig az (40.12.) összefüggés alapján:

$$\vartheta_{köz} = \frac{\vartheta_{fü}}{1 + \alpha_b \left( \frac{\delta'}{\lambda_{beton}} + \frac{\delta_{vak}}{\lambda_{vak}} \right)} \cdot \frac{th \frac{m \cdot \ell}{2}}{\frac{m \cdot \ell}{2}}$$

Itt az „ $m$ ” értéke az (40.19/a) és (40.19/b) összefüggés értelmében:

$$m = \sqrt{\frac{\kappa_b + \kappa_{fent}}{\delta \cdot \lambda_{beton}}}$$

Így a mennyezet hőleadása a fűtött helyiség felé:

$$\dot{q}_b = \vartheta_{köz} \cdot \alpha_b \quad (40.20/a)$$

Bármilyen gondos is azonban a szigetelés, a mennyezet felfelé is ad hőt, azaz a fűtőmennyezet a felette lévő helyiség szempontjából fűtőpadlóként viselkedik. Ennek értékeléséhez ki kell számítanunk a fűtőbeton réteg közepes hőmérsékletét:

$$\vartheta_{beton,köz} = \frac{\alpha_b}{\kappa_b} \vartheta_{köz} \quad (40.20/b)$$

A mennyezet hőleadása így felfelé:

$$\dot{q}_{fent} = \vartheta_{beton,köz} \cdot \kappa_{fent} \quad (40.20/c)$$

A mennyezet teljes hőleadása:

$$\dot{q}_m = \dot{q}_b + \dot{q}_{fent} = \vartheta_{köz} \cdot \alpha_b + \vartheta_{beton,köz} \cdot \kappa_{fent} \quad (40.20.)$$

Az összefüggés azért ilyen alakú, mert a helyiségben tartózkodók értelemszerűen a  $\vartheta_{köz}$ , mennyezetsíkon uralkodó hőmérsékletet érzékelik, a mennyezet túloldalán levő padlósíkon leadott hőre viszont a  $\vartheta_{beton,köz}$  a jellemző. A számításhoz még szükséges a  $\kappa_{fent}$  értéke.

$$\kappa_{fent} = \frac{l}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{l}{\alpha_{fent}}} \quad (40.21.)$$

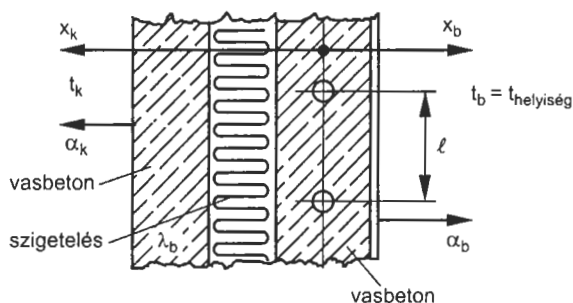
ahol  $\delta_i$  és  $\lambda_i$  feltöltés,  
 az aljzatbeton,  
 a burkolat vastagságát és hővezetési tényezőjét jelenti.

Az eddigiekben ismertetett eljárások, közelítések és módszerek alkalmazását egy teljes méretezési példa keretében a 40.3. pontban mutatjuk majd be. Most azért, hogy a közepes hőmérséklet meghatározásának gondolatmenete ne törjék meg, és teljes legyen, foglalkozunk a fal- és padlófűtésekkel is.

### Falfűtés

E számítás semmiféle elvi, vagy gyakorlati újdonságot nem jelent a mennyezetfűtés méretezési összefüggéseihez képest (40.11. ábra). Eltérőek azonban értelemszerűen az  $\alpha$  hőátadási tényezőre vonatkozó összefüggések, hiszen a hőáram iránya vízszintes. Az ábra külső falfűtést mutat. (A belső falfűtés jelentősége meglehetősen elméleti jelentőségű, hiszen mint láttuk, aszimmetrikus sugárzási viszonyokat eredményez, és rontja a bútorozhatóságot; 39. fejezet, 39.1.2. pont.)

Ezesetben azt kell megoldani, hogy a kifelé irányuló hőáramot csökkentsük, úgy, hogy a külső falfűtéssel ellátott helyiség hővesztése ne haladja meg a radiátoros fűtésű helyiségek hővesztését.



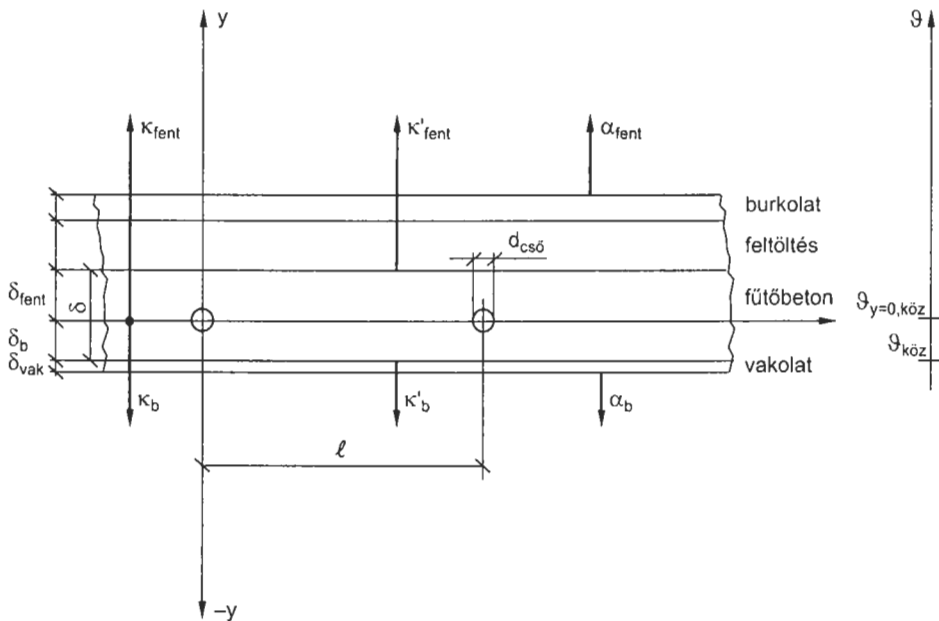
40.11. ábra. Falfűtés kialakítása [20]

## Padlófűtés

A padlófűtésnél a hőmérséklet-eloszlást elvileg teljesen hasonlóan számíthatjuk a mennyezeti fűtés hőmérséklet-eloszlásához. Eltérőek azonban a hőátadási tényezők és a felületi megengedett hőmérséklet. A padlófűtés ugyanis csak akkor kellemes, ha a felületi hőmérséklet nem túl nagy, azaz ahogy majd a gyakorlati példákon látjuk, a felületi közepes hőmérséklet maximumán 25...29 °C között mozoghat (ld. „Alapismeretek” kötet „Hőérzet” c. fejezet). A padlófűtések hívják fel a figyelmünket arra, hogy az eddig alkalmazott, lineáris hőáramláson alapuló eljárások milyen pontatlanok lehetnek. Gondoljunk ugyanis arra, hogy a padlófűtés gyakran lát el alapincézetlen, földszinti helyiséget, és ezesetben a padlófűtés alatt a félvégteles tér helyezkedik el, tehát feltétlenül az „x-y” irányú, síkáramlási törvényszerűségekre kell támaszkodnunk. Nem szükséges azonban ennyire szélsőséges esetet figyelembe vennünk, hiszen ahogy említettük, a kb. 0,08 m-nél vastagabb fűtőbeton-réteg is megkívánja már a pontosabb eljárást.

### 40.2.3. Méretezés a síkbeli hőáramlás törvényszerűségei alapján

Figyeljük meg a **40.12. ábrát**, és láthatjuk, hogy itt a  $\kappa_b$  és  $\kappa'_{fent}$  részleges hőátbocsátási tényező értékeit a fűtőcsövek középvonalából indítottuk! Nincs tehát jelentősége a fűtőbeton réteg felső és alsó síkján uralkodó hőmérsékletmezőnek.



40.12. ábra. Méretezés a síkbeli hőáramlás törvényszerűségei szerint

A megoldást értelemszerűen csak mennyezet- és padlófűtések eseteire vizsgáljuk, a fal-fűtésekben alkalmazott fűtőbeton réteg ugyanis ritkán haladja meg a kb. 0,08 m vastagságot.

### Mennyezetfűtés

Az alapvető egyenletet a síkbeli hőáramlás törvényszerűségének segítségével írjuk fel (ld. „Alapismeretek” kötet „Hőközlés” c. fejezet), azaz:

$$\frac{\partial^2 \vartheta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial y^2} = 0 \quad (40.22.)$$

Ezt az igen bonyolult eljárást a svéd *Rydberg* és *Huber* dolgozták ki, majd *Faxén* pontosította, hazai viszonyokra pedig *Macskásy professzor* és *dr. Molnár Zoltán* alkalmazták [14], [20], [21], [22].

A határfeltételek:

$$\lambda_{\text{beton}} \frac{\partial \vartheta}{\partial y} = -\alpha_{\text{fent}} \vartheta \quad (40.23/a)$$

$$-\lambda_{\text{beton}} \frac{\partial \vartheta}{\partial y} = -\alpha_b \vartheta \quad (40.23/b)$$

A (40.23/a) és (40.23/b) összefüggés azt írja le, hogy a felületre vezetéssel érkező hő (konvekcióval és sugárzással) távozik a környezetbe.

Ezen felül a fűtőcső felületén mindenhol azonosan a fűtőközeg-hőmérséklet uralkodik:

$$\vartheta = \vartheta_{fű} \quad (40.23/c)$$

Mellőzzük itt a differenciálegyenlet megoldását, és csupán azt mutatjuk be, hogy az eredmény tervezési alkalmazása a következő képlettel lehetséges:

$$\alpha_b \vartheta_{köz} = \kappa_b \vartheta_{y=0, köz} \quad (40.24.)$$

Itt értelemszerűen  $\vartheta_{köz}$  a mennyezet alsó síkján uralkodó közepes hőmérséklet,  $\vartheta_{y=0, köz}$  pedig a fűtőcsövek geometriai középsíkjában uralkodó közepes hőmérséklet. Mivel „ $\vartheta_{köz}$ ” az eddigiek értelmében tervezési kiinduló feltétel,  $\vartheta_{y=0, köz}$  a (40.24.) összefüggésből meghatározható. Írjuk fel ehhez, a 40.12. ábra szerint  $\kappa_b$  értékét:

$$\kappa_b = \frac{l}{\frac{\vartheta_b}{\lambda_{\text{beton}}} + \frac{\vartheta_{vak}}{\lambda_{vak}} + \frac{l}{\alpha_b}} \quad (40.24/a)$$



A  $\vartheta_{fű} = f(\vartheta_{y=0})$  összefüggés értelemszerűen tartalmazza a mennyezet valamennyi rétegének vastagságát, illetve hővezetési tényezőjét, és ezek különféle kombinációját. Ezek figyelembevételével számítható továbbá a mennyezet felső síkjának közepes túlhőmérséklete ( $\vartheta_{fent,köz}$ ) is. (Az e számításhoz szükséges  $\kappa_{fent}$  értéket az (40.21.) összefüggésben már bemutattuk). A  $\vartheta_{fent,köz}$  érték értelemszerűen a fűtőmennyezet feletti helyiség padlójának túlhőmérséklete ( $\vartheta_{padló}$ ).

A (40.22.) differenciálegyenlet itt nem ismertetett megoldásából adódik az az összefüggés, mellyel a  $\vartheta_{y=0,köz}$  hőmérséklete ismeretében a  $\vartheta_{fű}$  fűtőközeg hőmérséklet számítható.

Az eddigiek ismeretében az (40.20.) összefüggések mintájára a síkbeli hőáramlás a mennyezet teljes hőleadása:

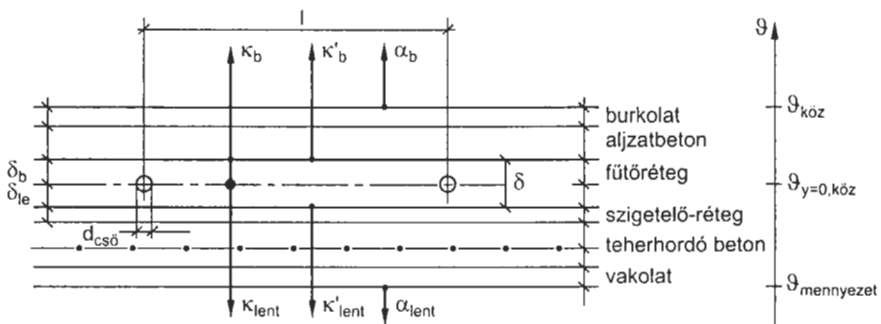
$$\dot{q} = \alpha_b \cdot \vartheta_{köz} + \alpha_{fent} \cdot \vartheta_{fent,köz} = \alpha_b \cdot \vartheta_{köz} + \alpha_{fent} \cdot \vartheta_{padló} \quad (40.25.)$$

Fontos itt megjegyeznünk, hogy a (40.22.) – (40.25.) összefüggési sorozatot csak igen vázlatosan, leíró jelleggel közöltük. Ennek okai a következők:

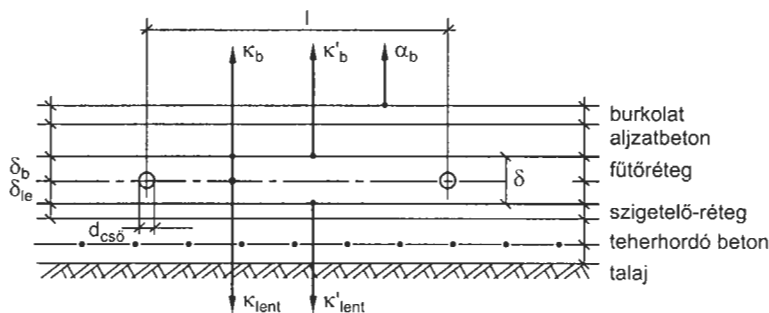
- a levezetés igen bonyolult, nagy matematikai apparátust igényel, és hosszadalmas is;
- az összefüggések alkalmazása mindenképpen nomogram rendszer használatát igényli, s a nomogram-rendszer ismertetésére ezen elméleti jellegű kötetben nincs lehetőségünk;
- a síkbeli hőáramlás méretezését igénylő mennyezetfűtések a nagy tehetetlenség miatt elavultak. Ezért ezen eljárást inkább a padlófűtések méretezésénél alkalmazzák.

## Padlófűtés

A 40.13/a és 40.13/b ábra most már padlófűtést mutat. A 40.13/a ábra közbenső emeletet, a 40.13/b ábra pedig közvetlenül talajra fektetett esetet ábrázol.



40.13/a ábra. Közbenső emelet padlófűtésének kialakítása



40.13/b ábra. Talajra fektetett padlófűtés kialakítása

Amíg a 40.13/a ábra esetével foglalkozunk, addig elvileg a helyzet ugyanaz, mint a mennyezetfűtésnél, csak a számítás menete értelemszerűen padlófűtésre vonatkozik, azaz:

$$\alpha_b \vartheta_{köz} = \kappa_b \vartheta_{y=0, köz}$$

de itt most „ $\alpha_b$ ” és „ $\kappa_b$ ” iránya a padlóról felfelé mutat a fűtendő helyiségbe.

Számítható most is a  $\vartheta_{fű} = f(\vartheta_{\ell} = 0)$  érték, és ezzel a fűtőpadló alsó síkjának ( $\vartheta_{lent, köz}$ ) értéke.

Így a padló teljes hőleadása:

$$\dot{q}_p = \alpha_b \cdot \vartheta_{köz} + \alpha_{lent} \cdot \vartheta_{lent, köz} = \alpha_b \cdot \vartheta_{köz} + \alpha_{lent} \cdot \vartheta_{mennyezet} \quad (40.26.)$$

Sokkal bonyolultabb kérdést jelent elvileg a félvégtelen térre helyezett padlófűtés. Itt ugyanis

- egyfelől a talajban instacionárius (időben nem állandó) hőáramlási jelenségek játszódnak le, jelentős a talaj hőtároló képessége, s az is döntő lehet, hogy a fűtési üzem állandó-e vagy megszakításokkal terhelt, azaz szakaszos jellegű,
- másfelől a félvégtelen tér felé a „ $\kappa_{lent}$ ” értelmezése nem olyan egyértelmű, mint akkor, ha közbelső fűtőpadlóról van szó.

Mivel a magyarázatot és levezetést erre az esetre a már eddig ismertetett korlátok miatt nem közölhetjük, elégedjünk meg annyival, hogy a „ $\kappa_{lent}$ ” értékét ez esetben lényegesen befolyásolja a padlóréteg alatti talaj

$$b_t = \sqrt{\lambda_t \cdot c_t \cdot \rho_t} \quad (40.27.)$$

hőelnyelési tényezőjének hatása.

E tényezőt az „Alapismeretek” kötet „Épületfizika” c. fejezetéből ismerjük (ld. hidegpadló és melegpadló meghatározása), a  $\lambda_t$ ;  $c_t$ ;  $\rho_t$  tényezők pedig értelemszerűen a talaj hőve-

zetési tényezőjét, fajhőjét és sűrűségét jellemzik. Mindezen nehézségek kiküszöbölésére és feldolgozására ma már a padlófűtések gyártó és szállító cégek igen részletes mérések, kísérletek, ellenőrző módszerek segítségével kialakított méretezési programokat, nomogramokat, táblázatokat bocsátanak a tervezők rendelkezésére.

Ma tehát az a fontos, hogy

- elvileg teljesen tisztában legyünk az eddig leírtakkal, és ismerjük a méretezés, a felületi közepes hőmérséklet kiindulási elveit és gondolatmenetét,
- gyakorlatilag gyorsan és megfelelő felkészültséggel forgathassuk az előre elkészített segédanyagokat. Ezekre példákat a következő, 40.3. pontban találunk majd.

### 40.3. Kis és közepes hőmérsékletű, kistehetetlenű, más néven tartószerkezetből kiemelt sugárzó fűtőtestek közepes felületi hőmérséklete és a fűtőfelület hőmérséklet-eloszlása

Ahogy a 39.4. és 39.5. pontokban láttuk, ide soroljuk a különféle, tartószerkezet alá függesztett sugárzó mennyezeteket (39.49., 39.53. ábra), a lapradiátorokat (39.55. – 39.59. ábra) és a sugárzó ernyőket (39.62. – 39.64. ábra).

A 39.49. – 39.59. ábrán bemutatott fűtések felületi hőmérsékletének eloszlását az eddigiekben ismertetett elvek alapján és azok érvényesülésével kizárólag mérésrel lehet megállapítani.

Ennek oka és indoka

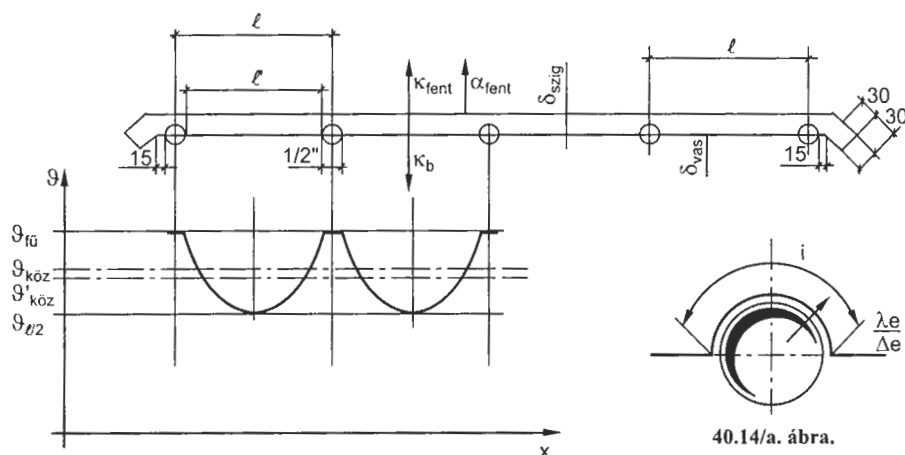
- a megoldások sokfélesége és
- a fűtött környezet fűtésre gyakorolt hatása. (E kérdés fejtegetését lásd kötetünk „Hőleadók” c. fejezetében.)

Az aránylag széles körű elméleti megfontolásnak a sugárzó ernyők méretezésével kapcsolatban van értelme és jelentősége, hiszen itt a gyártás is szóba jön, és a kiosztás is elméleti megfontolást igényel. A sugárzóernyő kialakítását és a hőmérséklet-eloszlást a **40.14. ábra** mutatja. A hőmérséklet-eloszlást a 40.9. ábrán a *Kollmar*-módszerrel már tárgyaltuk. A tervezéskor az előbbieket értelmében meghatározzuk az ernyőnek a fűtendő tér felé eső szükséges közepes hőmérsékletét.

$$\vartheta'_{köz} = \frac{d\vartheta_{fű} + (\ell - d) \cdot \vartheta'_{köz}}{\ell} \quad (40.28/a)$$

és

$$\vartheta'_{köz} = y \cdot \vartheta_{fű} \frac{th \frac{m \cdot \ell'}{2}}{\frac{m \cdot \ell'}{2}} \quad (40.28/b)$$



40.14. ábra. Sugárzóernyő kialakítása és a hőmérséklet-eloszlás [21], [22]

Az „ $y$ ” tényező az ernyő „jóságát” fejezi ki, vagyis azt, hogy az ernyőlemez és a csőfal fémes érintkezése mennyire biztosított, azaz mennyiben vehető a gyökszálhőmérséklet azonosnak a fűtőközeg hőmérsékletével.

„ $y$ ” tapasztalati értékei:

a fűtőcső és ernyőlemez között fémes kapcsolat	$y = 1,00$
jó mechanikus kapcsolat, szigetelt ernyő	$y = 0,9$
jó mechanikus kapcsolat, szigeteletlen ernyő	$y = 0,8$

Az „ $m$ ” értéke a 40.14. ábra szerint:

$$m = \sqrt{\frac{\kappa_{fent} + \kappa_b}{\delta_{vas} \cdot \lambda_{vas}}} \quad (40.28/c)$$

„ $\kappa_{fent}$ ” és „ $\kappa_b$ ” értéke az eddigiekhez hasonlóan az ernyőre értelmezve:

$$\kappa_{fent} = \frac{l}{\frac{\delta_{szig}}{\alpha_{szig}} + \frac{l}{\alpha_{fent}}} \quad (40.28/d)$$

$$\kappa_b = \frac{l}{\frac{\delta_{vas}}{\lambda_{vas}} + \frac{l}{\alpha_b}} \quad (40.28/e)$$

A korszerű irodalom finomította az  $\gamma$  tényezőt és a csőfelület hőleadását, és bevezette a

$$\vartheta_{köz} = \frac{\frac{d \cdot \pi}{2} \vartheta_{fű} + \ell' \cdot \vartheta'_{köz}}{\ell' + \frac{d \cdot \pi}{2}} \quad (40.29/a)$$

jellegű összefüggést.

Az ernyő „jóságát” a  $\vartheta_{fű} / \vartheta_{köz}$  viszony fejezi ki, mely ezen elmélet szerint a  $\lambda e / \Delta e$  egyenértékű hőátteresztési tényezőtől függ. Ez a  $\lambda e / \Delta e$  érték a **40.14/a** ábra szerint függ a csövet körülvevő „ $r$ ” ívhossztól, és a cső-lemez hézagot kitöltő anyag egyenletességétől és hővezetési képességétől. Ezt az értéket az ernyőt gyártó cégek mérés alapján megadják.

#### 40.4. Nagyhőmérsékletű (kistehetetlenű) sugárzó fűtések felületi hőmérséklete

Ahogy a 39.6. pontban, illetve a 4.18., 4.19., 4.20. ábrákon bemutatott szerkezetek esetében láttuk, e fűtéseknel nincs értelme annak, hogy felületi hőmérséklet elosztásról beszéljünk. A gyártó cégek a kivitteltől függő felületi hőmérsékletet megadják, s ezt a méretezési elvekkel és alapokkal együtt a vonatkozó katalógusokban, gyártmányismertetőikben megtaláljuk [52], [53], [57], [58], [61].

#### 40.5. A méretezés gyakorlati lépései, néhány méretezési példa

Az eddigiek alapján érzékelhetjük, hogy rendkívüli terjedelmet igényelne az a szép szándék, hogy valamennyi lehetséges sugárzó fűtési eljárás gyakorlati méretezését bemutasuk. Nincs is azonban erre szükség, mert

- egyfelől az elméleti megfontolások, a hőleadási összefüggések, és a felületi hőmérséklet-eloszlás ismeretében minden előforduló eset értelmezhető,
- másfelől ma már minden gyártó cég mérésekkel alátámasztott tervezési segédleteket bocsát az alkalmazók rendelkezésére.

A fentiek miatt választottuk azt a megoldást, hogy néhány jellegzetes és aránylag bonyolult esetre ismertetjük a méretezés lépéseit, és ezeket kivételesen számpéldával is alátámasztjuk. Mindez természetesen nem helyettesíti a segédleteket, példatárakat, gyakorlati jegyzet anyagokat s a katalógusokat, gyártmányismertetőket, számítógépes programokat. Ahhoz azonban elegendő, hogy olyan útravalóval lássuk el olvasóinkat, melynek alapján bármely kivételesen eléjük kerülő feladathoz hozzákezdhetnek, s az elméleti ismeretek birtokában alkalmazhatják a szükséges gyakorlati tudnivalókat.

### 40.5.1. Kishőmérsékletű, nagy tehetetlenségű, más néven: betonrétegbe ágyazott sugárzó fűtések méretezése

#### Méretezés elvi lépései

*Megjegyzések, magyarázatok annak érdekében, hogy a numerikus értékek érzékelhetők legyenek.*

1. LÉPÉS: A helyiség geometriai méretei, funkciója

2. LÉPÉS: A helyiség hővesztesége

A hőveszteség számítását nagy vonalakban ugyanúgy végezzük, mint a konvekciós fűtés alkalmazásakor, de belső hőmérsékletként mindig  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ -al kisebb hőmérsékletet veszünk figyelembe Pl. lakószoba belső hőmérséklete:  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; fürdőszoba belső hőmérséklete:  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; stb. Valódi eltérés azon felületeknél jelentkezik, ahol a csőkígyó elhelyezkedik. Így pl. mennyezetfűtésnél a legfelső emeleten a fűtőcsövekkel behálózott mennyezetrészeket mint hőveszteséget okozó felületrészeket a hőveszteség-számításnál nem kell figyelembe venni. A helyiség hőszükséglete így névlegesen kisebb, mint pl. radiátoros fűtésnél, jóllehet az összes hőfelhasználás növekedhet a csőkígyó kifelé irányuló hővesztesége miatt.

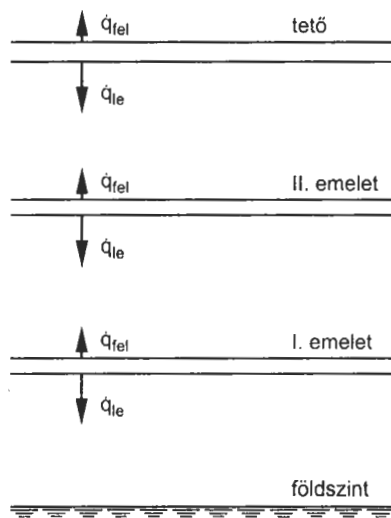
#### Számítási példa

1. LÉPÉS:  $5,00 \times 3,61 \times 2,90\text{ m}$  méretű lakószoba

2. LÉPÉS:  $\dot{Q}_{TR} = 1290\text{ W} = 1,29\text{ kJ/s}$

A **40.15. ábra** azt mutatja, hogy egymás felett elhelyezkedő helyiség „oszlopot” méretezünk majd. Mivel a számítási példát mennyezetfűtésre végezzük, a számítást értelemszerűen a földszinten kezdjük.

(Megfelelően másképp választjuk meg e kiindulást padló- illetve mennyezetfűtés esetén.)



40.15. ábra. Sugárzó fűtéssel ellátott helyiség-oszlop

### 3. LÉPÉS: A fűtőfelület és a behálózható felület

Értelemszerűen el kell döntenünk, hogy mennyezet-, fal- vagy padlófűtésről van-e szó. Ez kijelöli a behálózandó felület lehetséges maximális értékét. Minden esetben külön kell azonban foglalkoznunk az ún. *szegély* kérdésével.

A szegélyeket ugyanis

- egyfelől szerkezeti okokból nem lehet behálózni;
- másfelől a hideg szegély aszimmetrikus sugárzási jelenséget és kellemetlen hőérzetet idézhet elő;
- harmadrészt a túlságosan meleg szegély felesleges energiapazarláshoz vezethet.

Ezért e kérdés mindig egyedi elbírálást igényel.

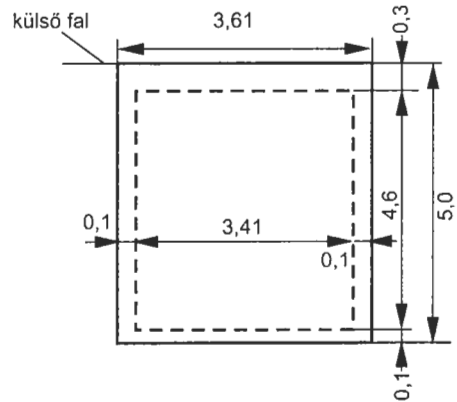
### 4. LÉPÉS: A felületi hőterhelés és az ehhez tartozó közepes hőmérséklet meghatározása

A különféle rendszerek szükséges túl-hőmérsékletének meghatározására értelem-szerűen a 40.1–40.4. ábrát használhatjuk.

### 3. LÉPÉS: Behálózható felület:

$$4,6 \times 3,41 = 15,7 \text{ m}^2$$

Esetünkre a mennyezet geometriáját és a szegélyeket a **40.16. ábra** mutatja.



40.16. ábra. Behálózható felület

### 4. LÉPÉS: A felületi hőterhelés

$$\dot{q}_M = \frac{\dot{Q}_{TR}}{A} = \frac{1290}{15,7} = 82 \text{ J / m}^2 \text{ s} \quad [\text{W/m}^2]$$

A 40.1. ábra alapján meghatározható az e felületi hőterhelés biztosításához szükséges közepes mennyezet túlhőmérséklet:

$$\vartheta_{M,köz} = 13 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Ezzel a mennyezet szükséges közepes hőmérséklete:

$$t_{M,köz} = \vartheta_{M,köz} + t_b = 13 + 18 = 31 \text{ } ^\circ\text{C}$$

5. LÉPÉS: Hőátadási tényező ( $\alpha_b$ ) a fűtött felület és a környezet között

Értelemszerűen ismét válogathatunk különféle rendszerek esetében a 40.1., 40.2., 40.3. és 40.4. ábrák között.

5. LÉPÉS: A 40.1. ábrából meghatározható a mennyezet és helyiség közötti hőátadási tényező:

$$\alpha_b = 6,34 \text{ J/m}^2, \text{s}, \text{K}$$

Ellenőrzés (lásd a 40.1/a összefüggést):

$$\alpha_b = \alpha_M = \alpha_{sug,M} + \alpha_{konv,M}$$

emlékszünk, hogy

$\alpha_{konv,M}$  a konvekciós hőátadási tényező;

$\alpha_{sug,M}$  a sugárzó hőátadási tényező.

$$\alpha_{sug,M} = C_K \cdot b_M$$

$C_K$  sugárzási együttható:  $4,82 \text{ J/m}^2, \text{s}, \text{K}^4$

$$b_M = \frac{\left[ \frac{T_{M,köz}}{100} \right]^4 - \left[ \frac{T_b}{100} \right]^4}{t_{M,köz} - t_b} =$$

$$b_M = \frac{\left[ \frac{273 + 31}{100} \right]^4 - \left[ \frac{273 + 18}{100} \right]^4}{31 - 18} =$$

$$b_M = 1,06 \text{ K}^4/\text{K}$$

$$\alpha_{sug,M} = 4,82 \cdot 1,06 = 5,12 \text{ J/m}^2, \text{s}, \text{K}$$

$$\alpha_{konv,M} = 0,64 \cdot \sqrt[4]{\vartheta_{M,köz}} =$$

$$= 0,64 \cdot \sqrt[4]{13} = \frac{1,24 \text{ J/m}^2, \text{s}, \text{K}}{6,34 \text{ J/m}^2, \text{s}, \text{K}}$$



## 6. LÉPÉS: Hőérzeti ellenőrzés

A hőérzeti ellenőrzés mennyezet- és fal-fűtéseknél a megfelelő besugárzási tényezők kiszámításából, és ezek segítségével a hőérzeti ellenőrzésből áll. A hőérzeti ellenőrzés a korszerű fűtéstechnika igen fontos elméleti fejezete, ahogy ezt az „Alapismeretek” kötet „Hőérzet” c. fejezetében láttuk (Lásd 12.5–12.18. és 12.23–12.28. ábrák!).

6. LÉPÉS: Számítsuk ki a besugárzási tényezőt az ülő ember koponyatetőjére vonatkoztatva (40.17/a, b, c és d ábra).

A geometriai jellemzők:

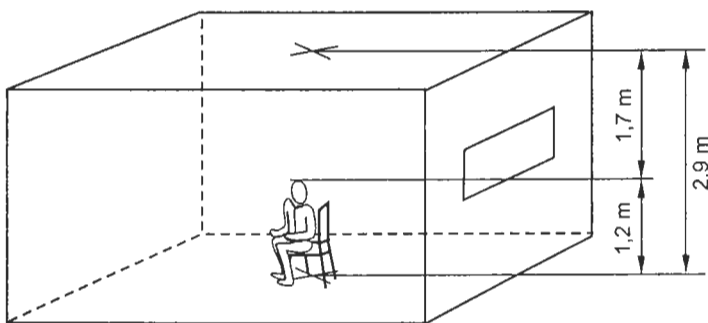
$$b/h = 3,61/1,7 = 2,12$$

$$a/h = 4,6/1,7 = 2,705$$

$$\varphi_{\text{ülő}} = 0,63 \text{ (40.17/b és 40.17/c ábra)}$$

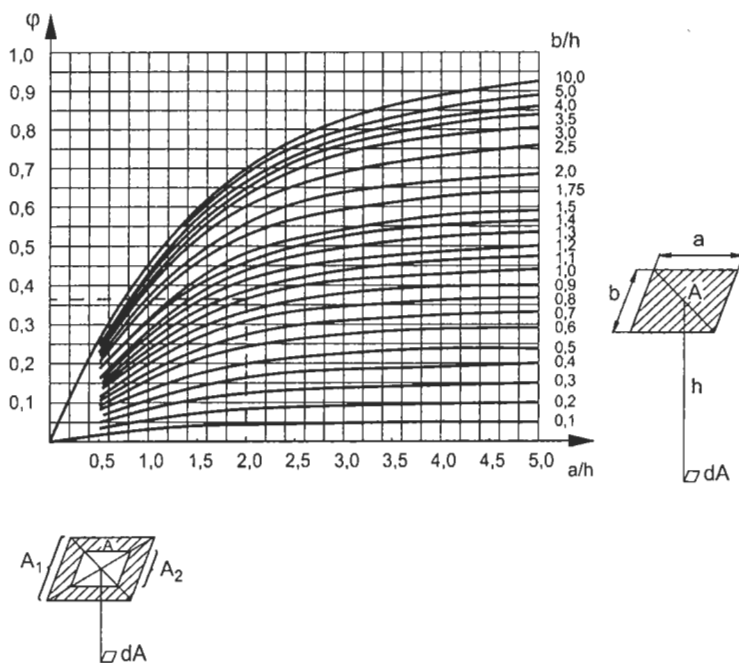
A mennyezetfűtéseket ilyen esetben az ún. *Chrenko* görbéből (40.17/d ábra) ellenőrizhetjük, ahol az „A” görbe a kellemes hőérzetet eredményező fűtőfelületi hőmérsékletet szemlélteti, a „B” görbe pedig a még megengedhető értékeket. Huzamos tartózkodás esetén  $\varphi = 0,63$  értékhez a „B” görbéből a fűtőfelület (mennyezet) közepes hőmérséklete:

$$t_{\text{felület,köz}} = t_{M,köz} = 34,3^\circ\text{C}$$



40.17/a ábra. A besugárzási tényező számításához szükséges geometriai adatok

Megjegyezzük, hogy ezt az eljárást ismerteti az „Alapismeretek” kötet „Hőérzet” c. fejezetének 12.1 és 12.2 ábrája arra az esetre, ha a felületelem a koponyatető. Ugyanott megtaláljuk a *Chrenko* görbe részletes elemzését is. Hangsúlyozzuk, hogy a korszerű hőérzeti irodalom azonban már nem a koponyatetőre, hanem az emberi test súlypontjára vetítve értékeli és számítja ki a besugárzási tényezőt (*Fanger* módszere). E módszer levezetését és nomogramját is részletesen megtaláljuk az „Alapismeretek” kötet „Hőérzet” c. fejezetének 12.5–12.18. ábráin. A példánkban bemutatott méretezési módszer elvét ez a módszerbeni különbség egyáltalán nem érinti, a számadatokat pedig értelemszerűen a biztonság felé tolja el a példánkban alkalmazott módszer.



40.17/b ábra. Méretezési nomogram egymással párhuzamos felület és felületelem közötti besugárzási tényező meghatározására abban az esetben, ha a felületelem a felület középpontja alatt helyezkedik el (lásd 40.17/a ábra) [20]

Padlófűtéseknel a padló közepes hőmérséklete mérvadó, mely az alkalmazástól függően nem haladhatja meg a 25...29 °C értéket.

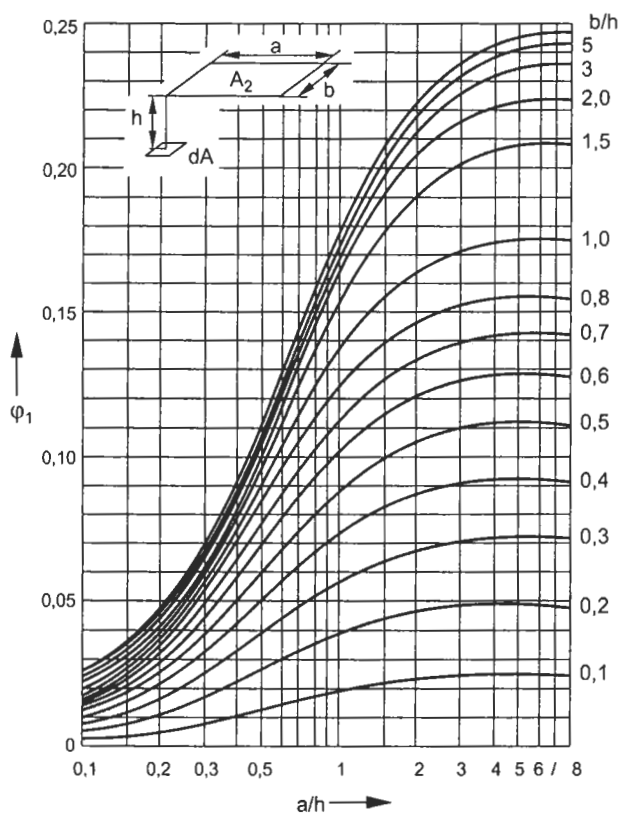
$$34,3 > 31$$

tehát hőérzeti szempontból felvételünk megfelel. Vizsgáljuk meg a hőérzetet, ha a helyiségben tartózkodó ember áll. Ebben az esetben  $\varphi = 0,74$ . A  $\varphi = 0,74$  értékhez a „C” görbéből a fűtőfelület (mennyezet) közepes hőmérséklete

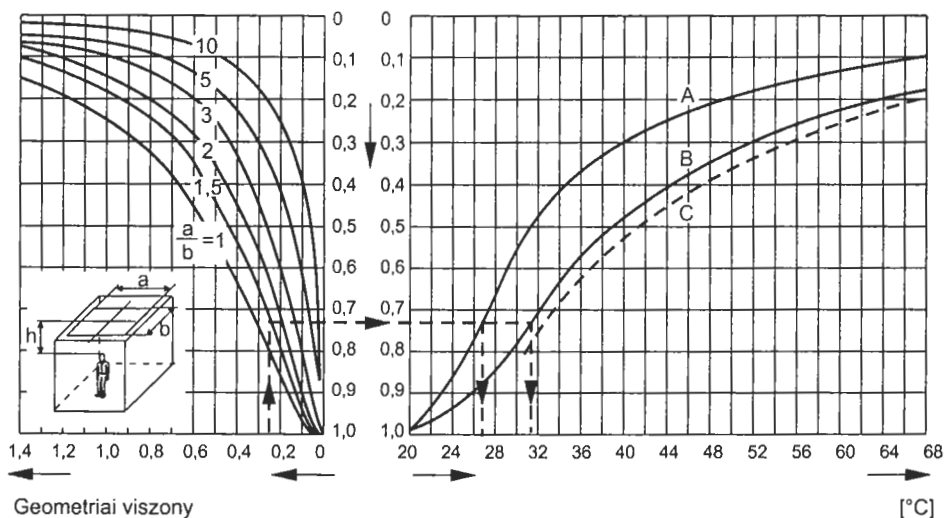
$$t_{\text{felület,köz}} = t_{M,\text{köz}} = 32 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

még elfogadható.

Amennyiben a Chrenko görbe szerint hőérzetileg elfogadhatatlan hőmérséklet adódna, úgy kiegészítő fűtőfelületre, vagy kiegészítő fűtésre lenne szükség.

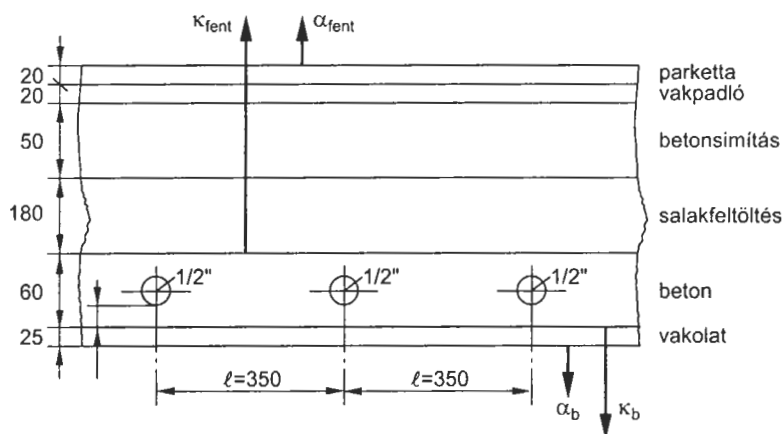


40.17/c ábra. Sík felületelemnek párhuzamos felületre vonatkozó besugárzási tényezője (logaritmikus besugárzástényezős diagram). A 40.17/b ábrán bemutatott eset 1/4 része!



40.17/d ábra. Chrenko-Kollmar diagram

A görbe – jó hőérzet; B görbe – megengedhető hőérzet; C – elfogadható hőérzet [20]



40.18. ábra. Födémszerkezet rétegrendje

7. LÉPÉS: A teljes határoló szerkezet elemzése és a szükséges fűtőközeg-hőmérséklet kiszámítása.

Fal- vagy padlófűtésnél az összefüggéseket értelemszerűen kell alkalmazni!

7. LÉPÉS: A födémszerkezet rajzát a 40.18. ábra mutatja.

Megnevezés	A réteg	
	vastagsága [mm]	hővezetési tényezője [W/m, K]
Parketta	20	0,232
Vakpadló	20	0,124
Betonsimítás	50	1,280
Salakfeltöltés	180	0,337
Beton	60	1,510
Vakolat	25	0,346

A mennyezetről a felső helyiség felé a hőátbocsátási tényezőt tapasztalati alapon felvesszük:

$$a = 9,3 \text{ J/m}^2, \text{ s, K}$$

Ezzel:

$$\kappa_{fent} = \frac{l}{\frac{l}{\alpha_{fent}} + \sum \frac{\delta}{\lambda}} =$$

$$\kappa_{fent} = \frac{l}{\frac{l}{9,3} + \frac{0,18}{0,337} + \frac{0,05}{1,28} + \frac{0,02}{0,124} + \frac{0,02}{0,232}} =$$

$$= 1,12 \text{ J/m}^2, \text{ s, K}$$

$$\kappa_b = \frac{l}{\frac{l}{\alpha_b} + \frac{\delta}{\lambda}} = \frac{l}{\frac{l}{6,34} + \frac{0,025}{0,346}} =$$

$$= 4,36 \text{ J/m}^2, \text{ s, K}$$

Ezekkel számítható a betonréteg közepes hőmérséklete (40.20/b) összefüggés:

$$\vartheta_{\text{beton,köz}} = \frac{\alpha_b}{\kappa_b} \cdot \vartheta_{M,\text{köz}} = \frac{6,34}{4,36} \cdot 13 = 18,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

A **40.19. ábrán** kinagyítva ábrázoljuk a csöveket tartalmazó betonrétegeket, jelöljük az egyes jellemző hőmérséklet értékeket, és berajzoljuk a hőmérséklet eloszlást.

$$\kappa' = \frac{\lambda_{\text{beton}}}{\delta'} = \frac{1,51}{1,115} = 100,5 \text{ J/m}^2, \text{ s, K}$$

A betonréteg közepes hőmérséklete ( $\ell/2$  helyen) az (40.12.) összefüggéssel:

$$\vartheta_{\text{beton,köz}} = \vartheta_{\ell,o} \cdot \frac{th \frac{m \cdot \ell}{2}}{\frac{m \cdot \ell}{2}} \text{ }^{\circ}\text{C}$$

A (40.19/b) összefüggés szerint:

$$m = \sqrt{\frac{\kappa_b + \kappa_{fent}}{\delta \cdot \lambda_{beton}}} = \sqrt{\frac{4,96 + 1,12}{0,06 \cdot 1,51}} = 7,7$$

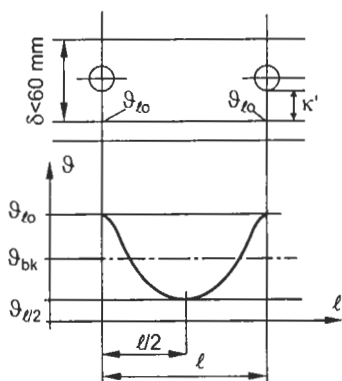
$\kappa_b$  és  $\kappa_{fent}$  jelentése a 40.18. ábrából ismert:

$\delta$  a csöveket tartalmazó betonréteg vastagsága;

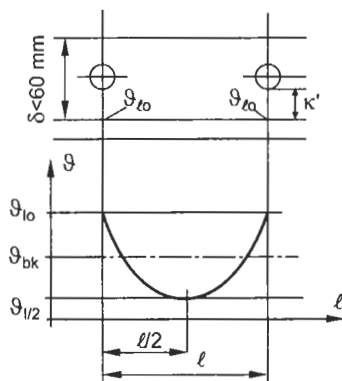
$\lambda_{beton}$  a csöveket tartalmazó betonréteg hővezetési tényezője J/m, s, K;

A menettávolságot felvettük (40.18. ábra):

$$\ell = 0,35 \text{ m}$$



Valódi hőmérséklet eloszlás



Elvi (számítással követhető) hőmérsékleteloszlás

40.19. ábra. Hőmérsékleteloszlás

$$\frac{m \cdot \ell}{2} = \frac{7,7 \cdot 0,35}{2} = 1,359$$

$$\text{th} \frac{m \cdot \ell}{2} = \text{th} 1,359 = 0,87$$

$$\frac{\text{th} \frac{m \cdot \ell}{2}}{\frac{m \cdot \ell}{2}} = \frac{0,87}{1,359} = 0,64$$

Ezzel tehát:

$$\vartheta_{\text{beton,köz}} = \vartheta_{\ell,o} \frac{\text{th } \frac{m \cdot \ell}{2}}{\frac{m \cdot \ell}{2}} = \vartheta_{\ell,o} \cdot 0,64 \text{ } ^\circ\text{C}$$

A betonréteg közepes hőmérsékletét már kiszámítottuk:

$$\vartheta_{\text{beton,köz}} = 18,9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Ezzel:

$$\vartheta_{\ell,o} = \frac{18,9}{0,64} = 29,53 \text{ } ^\circ\text{C}$$

kiszámítható a fűtőközeg hőmérséklete:

$$\begin{aligned} \vartheta_{\ell,o} &= \vartheta_{f\ddot{u}} \frac{\kappa'}{\kappa' + \kappa_b} = \\ &= \vartheta_{f\ddot{u}} \frac{100,5}{100,5 + 4,7} = 0,955 \vartheta_{f\ddot{u}} \end{aligned}$$

Amennyiben a fűtőközeg hőmérséklet épületszerkezeti szempontból nem megengedhető, sűrítethetjük a menettávolságot. Így a kisebb fűtőközeg hőmérséklet nagyobb közepes felületi hőmérsékletet eredményez.

Az előbbi összefüggés felállításakor azzal a közelítéssel éltünk, hogy a csővezeték betonnal érintkező – alsó – alkotója mentén a hőmérséklet azonos a fűtőközeg hőmérsékletével

$$\vartheta_{f\ddot{u}} = \frac{\vartheta_{\ell,o}}{0,955} = \frac{29,53}{0,955} = 30,92 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Ezzel a fűtőközeg közepes hőmérséklete:

$$t_{f\ddot{u},\text{köz}} = 18 + 30,92 = 48,92 \sim 49,0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

A sugárzó fűtőtesteknél szokásos  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  hőfokesést figyelembe véve (a fűtőközeg előremenő és visszatérő hőmérséklete közötti különbség) a fűtőközeg előremenő hőmérséklete

$$t_{f\ddot{u},e} = 49,0 + \frac{10}{2} = 54\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Ez a fűtőközeg hőmérséklet épületszerkezeti szempontból megfelelő.

#### 8. LÉPÉS: A közbülső helyiség méretezése

Hőleadás a „nem fűtött” oldal felé. A fűtőfelület két síkján egymással azonos hőmérséklet uralkodik (azaz a fűtőréteg két azonosan fűtött helyiség között helyezkedik el).

Padlófűtésnél értelemszerűen az alsó helyiség, esetleges belső falfűtésnél a szomszéd helyiség felé végezzük el ugyanezt a számítást.

8. LÉPÉS: Áttekintettük a földszinti helyiség fűtőmennyezetének méretezését. Nézzük a következő szintek számítását. Feltételezzük, hogy teljesen hasonló alakú szoba helyezkedik el földszinti szobánk felett (lásd 40.15. ábra). A fűtőmennyezet felfelé irányuló fajlagos hőleadása az  $(40.20/c)$  összefüggés szerint:

$$\begin{aligned}\dot{q}_{fent} &= \vartheta_{\text{beton,köz}} \cdot \kappa_{fent} = \\ &= 18,9 \cdot 1,12 = 21,2\text{ J/m}^2, s\end{aligned}$$

Kiszámítható a padlóhőmérséklet. A padló közepes túlhőmérséklete:

$$\vartheta_{P,köz} = \frac{\dot{q}_{fent}}{\alpha_{fent}} = \frac{21,2}{9,3} = 2,27\text{ }^{\circ}\text{C}$$

A felső helyiségbe beáramló hő:

$$\dot{Q}_P = A_P \cdot \dot{q}_{fent} = 15,7 \cdot 21,2 = 333\text{ J/s}$$

A felső helyiségbe ezek után beviendő hőáram:

$$\dot{Q}_{szüks} = \dot{Q}_{TR,felső} - \dot{Q}_P$$



Vegyük ismertnek a közbülső, általános (jelenleg: „felső”) helyiség hőveszteségét:

$$\dot{Q}_{TR,felső} = 1162 \text{ J/s}$$

Ezzel

$$\dot{Q}_{szüks} = 1162 - 333 = 829 \text{ J/s}$$

Így az általános emeleten behálózandó mennyezet felület:

$$A_{M,felső} = \frac{\dot{Q}_{szüks}}{\dot{q}_b} = \frac{829}{82} = 10,15 \text{ m}^2$$

A menettávolságot a földszinttel azonosan,  $\ell = 0,35 \text{ m}$  értékben állapítjuk meg.

9. LÉPÉS: A külső térrel érintkező felület méretezése

Padlófűtésnél ezt az esetet a legalsó fűtött padlószint jelenti. Ügyeljünk arra, hogy amennyiben e helyiség alapincézetlen és a padlófűtés a félvégtelen teret jelentő talajszinten van, úgy a lineáris alapú törvényszerűségek nem érvényesíthetők és „ $\kappa_b$ ” számítása is eltérő.

Bemutattuk ezt a (40.22.) és (40.27.) összefüggéssel, gyakorlatilag a kézikönyvek, katalógusok, gyártmányismertetőik adataira kell támaszkodnunk. (ld. 40.5.3. pontot is!)

9. LÉPÉS: Az általános emelet után nézzük a legfelső szint méretezését.

Legyen erre az esetre a födém szerkezet hőátbocsátási tényezője a csöveket tartalmazó vastagságú betonréteg felső szintjétől számítva

$$\kappa_{fent} = 0,815 \text{ J/m}^2, \text{ s, K}$$

A külső hőmérséklet:

$$t_{fent} = -15 \text{ }^\circ\text{C}$$

Ezzel a túlhőmérséklet

$$\vartheta_{fent} = t_{fent} - t_b = -15 - 18 = -33 \text{ }^\circ\text{C}$$

A betonréteg közepes hőmérséklete arra az esetre, ha a fűdémszerkezet két oldalán a hőmérsékletek különböznek egymástól (40.15.) összefüggés:

$$\vartheta_{\text{beton,köz}} = \vartheta_{\ell,0} \frac{th \frac{m \cdot \ell}{2}}{\frac{m \cdot \ell}{2}} + \vartheta_{\text{fent}} \frac{\kappa_{\text{fent}}}{\kappa_{\text{fent}} + \kappa_b} \left[ 1 - \frac{th \frac{m \cdot \ell}{2}}{\frac{m \cdot \ell}{2}} \right]$$

A legfelső szinten m értéke:

$$m = \sqrt{\frac{4,36 + 0,815}{0,06 \cdot 1,51}} = 7,58$$

$$\ell = 0,35 \text{ m};$$

$$\frac{m \cdot \ell}{2} = \frac{7,58 \cdot 0,35}{2} = 1,322$$

$$th \ 1,322 = 0,86$$

$$\frac{th \ 1,322}{1,322} = \frac{0,86}{1,322} = 0,65$$

$$\begin{aligned} \vartheta_{\text{beton,köz}} &= 31,9 \cdot 0,640 - \\ &- 33 \cdot \frac{0,815}{0,815 + 4,36} \cdot (1 - 0,65) \end{aligned}$$

$$\vartheta_{\text{beton,köz}} = 17,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

A mennyezet közepes hőmérséklete

$$\begin{aligned} \vartheta_{M,köz} &= \vartheta_{\text{beton,köz}} \cdot \frac{\kappa_b}{\alpha_b} = \\ &= 17,4 \cdot \frac{4,36}{6,34} = 11,94 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

A 40.1. ábrából az ezen értékhez tartozó hőáram:

$$\dot{q}_b = 75,0 \text{ J/m}^2, \text{ s}$$

A pótlendő hőáram:

$$\dot{Q}_{szüks} = \dot{Q}_{TR,felső} - \dot{Q}_P$$

A transzmissziós hőveszteség azonos az általános emeletével, mivel a behálózott mennyezeten át nincs hőveszteség.

$$\dot{Q}_{TR,felső} = 1162 \text{ J/s}$$

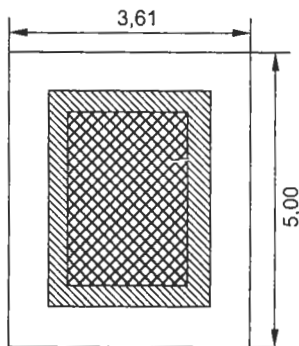
A padlón át beáramló hőmennyiség:




$$\dot{Q}_P = \dot{Q}_{TR,felső} \cdot q_{fent} = 10,15 \cdot 21,2 = 215 \text{ J/s}$$

$$\dot{Q}_{szüks} = 1162 - 215 = 947 \text{ J/s}$$

A legfelső emeleten behálózandó fűtőfelület:

$$A_{M,L,felső} = \frac{\dot{Q}_{szüks}}{\dot{q}_b} = \frac{947}{75} = 13 \text{ m}^2$$



-  Teljes mennyezet  $A_{telj}$
-  Számított fűtőfelület  
 $A = 11,7 \text{ m}^2$
-  Többlet fűtőfelület  $A_{többi}$

40.20. ábra. Legfelső födém jellegzetes felületei

A transzmisszió értékét úgy vettük figyelembe, mintha a teljes mennyezetet behálózánk, számításainkat tehát korrigálnunk kell.

A fűtetlen rész hőveszteségének pótlására többlet fűtőfelületet építünk be (40.20. ábra). A többlet fűtőfelület hőleadásának meg kell egyeznie a fűtetlen rész hőveszteségével, pótolnia kell a fűtetlen rész hőveszteségét.

$$A_{többi} \cdot \dot{q}_b = \dot{Q}_{szüks} + (A_{telj} - A_{többi}) \cdot k \cdot (t_{fent} - t_b)$$

itt a „ $k$ ” a födém teljes hőátbocsátási tényezője,  $t_{fent}$  pedig egyértelműen a méretezési külső hőmérséklet.

$$k = \frac{l}{\frac{l}{\kappa_b} + \frac{\delta}{\lambda_{\text{beton}}} + \frac{l}{\kappa_{\text{fent}}}} =$$

$$= \frac{l}{\frac{l}{4,36} + \frac{0,06}{1,510} + \frac{l}{0,815}} = 0,669 \text{ J/m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{K}$$

és így az „ $A_{\text{többl}}$ ” értéke:

$$A_{\text{többl}} = \frac{\dot{Q}_{\text{szüks}} + A_{\text{telj}} \cdot k \cdot (t_{\text{fent}} - t_b)}{\dot{q}_b + k \cdot (t_{\text{fent}} - t_b)}$$

$$A_{\text{többl}} = \frac{947 + 50 \cdot 3,61 \cdot 0,669 \cdot [18 - (-15)]}{75 + 0,669 \cdot [18 - (-15)]}$$

$$A_{\text{többl}} = 13,85 \sim 14,0 \text{ m}^2$$

#### 40.5.2. Ellenőrzés és méretezés a síkbeli hőáramlás módszerével

A példában bemutatott fűtőmennyezet vastagsága  $\delta = 0,06 \text{ m}$ , tehát jogosan alkalmaztuk a lineáris hőáramlásra vonatkozó egyenleteket.

Természetesen abban az esetben, ha nagy pontosságra törekszünk, célszerű az eredményt a síkbeli hőáramlás módszerével is ellenőrizni [4], nagyobb vastagság esetén pedig értelem-szerűen e módszert kell alkalmazni. E jegyzet keretében ilyen példa bemutatására nincs terjedelmünk, ismét felhívjuk azonban a figyelmet a padlófűtések méretezésére.

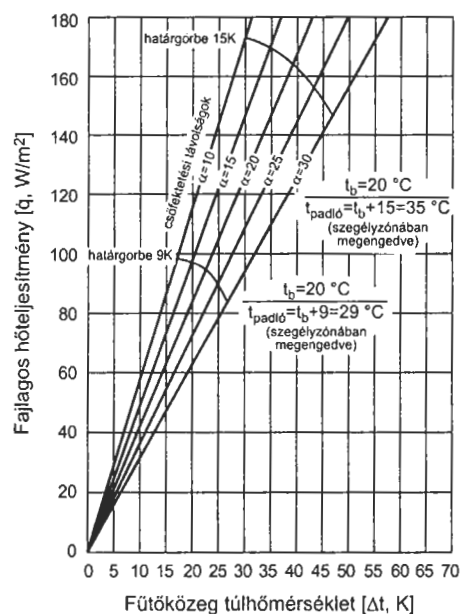
Tesszük ezt

- egyrészt azért, mert mint ahogy már említettük a gyártó cégek igen célszerű segédleteket bocsátanak e téren a tervezők rendelkezésére,
- másrészt azért, mert szintén a korábban már tárgyalt okok miatt a közvetlenül talajra fektetett padlófűtések értelemszerűen a síkáramlás módszereivel lehet csak kezelni.

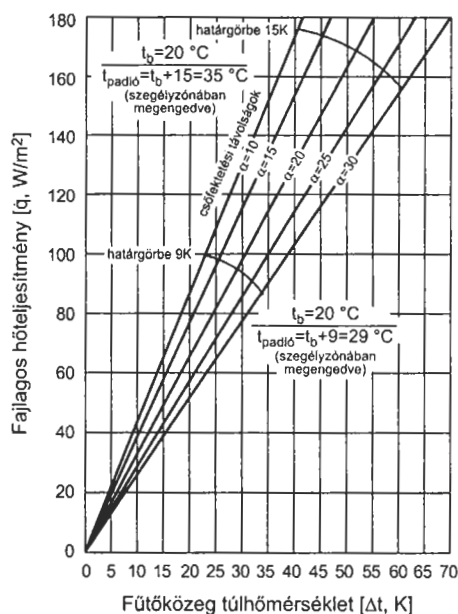
#### 40.5.3. Padlófűtések különleges méretezési kérdései

Ahogy a 39.2.7. pontban, és a 39.26., 39.27., 39.28. ábrán láttuk, a korszerű padlófűtések nagy részét műanyagcsövekkel készítik. Ezek egyik elterjedt képviselője a „WIRSBO” rendszer. E rendszer a méretezést úgy támasztja alá, hogy a legkülönbözőbb esetekre megadja a faj-

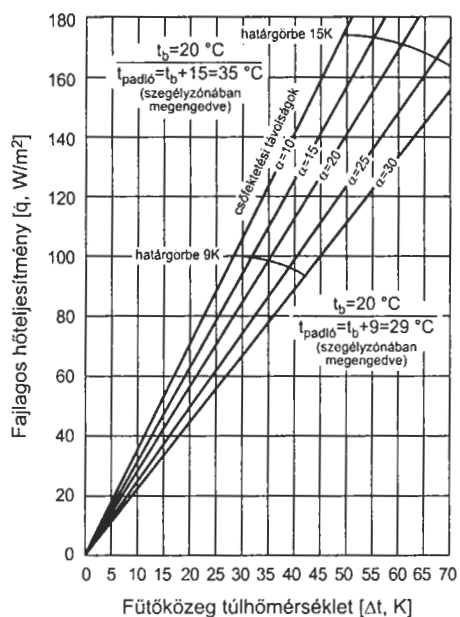




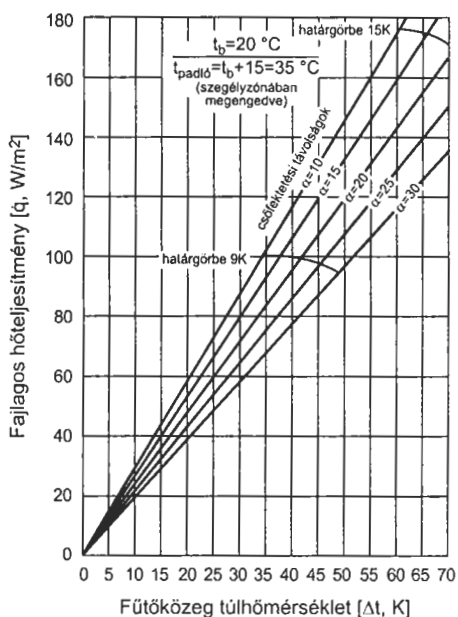
$R \rightarrow 0$  Csemp, köburkolat, PVC és ragasztott linóleum 3 mm vastagságig



$R = 0,05$  Mozaikparketta, 8 mm vastag és köburkolat, 20%-a szőnyeggel fedve



Szőnyeg, 15 mm vastag parketta



Szőnyeg, 22 mm vastag parketta

40.22. ábra. CUPROTHERM rendszer méretezési nomogramja 14x0,8 mm csőméretre

E segédleteket igen szemléletes példákkal is alátámasztják, így alkalmazásuk adott esetben kézenfekvő.

#### 40.5.4. Kis- illetve közepes hőmérsékletű, kis tehetetlenségű, a teherhordó határoló szerkezettől független sugárzó fűtések méretezése

E körből a sugárzó ernyők méretezésére mutatunk be példát, már csak azért is, mert az eddigiek során inkább lakó és kommunális épületekkel foglalkoztunk, a sugárzó ernyők pedig kifejezetten a csarnok jellegű épületek fűtését szolgálják.

1. LÉPÉS: A helyiség geometriai méretei, és hővesztesége

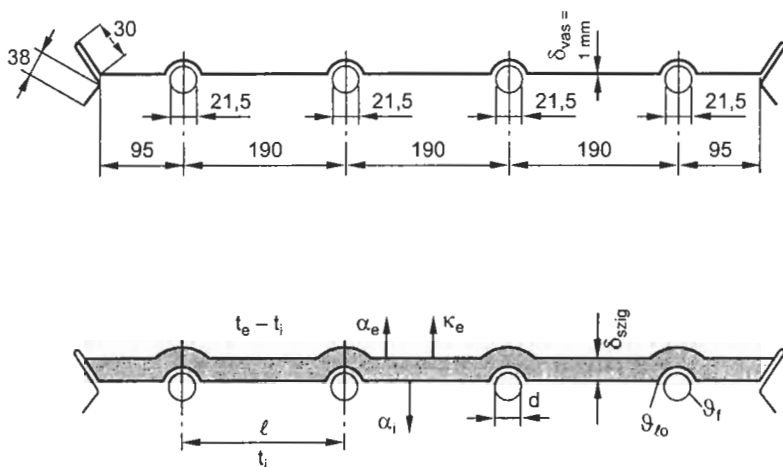
A nagy csarnokok hővesztesége igen érzékeny energetikai kérdés. Gondoljunk itt arra, hogy a sugárzóernyők megosztják a belmagasságot, és a „felső” térfél egészen eltérő, mint a besugárzott „alsó” térfél; a sugárzóernyők felmelegítik pl. a padlót, stb. E kérdésnek rendkívül érdekes és értékes hazai szakirodalma van, melyet adott esetben feltétlenül tanulmányoznunk kell! [20], [21], [22].

1. LÉPÉS: 40,0 x 20,0 x 8,0 m méretű gyártócsarnok belső hőmérséklete: 12 °C, a hőveszteség:

$$\dot{Q} = 232000 \text{ J/s} = 232 \text{ kW}$$

2. LÉPÉS: A gyártandó, vagy készen kapható ernyőtípus jellemzői

2. LÉPÉS: A gyártott ernyőtípus 1 m széles lemezből és Ø20 mm NÁ (1/2") méretű csövekből készül. Egy-egy ernyőben 4 db Ø20 mm NÁ (1/2") méretű fűtőcső van. Az ernyők szigetelt kivitelben készülnek. Az ernyők méreteinek alakulását és a betűjelek értelmezését a **40.23. ábra** mutatja.



40.23. ábra. Sugárzóernyő méretezése

## 3. LÉPÉS: A rendelkezésre álló fűtőközeg

A példa kedvéért most kisnyomású gőzt veszünk figyelembe, mert

- az alkalmazott fűtőtest miatt ez megoldható, ipari csarnoknál célszerű;
- az előző példában meleg víz fűtőközeggel számoltunk.

## 4. LÉPÉS: Az ernyőlemez közepes hőmérséklete

A méretezési eljárás kiindulásaképpen meg kell állapítanunk az ernyőlemez közepes hőmérsékletét. Tekintettel arra, hogy ezt csak iterációs módszerrel lehet megoldani, felrajzoljuk az ernyőlemez közepes hőmérsékletének változását a fűtőközeg hőmérsékletének függvényében. Ezután a példában adott fűtőközeghez megállapítjuk a közepes hőmérsékletet.

3. LÉPÉS:  $t = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$  hőmérsékletű,  $p = 1,01\text{ bar}$  nyomású telített gőz.

## 4. LÉPÉS: A számítás menete:

a fűtőcső átmérője:  $d = 1/2'' = 0,02125\text{ m}$

a fűtőcsövek menettávolsága:  $\ell = 0,19\text{ m}$

az ernyőlemez anyaga: vas

az ernyőlemez vastagsága:  $\delta_{\text{vas}} = 0,001\text{ m}$

az ernyőlemez hővezetési tényezője:

$$\lambda_{\text{vas}} = 58\text{ J/m, s, K}$$

a szigetelés anyaga: üvegpaplan

a szigetelés vastagsága:  $\delta_{\text{szig}} = 0,03\text{ m}$

a szigetelés hővezetési tényezője:

$$\lambda_{\text{szig}} = 0,058\text{ J/m, s, K}$$

a fűtendő helyiség hőmérséklete:

$$t_b = t_{\text{fent}} = 12\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Az ernyő jósága:  $y = 0,9$



Számítsuk ki a (40.28/a) és (40.28/b) összefüggésekkel a fűtőközeg hőmérséklet és a közepes hőmérséklet viszonyát, alakulását.

Ne feledjük, hogy a számításnál figyelembe veendő  $\alpha_{konv}$  és  $\alpha_{sug}$  értéke a (40.2/a) összefüggés szerint alakul!

A fűtőközeg és a közepes ernyőhőmérséklet összefüggését a 40.24. ábra mutatja.

Az ábrából:  $\vartheta_{köz} = 59^\circ\text{C}$

Így az  $\alpha_b = \alpha_{sáv}$  értéke:

$$\alpha_{konv,sáv} = 1,28 \cdot \sqrt[4]{59} = 3,56 \text{ J/m}^2, \text{ s, K}$$

$$\alpha_{sug,sáv} = C_K \cdot b_{sáv} =$$

$$= 5,23 \frac{\left(\frac{344}{100}\right)^4 - \left(\frac{285}{100}\right)^4}{59} = 6,43 \text{ J/m}^2, \text{ s, K}$$

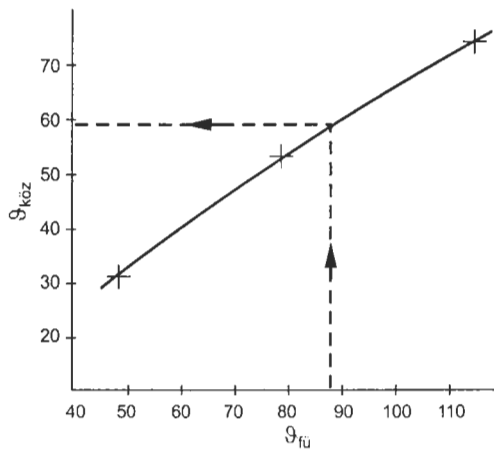
$$\alpha_b = 3,56 + 6,43 = 9,99 \text{ J/m}^2, \text{ s, K}$$

$\alpha_{fent}$  értékét felvesszük [25] alapján:

$$\alpha_{fent} = 10,6 \text{ J/m}^2, \text{ s, K}$$

Bármely egyéb sávfűtésnél ugyanezt az összefüggést használhatjuk!

Az „ $\alpha_{fent}$ ” érték is ellenőrizhető a már ismert összefüggésekkel!



40.24. ábra. Fűtőközeghőmérséklet és közepes ernyőhőmérséklet összefüggése

A szigetelés vastagságának és hővezetési tényezőjének figyelembevételével:

$$\kappa_{fent} = \frac{l}{\frac{l}{\alpha_{fent}} + \frac{\delta_{szig}}{\lambda_{szig}}} = \frac{l}{\frac{l}{10,6} + \frac{0,03}{0,058}}$$

$$\kappa_{fent} = 1,63 \text{ J/m}^2, \text{ s, K}$$

A szigetelés felső felületének közepes túlhőmérséklete:

$$\vartheta_{köz, fent} = \frac{\kappa_{fent}}{\alpha_{fent}} \cdot \vartheta_{köz} = \frac{1,63}{10,6} \cdot 59 = 9,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

5. LÉPÉS: Az ernyő fajlagos hőleadása

5. LÉPÉS: Az ernyő fajlagos hőleadása lefelé:

$$\dot{q}_b = \alpha_b \cdot \vartheta_{köz} = 9,999 \cdot 59 = 589,41 \text{ J/m}^2, \text{ s}$$

Az ernyő fajlagos hőleadása felfelé:

$$\dot{q}_{fent} = \kappa_{fent} \cdot \vartheta_{köz} = 1,63 \cdot 59 = 96 \text{ J/m}^2, \text{ s}$$

Az összes fajlagos hőleadás:

$$\dot{q}_\Sigma = \dot{q}_b + \dot{q}_{fent} = 589,41 + 96 = 685,4 \text{ J/m}^2, \text{ s}$$

6. LÉPÉS: Az ernyő szélessége

6. LÉPÉS: Az ernyő szélessége:

Ez lehet katalógus adat, vagy a gyártási részletrajz alapján kiadódik.

$$s = 0,846 \text{ m}$$

7. LÉPÉS: A folyóméterenkénti fajlagos hőleadás

7. LÉPÉS:

$$\dot{q}_{\text{ö, fm}} = \frac{\dot{q}_{\text{ö}}}{s} = \frac{685,4}{0,846} \approx 810,16 \text{ J/m, s}$$

8. LÉPÉS: A szükséges ernyőhosszúság

8. LÉPÉS:

$$L = \frac{\dot{Q}_{TR}}{\dot{q}_{\text{ö, fm}}} = \frac{232000}{810,16} = 286,2 \approx 287 \text{ fm}$$

9. LÉPÉS: Geometriai elrendezés

9. LÉPÉS: Mivel a csarnok alapterülete 40 x 20 m, 8 sávban helyezzük el az ernyőket, egy-egy sávban  $\frac{287}{8} = 36 \text{ fm}$  ernyőt kell elhelyeznünk.

36 fm ernyő lead:

$$36 \times 810,16 = 29165 \text{ J/s hőmennyiséget.}$$

Egy-egy ernyőben 4 cső halad, így egy cső

$$\frac{29165}{4} = 7291 \text{ J/s}$$

hőáramot képvisel.

10. LÉPÉS: A méretezés ellenőrzése a gőzszállító csővezeték oldaláról

10. LÉPÉS: Visszalapozva kötetünk „Gőzfűtések” c. fejezetéhez, beláthatjuk, hogy félíg telt 1/2" méretű kondenzvezeték 5% lejtés mellett 4660 J/s hőáramot szállíthat, ezért a 36 m hosszúságú ernyőket 3 db 12,0 m hosszú darabból készítjük. Lejtés: 5‰.

Felfüggesztendő 3,0 m-enként.

**Készítendő: 24 db 12 fm hosszú ernyő, elhelyezendő 8 sávban, 36,0 m hosszúságban.**

#### 40.5.5. Nagyhőmérsékletű, kis tehetetlenségű sugárzó fűtések

E fűtések az eddigi elméleti ismeretek birtokában a gyártó cégek katalógusai és egység-teljesítmény adatai birtokában méretezhetők, a kötet szűkre szabott keretében nincs szükség példa ismertetésére.

**Irodalom**

A 36–45. fejezet irodalomjegyzékét lásd egyesítve a 45. fejezet után!

## 41. Légfűtések

A fűtési rendszerek 39.54. ábrán bemutatott sorrendjében a „tisztá konvekciós” fűtések képviselője természetesen a légfűtés, míg a „legtisztább sugárzó” fűtés a nagyhőmérsékletű, mennyezetre helyezett sugárzó fűtőtest.

„A sugárzó fűtések néhány elméleti kérdése” c. fejezetben világosan felsoroltuk, hogy melyek a légfűtés hátrányai a sugárzó fűtéssel szemben, így itt már mellőzzük az összehasonlítás leírását. Ha visszalapozunk e fejezethez, és kissé elmélyedve az ott leírtakban elemezzük az energetikai kérdéseket, talán azt is joggal megkérdezhetjük: miért foglalkozunk egyáltalán a légfűtésekkel. A részletes választ már megfogalmaztuk a „Központi fűtések” c. fejezetben, ahol elemeztük a vízközegű, gőzközegű és a levegő hőhordozóval működő fűtéseket. Összefoglalva röviden itt annyit mondhatunk, hogy természetesen a szellőzési igény, a gyors felfűtést nyújtó, fagyveszélymentes, esetleg szakaszos, vagy ideiglenes rendszerek, valamint a nyári klimatizálással, légkondícionálással egybeépített megoldások mindenképpen bizonyítják a légfűtések szükségességét, és emiatt a korszerű fűtéstechnika tárgyalása során feltétlenül foglalkoznunk kell a légfűtések kérdéseivel is. A fejezet azonban önmagában nyilvánvalóan csonka, mert

- nem tartalmazza az elemek kiválasztását és a rendszerek méretezését,
- csak utalásokat tesz a szabályozásra,
- nem foglalkozik a kapcsolódó szabványokkal, előírásokkal, szabályzatokkal,
- kiragadott alkalmazási példákkal dolgozik.

Mindezen hiányokat értelemszerűen a „Légtechnika” kötet pótolja majd.

### 41.1. Légfűtések osztályozása

Az előbbieket értelmében az első, legfontosabb osztályozási szempont a **kizárólagosság**, azaz az, hogy

- kizárólagos légfűtésről, vagy
- valamely egyéb fűtéssel együttesen alkalmazott légfűtésről van-e szó.

A következő lehetőség a **működtetés**, és ezek szerint megkülönböztetünk:

- gravitációs (természetes) és
- mesterséges (ventilátoros) légfűtéseket.

A **hőfejlesztés helye** szerint ismerünk olyan légfűtő készülékeket,

- ahol az energiahordozó (gáz, olaj, villamos energia) vagy füstgáz-levegő (égéstermék-levegő) hőcserélőben közvetlenül melegíti fel a levegőt, valamint
- olyan légfűtő rendszereket, ahol a levegő hőmérsékletét hőhordozó közeg (melegvíz, forróvíz, gőz) növeli a kívánt mértékben.

A **meleg levegő előállítás helye és elosztása szempontjából** megkülönböztetünk:

- helyi és
- központi légfűtő rendszereket\*

Végül a **levegő visszaforgatásának szempontjából** a légfűtő rendszerek működhetnek

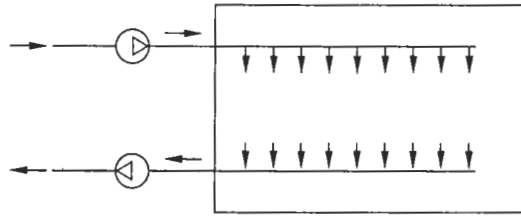
- tisztán belső,
- kevert belső és külső, valamint
- tisztán külső levegő keringetésével.

Ez utóbbi változatokat a **41.1. ábrán** mutatjuk be. A tiszta friss levegőáram mértékét a keletkező koncentrációk és szükséges hígítások ismeretében kell eldönteni. A friss és vissza-kevert levegő arányát azután nyilvánvalóan az energetikai szempontok figyelembevételével kell megállapítani.

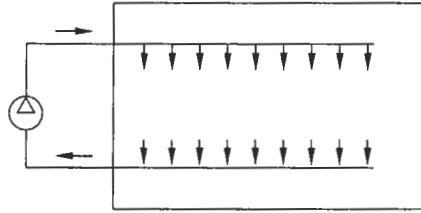
Itt kell nyomatékosan megjegyeznünk, hogy a „Légfűtések” témakörének egész elméleti és tudományos megalapozását, az elemek és a rendszerek méretezését, a szükséges és elegendő friss levegő számítását, a koncentrációk hígítását sorra-rendre sorozatunk „Légtechnika” c. kötetében tárgyaljuk majd. Ezért itt azt a módszertani megoldást választottuk, hogy jellegzetes példák, gyakorlati megvalósításokon mutatunk be néhány olyan, a tipikus fűtéstechikai feladatokhoz szorosan kapcsolódó szerkezeti megoldást, ahol a fűtési sajátosságot érdemes megemlítenünk.

E példákat az elsődleges osztályozási szempont: a kizárólagos, illetve kombinált légfűtések figyelembevételével soroljuk fel, de mindig megemlítjük a többi besorolási szempontot is.

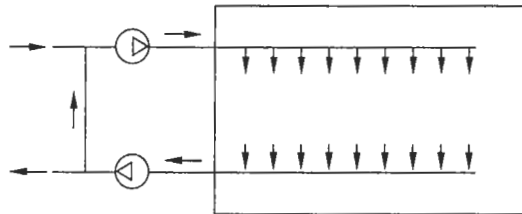
\* Ebből a szempontból egészen különleges helyet foglalnak el a hordozható légfűtő készülékek. (E definíciók tanulmányozásakor lapozzunk vissza kötetünk „Fűtések csoportosítása” c. fejezetéhez, annak érdekében, hogy a teljes fűtéstechikai felosztási sorba való beilleszkedést megérthessük.)



Szellőztetés külső levegővel



Szellőztetés belső levegővel



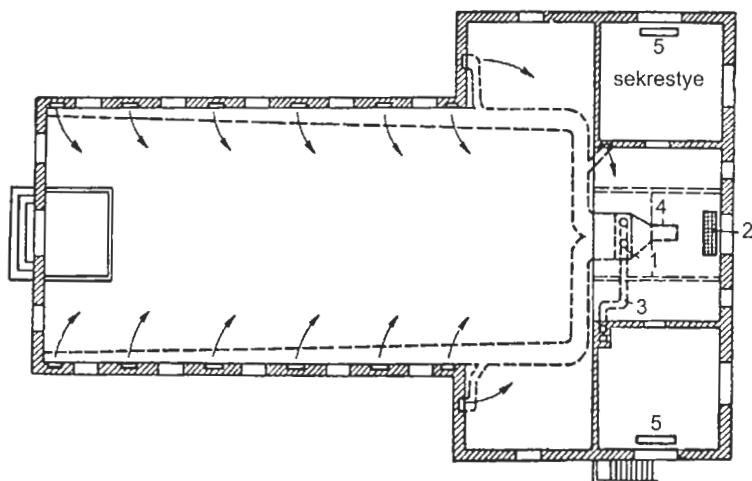
Szellőztetés belső és külső levegő keverésével

41.1. ábra. Légfűtő rendszerek osztályozása a forgatott levegő szempontjából

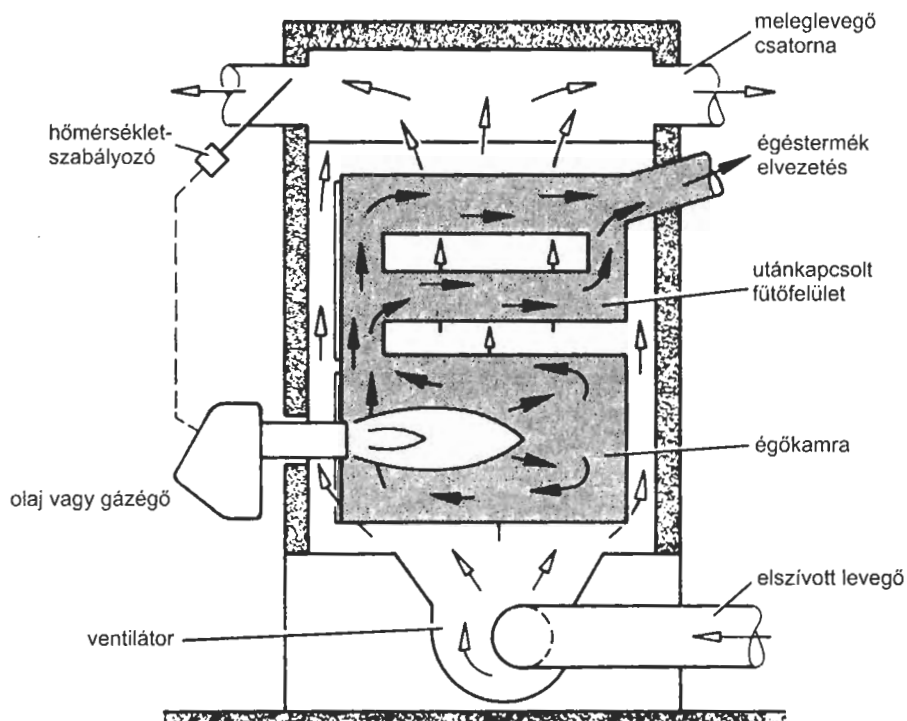
## 41.2. Kizárólagos légfűtések

### 41.2.1. Alkalmazási példák és megoldások

A kizárólagos légfűtés a már említett csarnok-jellegű helyiségek szakaszos, vagy időszakos temperálására alkalmas megoldás. Ilyen lehet például egy *templom* (esetleg utólagosan beépített) fűtése (41.2. ábra) [30]. A megoldás értelemszerűen azonosan alkalmazható kiállítási- és tornacsarnokokban, és más, hasonlóan nagy terekben. Egy tipikus szerkezeti kialakítást a 41.3. ábrán láthatunk.



41.2. ábra. Templom gáz vagy olajalapú légfűtése [30]  
 1 – gázfűtésű hőlégfűvő; 2 – távozó levegő; 3 – égéstermék elvezetés; 4 – ventilátor;  
 5 – egyedi gázfűtő készülék

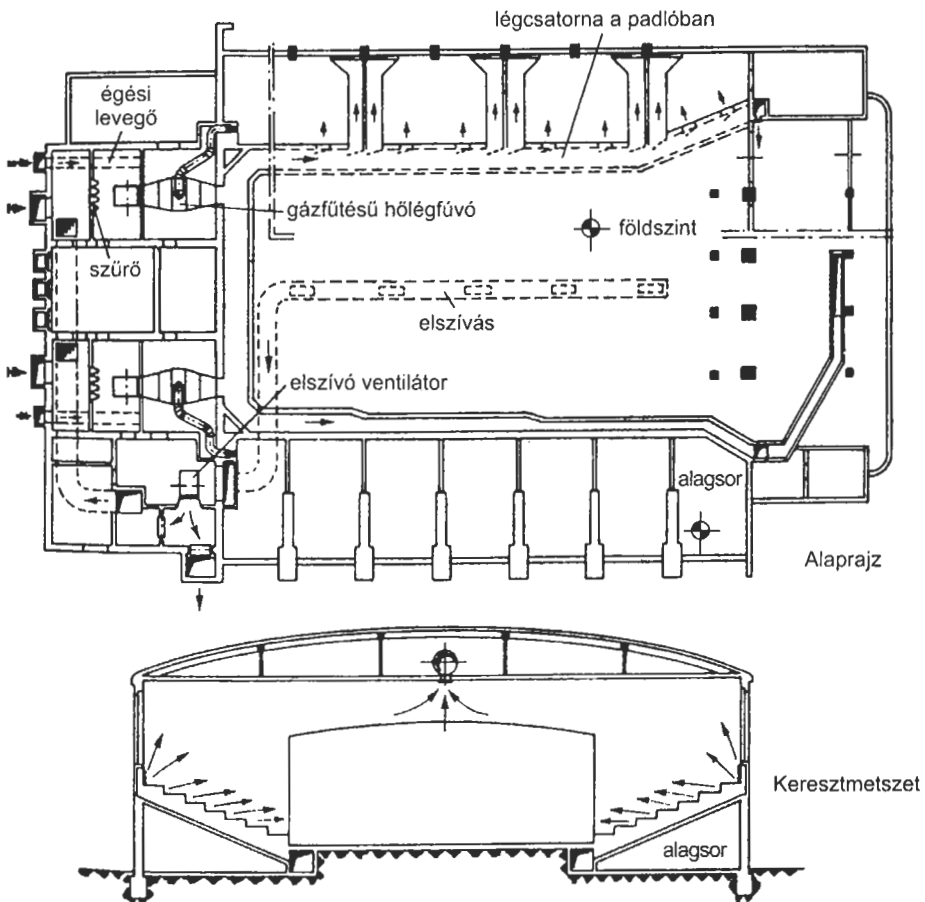


41.3. ábra. Hőlégfűvő elvi megoldása [7]

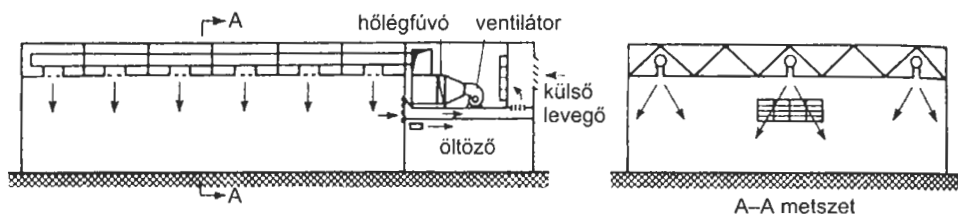


A légfűtések alkalmazásának egy másik, egész külön, korszerű területét jelenti a *nagy parkolóházak* belső légállapotának megoldása. Különösen gazdaságos ez a lehetőség, ha hulladékhővel, vagy tisztább terekből visszaszívott levegővel oldjuk meg a parkolók levegőjének előmelegítését. Ide sorolhatjuk az *autómosó helyiségek*, *kapcsolódó javítóműhelyek*, és az *esetleges olajtároló helyiségek* fűtését is. Ha e fűtést megvizsgáljuk az előbbiekben felsorolt osztályozási szempontok szerint, akkor azt tapasztaljuk, hogy **mesterséges** (ventilátoros) **központi** rendszerről van szó, **közvetlen fűtéssel**, (az energiahordozó lehet olaj vagy gáz), és **szervezetten csak belső** levegőt keringetünk.

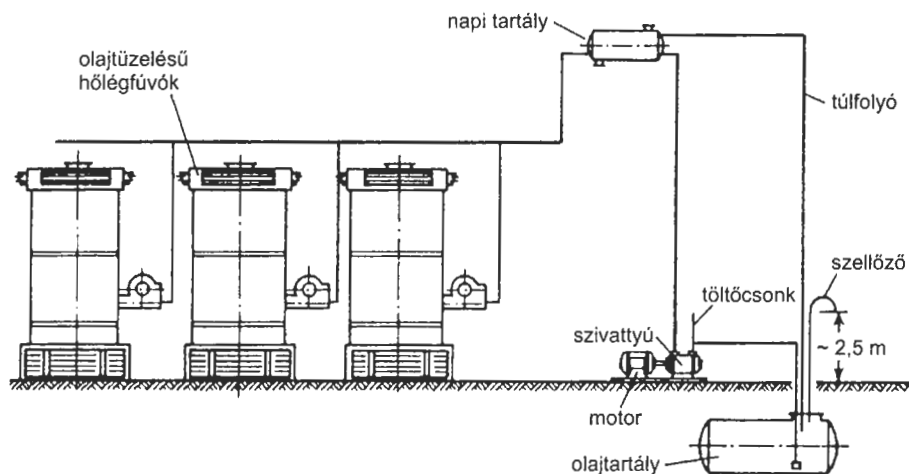
Ugyanílyen megoldást mutat be *lelátó, tornaterem, esetleg sportcsarnok* fűtésére immár **külső-belső kevert** levegővel a 41.4. és 41.5. ábra [30].



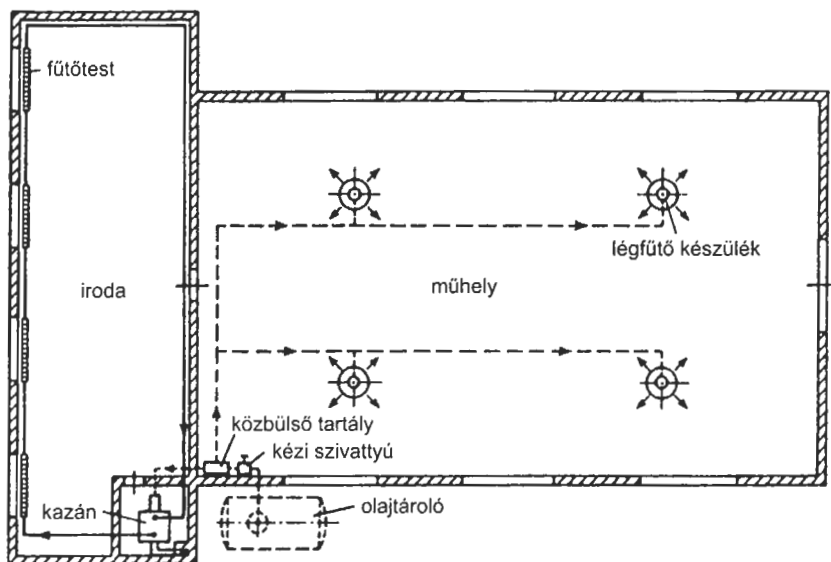
41.4. ábra. Kisméretű sportcsarnok légfűtése [30]



41.5. ábra. Tornacsarnok légfűtése [30]



41.6. ábra. Központi olajellátás – egyedi hőlégfűvők [30]

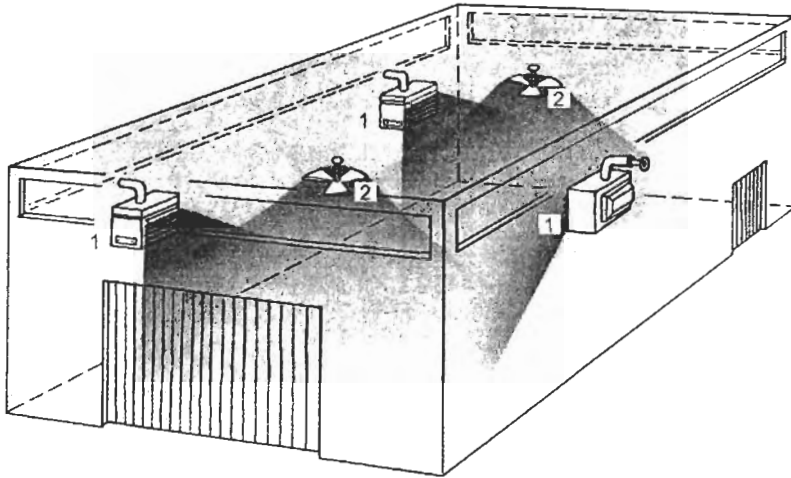


41.7. ábra. Egyedi hőlégfűvők [30]

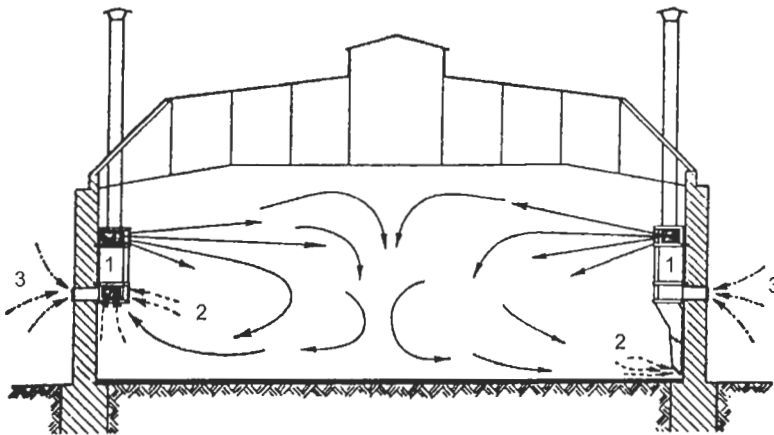
A kizárólagos légfűtés, *ventilátorral* ellátott *közvetlen fűtésű készülékekkel* megoldható *helyi fűtés* formájában is, amennyiben légszatórnat nem alkalmazunk (41.6. és 41.7. ábra) [30]. A 41.7. ábra egyben *iroda- és mőhely* kapcsolatát is ábrázolja.

A rendszer egyébként általában értelemszerűen *csarnokok, mőhelyek* fűtésére alkalmazható. E megoldással azonban a meleg levegőpárna ellenőrizhetetlenül megtölti a csarnok mennyezete alatti teret, és így jelentős többlet hő-és energiavesztés jelentkezik. E jelenség részleges megoldására ma a hőlégfűvők zsalu beállításával, valamint a földem alatt elhelyezett, bizonyos mértékű keveredést előidéző ventilátorok beépítésével törekszenek (41.8. ábra) [60].

Másik esetleges megoldás a szervezett visszazívás alkalmazása (41.9. ábra).



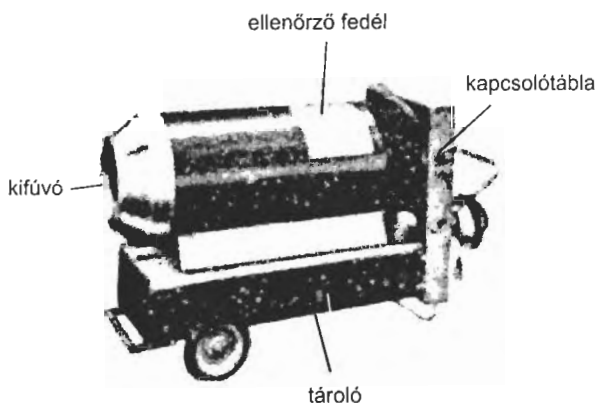
41.8. ábra. Tetőventilátorok alkalmazása [60]



41.9. ábra. Szervezett visszazívás alkalmazása [30]

1 – levegő befűvása; 2 – belső levegő visszazívása; 3 – külső, friss levegő beszívása

A helyi fűtés sajátos megjelenése és alkalmazása a **hordozható rendszer**. Ezeket általában szárítási célra, pl. *új épületek kiszárítására* alkalmazzák. A füstgázok itt keverednek a levegővel, és a keveréket fűjük a fűtendő térbe. Zárt terekben a CO tartalom így természetesen veszélyes lehet, ennek eldöntése minden esetben vizsgálatot, elemzést igényel. Egy lehetséges gyártmányt a **41.10. ábrán** látható kép mutat. Ez az ábra is az ún. hőlégfűvők családjába tartozik.



41.10. ábra. Hordozható olajtüzelésű hőlégfűvő [30], [60]

#### 41.2.2. Gáz- és olajtüzelésű hőlégfűvők, léghevítők

E készülékekben a ventilátor és motorja, a hőcserélő és a gáz- vagy olajégő megfelelő egységet alkotva, lemez házban foglal helyet. Igen változatos elrendezésben: szabadon álló, illetve falra, mennyezetre szerelhető kivitelben kapható. Kivitele lehet „szabad” kifűvás, és csatlakoztathatunk hozzá légcsatnát is. Igen nagy előnye, hogy kazánházra, vagyis általában melegvíz, vagy gőz előállítására nincs szükség, könnyű, egyszerű és aránylag kis beruházási költséget igénylő szerkezet. Alkalmazására már láttunk példát a 41.2. és a 41.3. ábrán.

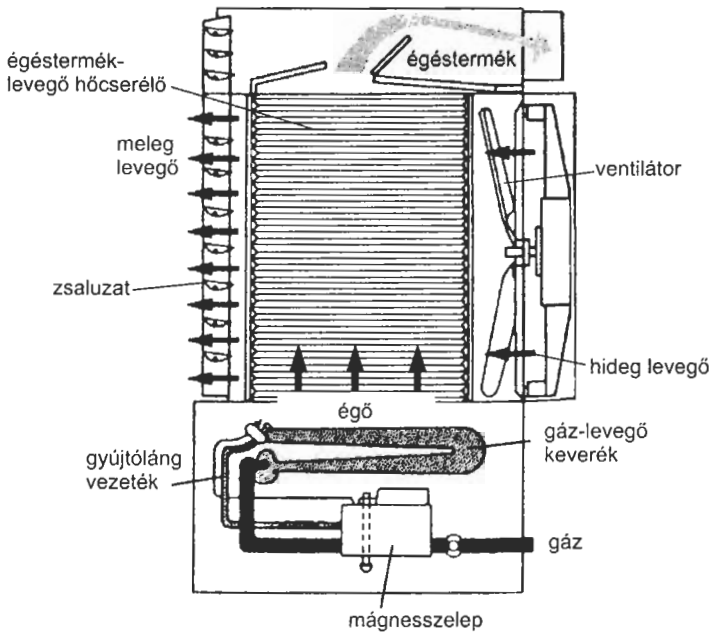
#### 41.2.3. Gáztüzelésű megoldások

A hőcserélők általában csöves, vagy táskás kivitelűek. A csövek vagy táskák belső felülete mentén az égéstermék, a külső felület mentén pedig ezzel keresztáramban a levegő áramlik. E különleges hőcserélők készülnek öntöttvasból is, külső-belső oldalon bordákkal, vagy tükkal megnövelt felülettel. A gázégők, a gázoldali ellátás és szabályozás szerkezetei, és a kémény megoldása természetesen külön fejezetet igényel (ld. kötetünk „Gázellátás” és „Égéstermék elvezetés” c. fejezetei).

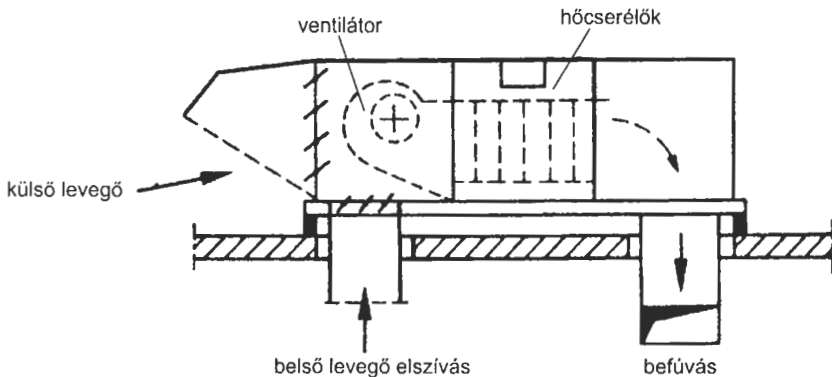
Két jellegzetes példát a **41.11. és a 41.12. ábrán** mutatunk be. A készülékek teljesítményhatára 20–120 kW. A légszállítás 1500–10.000 m<sup>3</sup>/h között változik. A levegő hőmérsékletét kb. 40 K fokkal növeli meg a készülék. A teljes rendszer szabályozása általában kétpontszabályozással, ki- és bekapcsolással oldható meg, jól elhelyezett helyiséghőmérséklet érzékelő működtetésével. Néha égéstermék-hőmérséklet szabályozót is alkalmaznak, ez az égéstermék hőmérsékletét meghatározott értéken (pl. 180 °C) tartja, és így ezzel

átlagosan 80...85% hatásfok érhető el. Az egyenletes befűvási hőmérséklet elérésére a légtechnikából jólismert keverőcsappantyúkat, megkerülő levegőjáratot, stb. alkalmaznak.

A világ és hazánk jelenlegi energiahelyzetében minden fűtési lehetőséget folyamatosan értékelnünk kell energiagazdálkodási szempontból is. A tárgyalt megoldás előnye, hogy az elosztási, felfűtési, üzemszüneti veszteségek aránylag kicsik, de természetesen, ahogy már annyiszor említettük e jegyzetben, a csarnokok nagy belmagassága miatt felszálló meleg levegő a hőveszteséget növeli, és adott esetben jelentősen növelheti.



41.11. ábra. A fűtőlevegő előállítása atmoszférikus égővel és axiálventilátorral (Heylo) [30]



41.12. ábra. A fűtőlevegő előállítása kültéri egységben, a tetőn (ITT-Reznor) [30]

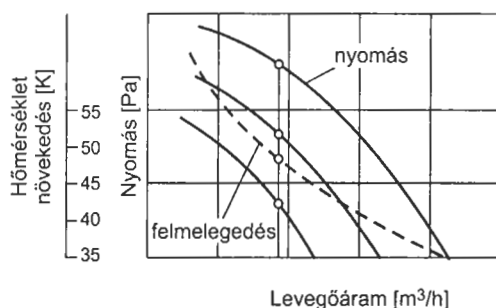
#### 41.2.4. Olajtüzelésű megoldások

Hasonlóan a gázzal fűtött készülékekhez, az olajtüzelésű léghevítő alkotóelemei az alábbiak:

- az égő, a szükséges szabályozási és biztonságtechnikai rendszerekkel ellátva. Általában könnyű olajokat alkalmazunk. (Az olajok tulajdonságait, jellemzőit, besorolását, elnevezését az „Alapismeretek” kötet „Tüzeléstechnika” c. fejezetében tárgyaljuk, az olajégőket a tüzelőberendezések sorában ismertettük.);
- az égőkamra, ez többnyire különleges öntvényből, vagy rozsdamentes acélból készül;
- a hőcserélő, mely lehet csöves vagy táskás kivitelű, és általában króm-nikkel acélból készül;
- a ventilátor, amely lehet axiál- vagy centrifugál ventilátor;
- füstgáz elvezető csötoldat, mely rendszerint acéllemez alapanyagú;
- a burkoló ház, melynek belső oldala értelemszerűen jól szigetelt. E szigetelések méretezése, kivitele és megoldása igen fontos feladat.

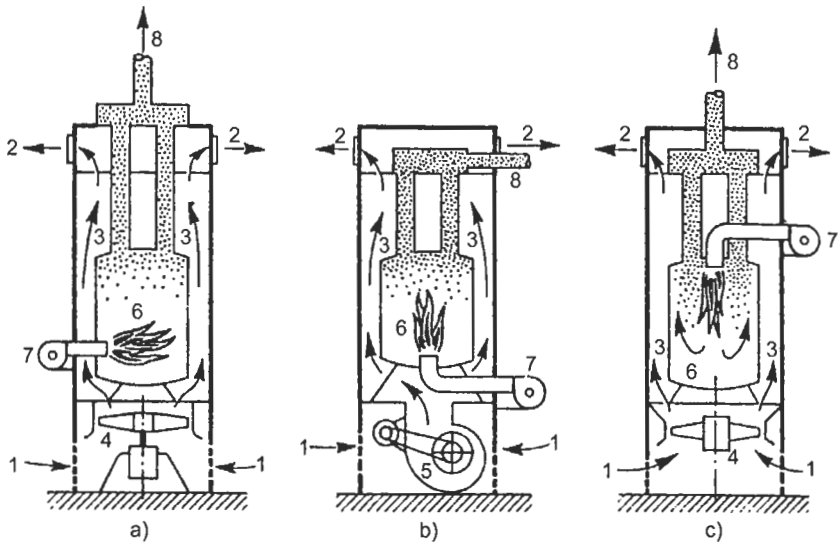
A környezetvédelmi követelményrendszer ma már nem engedi meg a sok kis kéménykivezetést. Ezért korlátozott az ilyen hőlégfűvők alkalmazása, hiszen a nagy, központi kémény inkább a központi kazánház építésének gondolatát veti fel.

A névleges teljesítmény 12–120 kW között változik, a keringetett levegőáram 800–8000 m<sup>3</sup>/h körül mozog. Vannak azonban egészen nagy, 200–1200 kW teljesítményű készülékek is, itt a légszállítás akár 80.000 m<sup>3</sup>/h is lehet. A lég hőmérséklet növelés a gáztüzelésű készülékekhez hasonlóan ez esetben is kb. 40 K értékű. Ennek az összefüggésnek a vizsgálatára a kézikönyvek a **41.13. ábrához** hasonló eligazítást bocsátanak a tervezők rendelkezésére.



41.13. ábra. Hőlégfűvő jelleggörbéi 3 fordulatszámon, állandó tüzelőanyag árammal [30]

Olajtüzelésű léghevítők lehetséges kialakítását mutatja a **41.14. és 41.15. ábra**. Alkalmazási példát pedig a 41.6. és 41.7. ábrán már mutattuk. A gazdaságossági kérdések ugyanúgy megvizsgálandók, mint a gázfűtésű léghevítők esetében.

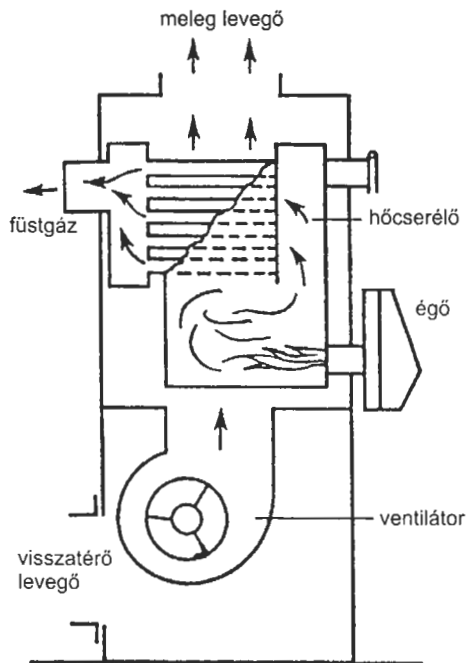


41.14. ábra. Olajtüzelésű hőlégfűvő változatai [30]

a) Axiálventilátor és vízszintes lángtengely; b) Centrifugál ventilátor és függőleges lángtengely;

c) Axiálventilátor és bukó helyzetű égő

- 1 – hideg levegő beáramlás; 2 – fűtött (meleg) levegő kiáramlás; 3 – a levegő felmelegedésének útja;  
 4 – axiálventilátor a levegő mozgatására; 5 – centrifugál ventilátor a levegő mozgatására; 6 – égőkamra;  
 7 – égőfej; 8 – távozó füstgáz



41.15. ábra. Olajtüzelésű, álló helyzetű hőlégfűvő, különféle fűtőcsövekkel 20–50kW teljesítményekhez [7]

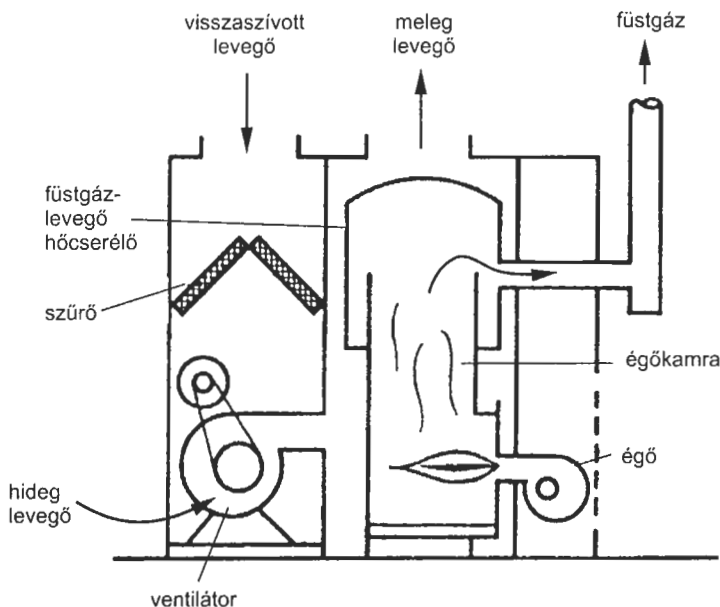
### 41.3. Gáz- és olajtüzelésű léghevítők alkalmazása lakások fűtésére

A lakások, családi házak, kisebb irodák és hasonló létesítmények fűtésére kisméretű meleg levegő befűvő készülékeket is gyártanak\*. A készülék az eddigiekhez hasonlóan **lemezházba** épített **ventilátor**, **motor**, **szűrő**, **hőcserélő** egységből áll. A hőcserélő, mint a készülék legfontosabb eleme, általában öntöttvas, vagy acéllemez alapanyagú. Utóbbi esetben a felület korrózió ellen védett, vagy rozsdamentes acélt kell alkalmazni. E készülékeket általában geometriai helyzetük szerint osztályozzuk, és így ismerünk:

- álló és
- fekvő helyzetű készülékeket.

Álló helyzetű készüléket mutat példaként a **41.16. ábra**. A készülék helye a földszinten bármilyen nyitott vagy zárt kamrában kialakítható, de elhelyezhető a berendezés a tetőtérben is.

Ezek a megoldások igen jellemzőek az Amerikai Egyesült Államokban, ahol az építési és fűtési felfogás eltér az európai hagyományoktól. Ennek sok oka van, kezdve a nagyon változatos éghajlati viszonyokkal, folytatva a klímaberendezések nagymértékű elterjedésével és a rendelkezésre álló nyersanyagforrásokkal. Ez az elemzés természetesen nem tartozik

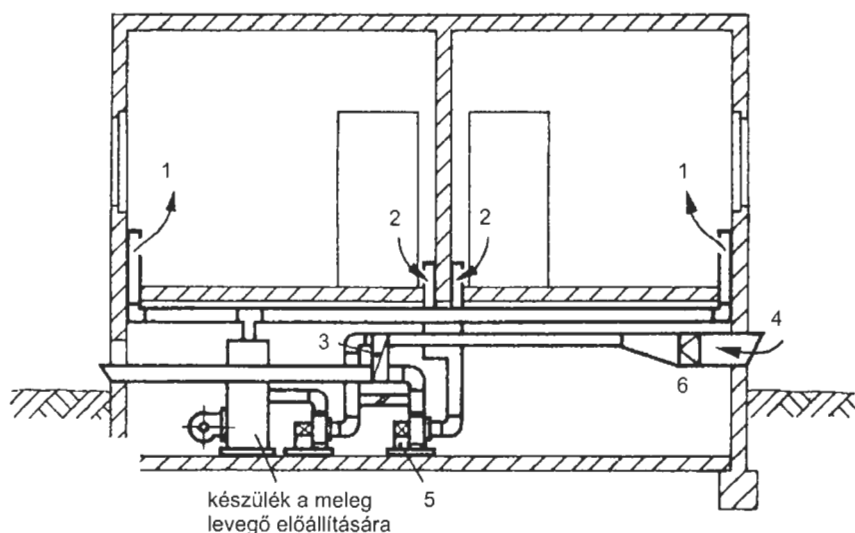


41.16. ábra. Olajtüzelésű hőlégfűvő lakásfűtés céljára (amerikai minta) [30]

\* Ez a fűtési mód Magyarországon és a környező országokban nem terjedt el, ezért nincs a készüléknek megfelelő magyar neve. Németül „Warmluftautomaten” a helyes kifejezés, az angolszász nyelvterületen pedig különféle kereskedelmi jellegű rövidítéseket, mozaikszavakat használnak a rendszer megjelölésére.



kötetünk keretébe, de annyit meg kell jegyeznünk, hogy a világ ma annyira nyitott, a távolságok olyan gyorsan áthidalhatók, és a mai műszaki társadalom számára oly sok lehetőség kínálkozik, hogy vázlatosan ismernünk kell a tőlünk messze uralkodó szokásokat is.

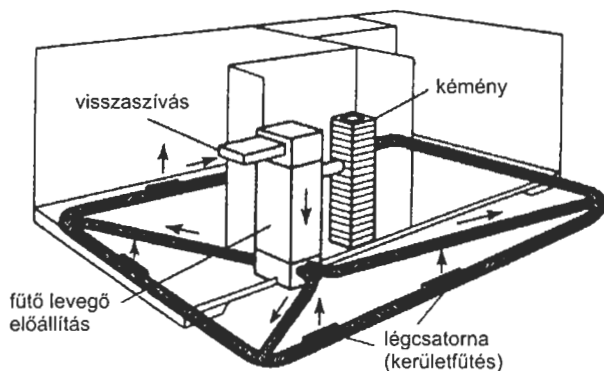


41.17. ábra. Családi ház légfűtése hővisszanyerő beépítésével

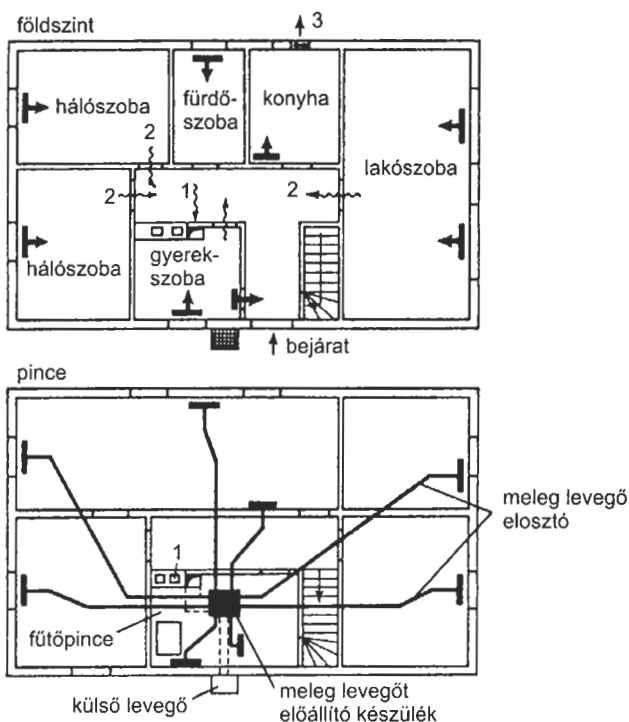
1 – befűvás; 2 – elszívás; 3 – hővisszanyerés; 4 – külső levegő; 5 – ventilátor; 6 – szűrő

Hasonló rendszert mutat a 41.17. ábra. Itt azonban **hővisszanyerőt** is találunk, ami a korszerű megoldásoknál elengedhetetlen. Ily módon a konyhákból és egyéb mellékhelyiségekből visszaszívott levegő is hasznosítható. A hővisszanyerés a korszerű légtechnika nélkülözhetetlen és sokféle megoldásban rendelkezésre álló, állandóan fejlődő eleme. A kapcsolatos kérdéseket részletesen a „Légtechnika” kötet tárgyalja majd. Érdekességgént bemutatjuk még a 41.18. és 41.19. ábrát is. Itt szintén alapincézett megoldásokat látunk, a meleg levegőt különféle elgondolások szerint vezetjük az egyes befűvónyílásokhoz. Az ábrákra tekintve megérthetjük, hogy a lakások légfűtését a következő szempontrendszer szerint is szokás osztályozni:

- légszatórna nélküli rendszer (41.16. ábra),
- kerületen elosztott légszatórnával megoldott rendszer (41.18. ábra),
- sugaras légszatórna rendszer (41.19. ábra).



41.18. ábra. Alápinceszeten családi ház légfűtése. A meleg levegő csatornája a padlóban halad [30]



41.19. ábra. Alápinceszett családi ház fűtése meleg levegővel [30]

1 – visszaszívás a léghevítőhöz; 2 – visszaáramlás az egesz szobákból; 3 – kifűvés a szabadba

A fekvő elrendezés elve teljesen hasonló, de elhelyezhető a mennyezet alatt, a kis belmagasságú padlás- vagy pincetérben, alagsorban is. Megemlítjük, hogy 40–50 évvel ezelőtt igen divatos volt még a *szilárd tüzelésű léghevítő* is, a szerkezeti megoldás tehát elvileg létezik, de ma már nem használják.

## 41.4. Villamos fűtésű léghevítők

Igen kis teljesítmények (1–3 kW, ritkán max. 15 kW) esetében és kizárólag szakaszos jellegű fűtésre alkalmazzák abban az esetben, ha egyéb megoldás nem áll rendelkezésre. A készülék lemezházban elhelyezett villamos fűtőtestből és ventilátorból áll.

A villamos fűtőtest lehet:

- nikkel- vagy krómötvözetű ellenállás huzal, szabadon tekercselve, vagy kerámia betétben elhelyezve, vagy
- magnézium- ill. kvarc masszába öntött réz- vagy acélhuzalból készített fűtőrúd. Az érintésvédelemre és biztonságtechnikára a gyártó cégek fokozottan ügyelnek, de az üzemeltetésnél a tűzveszélyre is gondolnunk kell, mert a fűtőelemek felületi hőmérséklete 400–600 °C is lehet. Ugyanezért a kivételesen nagy teljesítmények (15 kW és e felett) esetében a ventilátorral utóhűtést is alkalmazni kell.

E készülékeket általában ki- és bekapcsolással, többlépcsős levegő-előmelegítéssel, vagy nagyobb teljesítményeknél tirisztorral (szilícium- egyenirányítóval) szabályozzák. A villamos légfűtés gazdaságos, és ezért az utóbbi időben elterjedőben lévő formája a **tárolós fűtés**. Templomok, kiállítási csarnokok fűtésére alkalmas oly módon, hogy olcsó éjszakai árammal felfűtik a kerámia alapanyagú tárolókamrát kb. 650 °C-ra. A levegőt a ventilátor e tárolótömbön fújja át, így az max. 60...80 °C-ra melegszik. A rendszer teljesítménye a felfűtési és a hasznosítási idő viszonyától függ. Felhívjuk a figyelmet arra, hogy a tárolótömb helyigénye nagy, kb. 80–120 dm<sup>3</sup>/kW kapcsolási teljesítmény, és a tömeg is tekintélyes, 70–110 kg/kW. A gyártó cégek megadják a kapcsolási teljesítmény, a légszállítás, levegőhőmérséklet és a geometriai- valamint súlyadatok összetartozó értékeit.

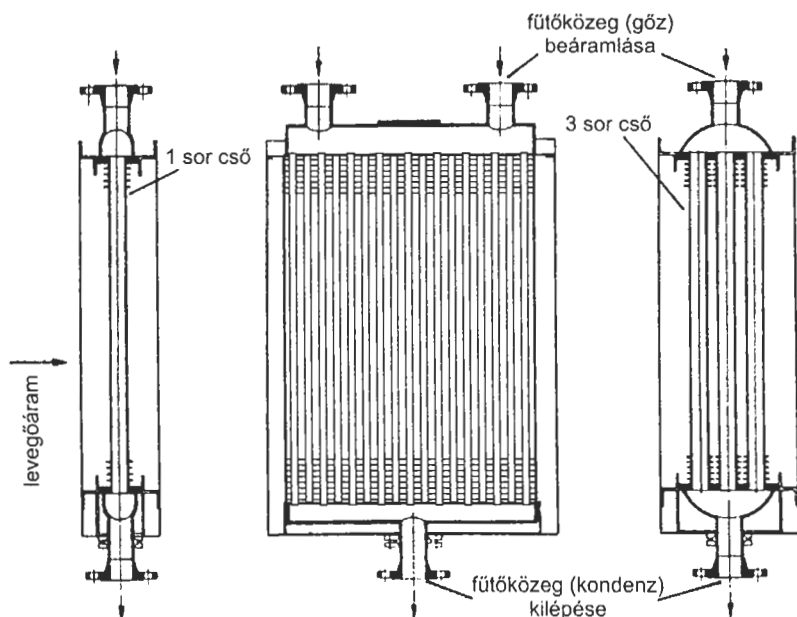
## 41.5. Gőz- és melegvízfűtésű léghevítők – Termoverilátorok

Kötetünk „Hőleadók, fűtőtestek” c. fejezetében igen tekintélyes helyet foglal el a különféle konvektorok, bordácsöves fűtőtestek, kaloriferek sora. Ezek lényegében mind gőzzel, meleg- vagy forró vízzel fűtött léghevítők. A bordázott oldalon a levegő gravitációsan, vagy ventilátorral kényszerítve áramlik. Ez utóbbiakról igen részletesen a „Légtechnika” kötet keretében is olvashatunk majd. Ezért itt most csak egy-két példát adunk az alkalmazásra, pusztán azzal a céllal, hogy emlékezetünket felfrissítsük, valamint hogy láthassunk klasszikus példákat az ilyen központi légfűtési megoldásokra.

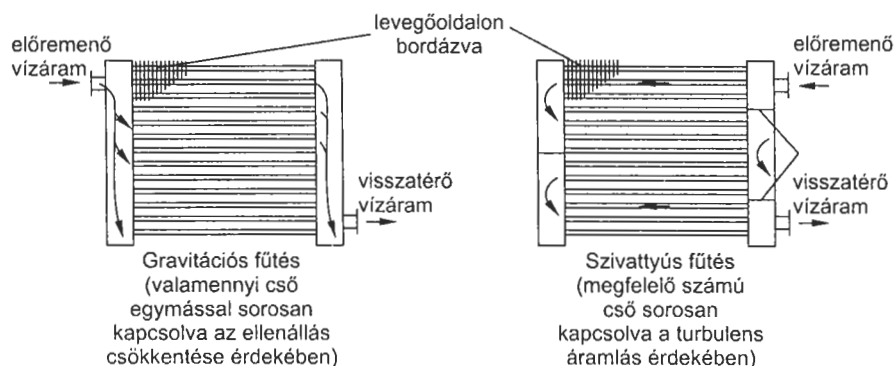
A lemezszelekre épített, gőzzel vagy melegvízzel fűtött léghevítő egységek magyar nyelvben meghonosodott neve: **termoverilátor**. Lényegében a gőzzel fűtött termoverilátorok az ipari jellegű létesítmények és az alárendeltebb helyiségek fűtésének döntő hányadát alkották a fűtéstechnika 40–50 évvel ezelőtti alkalmazott módszereinek sorában. Később a forróvíz távhőellátás elterjedésével e termoverilátorokat forróvízre állították át. Természete-

sen a sugárzó ernyőkhöz hasonlóan, a gőzáramlásra szolgáló csöveket egymással párhuzamosan, míg a forró víz áramlására szolgáló csöveket egymással sorosan kell kapcsolni.

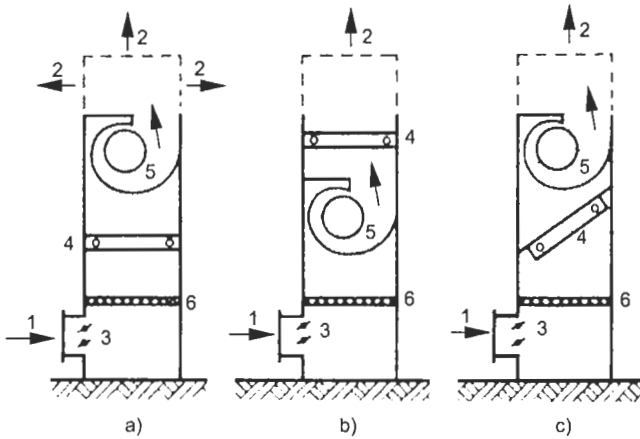
Ennek oka a megfelelő közegsebesség biztosításában és a víz esetében a turbulens víz-áramlás elérésében keresendő (41.20/a és b ábra).



41.20/a ábra. Gőzfűtésű termoventilátor – bordáscsöves fűtőtest



41.20/b ábra. Vízfűtésű termoventilátor fűtőeleme gravitációs és szivattyús fűtés esetén

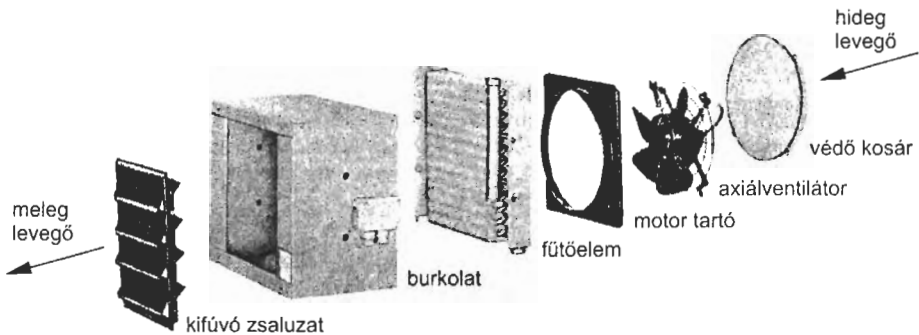


41.21. ábra. Termovenilátor változatok [30]

- a) Vízszintes helyzetű fűtőelem a szívó oldalon; b) Vízszintes helyzetű fűtőelem a nyomott oldalon; c) Ferde helyzetű fűtőelem  
 1 – hideg levegő beáramlás; 2 – meleg (fűtött) levegő kiáramlás;  
 3 – szabályozó csappantyú; 4 – légfűtő kalorifer; 5 – centrifugál ventilátor; 6 – szűrő

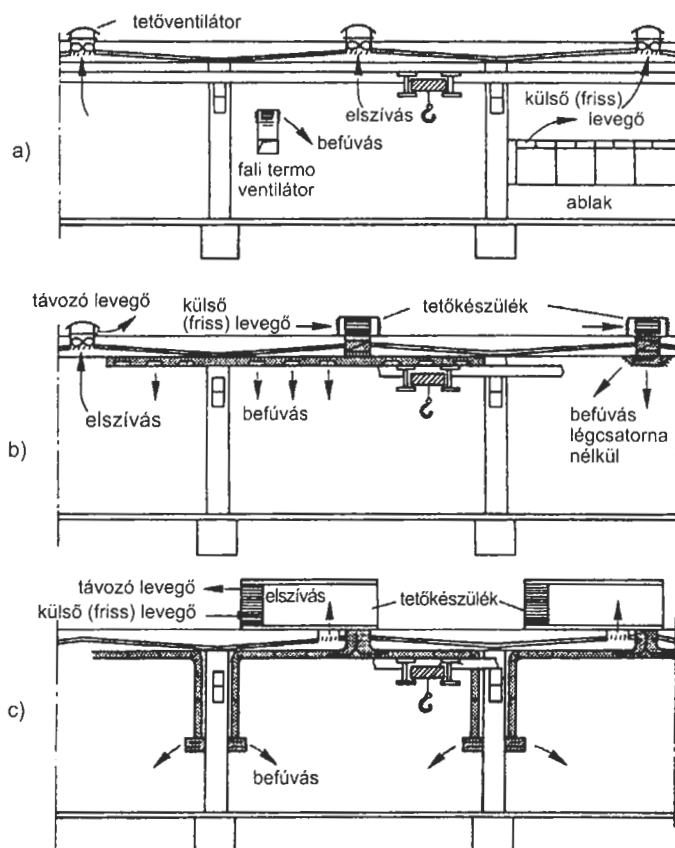
A termovenilátor lehetséges elrendezési változatait a 41.21. ábrán mutatjuk be. Természetesen gyorsan fejlődött az alkalmazott anyagok, szűrők, a ventilátorok és egyéb beépített elemek sora is. Így ma már a változatos fűtőközeg alkalmazással a forró- illetve melegvízfűtéssel, a legkülönbözőbb geometriai kialakítással, a változó teljesítmény- és légszállítási határokkal (mely 10...100 kW, és 2000...15.000 m<sup>3</sup>/h körül mozog), igen széleskörű lehet az alkalmazás.

A gyors szerelés, kis helyigény és modern készülékek esetén az esztétikus megjelenés sok esetben kínál ügyes és alkalmas megoldást. További tájékoztatásul közöljük a korszerű berendezések ún. „robbantott” ábráját (41.22. ábra) is.



41.22. ábra. Korszerű termovenilátor robbantott ábrája (Reznor). Valamennyi elem a legkülönbözőbb változatokban kapható (építőköcka-rendszer)

A termovenilátorok egyes típusaihoz is csatlakoztatható légcsatorna szakasz. Az így megoldott csarnokfűtésekre mutat példát a 41.23. ábra. A 41.23/c ábrán új és nagyon fontos elemet láthatunk. Korszerű csarnok légfűtés ugyanis egyfelől már nem képzelhető el **hővisszanyerés** nélkül, másrészt az energia-megtakarítás lehetőségének vizsgálata során sokat foglalkoznak azzal, hogy a meleg levegő befűvást a tartózkodási zóna közelében helyezték el.



41.23. ábra. Levegőáramlás gyártócsarnokban [30]

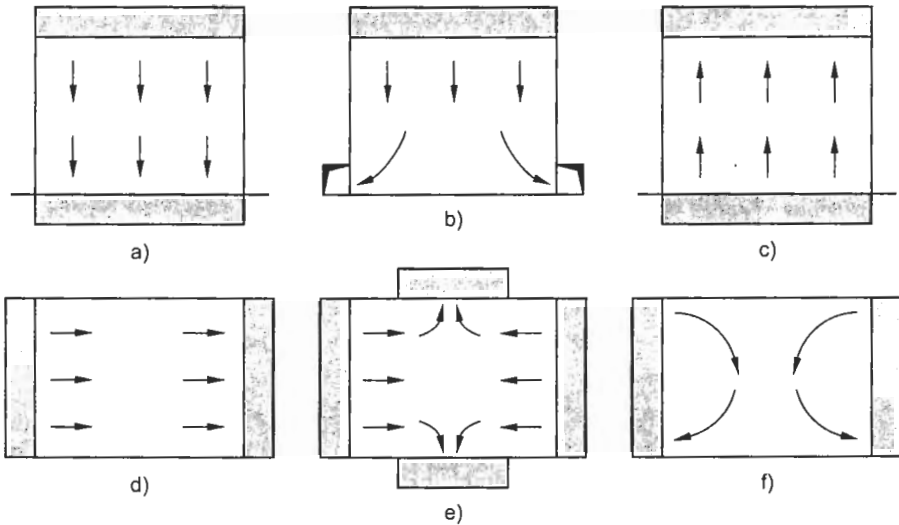
a) Elszívás tetőventilátorral, befűvés a termoventilátoron keresztül; b) Elszívás tetőventilátorral, befűvés tetőn elhelyezett termoventilátorral, légszűrővel; c) Elszívás és befűvés tetőn elhelyezett készülékkel

Ahogy már említettük, hővisszanyerő szerkezetek tárgyalását szintén a „Légtechnika” kötetben találjuk majd meg.

Itt fűtéstechikai vonatkozásban csak annyit mondanánk, hogy a hővisszanyerők 1 kW teljesítményre vetített fajlagos beruházási költsége 1,2–1,3-szorosa a beépítendő kazánteleg költségének. Ez vagy ehhez hasonló értéket kell új rendszereknél, vagy teljes felújításoknál figyelembe vennünk. Természetesen a megtakarított üzemeltetési költség miatt e beruházás megtérül [23], [24]. Lásd még „A fűtési rendszerek gazdaságossága” c. fejezetet is.

## 41.6. Légfűgönyök

A légfűgöny a légfűtések, illetve a hőlégfűvők egyedi és szélsőséges eseteit képezi. Kizárólag arra szolgál, hogy a nem zárható be- és kijáratokat (gondoljunk nagyobb üzemekre, áruházakra, szállodai hallok, fogadóterek bejáratára, gyár- és szerelőcsarnokokra) hőtechnikailag védje. Ezek az ajtónyílások- vagy kapuk felett 2–2,5 m magasan lehetnek. A légfűgöny által nyújtott hőtechnikai védelemmel akár 80% energia-megtakarítást is elérhetünk, és természetesen a bent tartózkodókat megvédjük a huzathatás okozta rossz közérzettől.

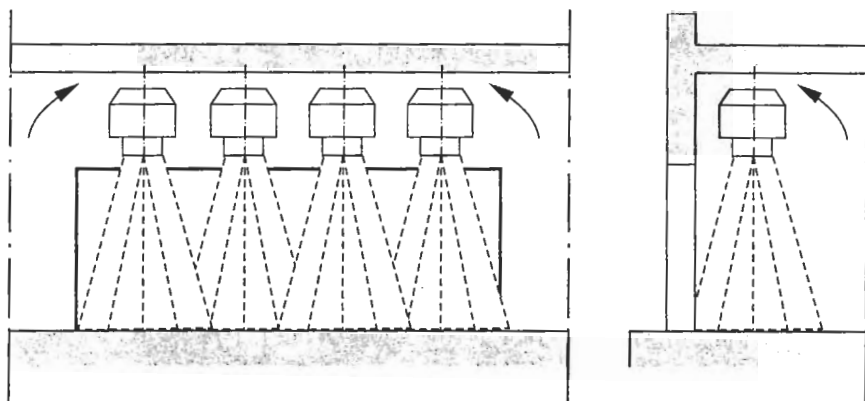


41.24. ábra. Légfűgönyök légvezetési rendszerei [30]

A légvezetés útja különféle lehet (41.24. ábra) nevezetesen:

- levegő bevezetése felül, elszívás alul. Ez a leggyakoribb rendszer, főként áruházaknál alkalmazzák („a” ábra)
- levegő bevezetése fölül, szívás oldalt, kevésbé előnyös az elszívás egyenletessége szempontjából („b” ábra)
- levegő bevezetése alul, elszívás fölül, értelemszerűen a legjobb hőtechnikai megoldás, a legnagyobb védelmet biztosítja, de fennáll a por felkavarodásának veszélye („c” ábra)
- oldalsó befűv és elszívás („d” ábra)
- ha a levegővel középen nem akarjuk megszakítani a légáramot, lehet oldalsó befűvást is alsó-felső elszívást alkalmazni („e” ábra)
- elképzelhető az oldalsó befűv és elszívás az „f” ábra szerint is.

Gyárcsarnokok légfűgönyös védelmét gyakran oldják meg légcatorna alkalmazása nélkül (41.25. ábra).



41.25. ábra. Négy egyedi készülékből épített légfüggöny [30]

A légfüggöny befűvási hőmérsékletének megállapításakor arra kell ügyelnünk, hogy a nagyobb befűvási hőmérséklettel csökkenthető a légmennyiség. A befűvási hőmérséklet így

- kisebb rendszereknél 25–30 °C
- nagyobb rendszereknél 20–25 °C között mozog.

Az ajánlott légsebességek:

- áramlás felülről: 10–15 m/s
- áramlás alulról: 2–4 m/s
- áramlás oldalról: 10–15 m/s

A légmennyiség meghatározása érdekes és vitatott kérdés. Tájékoztatásul elfogadható a 2000–5000 m<sup>3</sup>/h, m<sup>2</sup> érték, de ez függhet a védettségtől, és főként függ a szélsébségtől is. Korszerű rendszerek esetében a szélsébség függvényében fordulatszám szabályozású ventillátorral változtatják a légmennyiséget. Az érzékelő ilyenkor az elszívott légáram hőmérsékletét méri.

Ha ismét áttérünk a gyártócsarnokokra, meg kell jegyeznünk, hogy ott a teherforgalom, áruszállítás céljából szolgáló ajtókat, kapukat, nyílásokat gyakran hideg légfüggönnyel védik. Ez természetesen energia-megtakarítást jelent, de személyforgalom esetén alkalmazása tilos.

## Irodalom

A 36–45. fejezet irodalomjegyzékét lásd egyesítve a 45. fejezet után!



## 42. Vegyes sugárzó és légfűtések

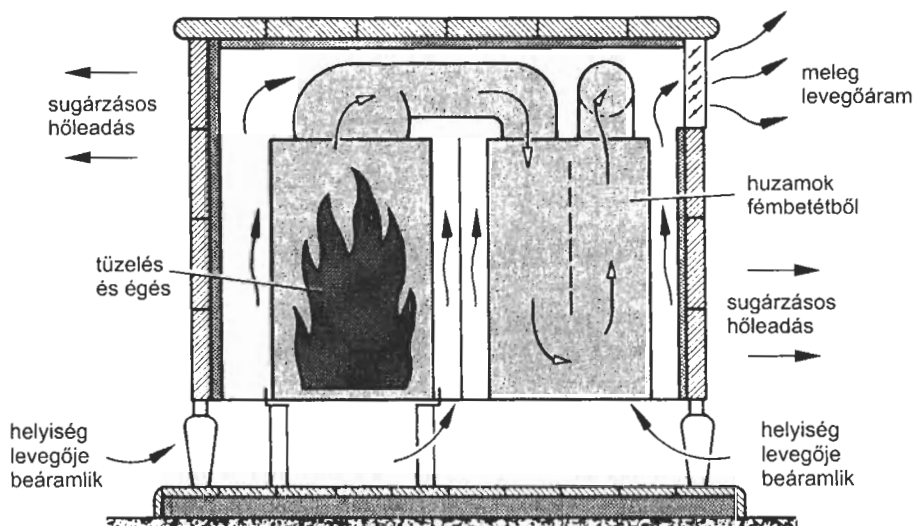
Ahogy most már több oldalról is megvilágítottuk, a sugárzó és légfűtések helye, előnye, hátránya, alkalmazási területe ma már elég világosan körülhatárolt és meghatározott. Ez vezette oda a korszerű fűtéstechnika fejlesztőit, hogy többféle vegyes megoldást is alkalmazzanak. Ezeket a sokféleség miatt csak néhány alkalmazási példán mutatjuk be.

### 42.1. Meleglevegős csempekályha

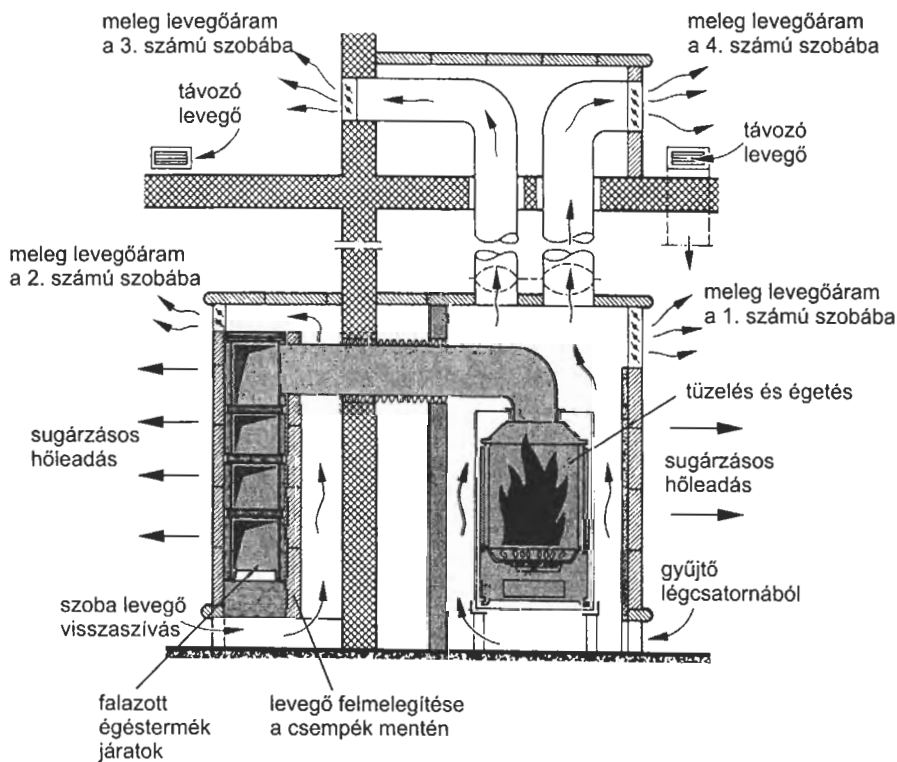
A meleglevegős csempekályha a lakásfűtések szép megoldása (42.1. ábra). A csempék mögött levegőjáratot alakítanak ki, ami a már említett öntöttvas hőcserélőn áthaladva kifűvőrácsos keresztül a fűtendő szobába áramlik. Ily módon a nagy tehetetlenség és a sugárzó hőleadás kellemesen elegyedik a gyors felfűtéssel és a konvekciós hatással.



42.1. ábra. BUDERUS meleg levegős csempekályha. Tüzelés a mellék helyiség felől.  
A fűtött szobában meleg levegő befűvő nyílások [7]



42.2. ábra. Meleglevegős csempekályha működési elve (fémbetéttel) [7]



42.3. ábra. Meleglevegős csempekályha működési elve, falazott járatokkal, légcsatornával [7]

Ilyen megoldásokat látunk a **42.2 és 42.3 ábrákon**. Elvileg e szerkezetek működhetnek szilárd- olaj- és gáz tüzelőanyaggal. A 42.3. ábra különlegessége, hogy a kályha több helyiség légfűtését látja el, de itt a meleg levegő befúvás és egyben a szellőztetés **gravitációs** rendszerű.

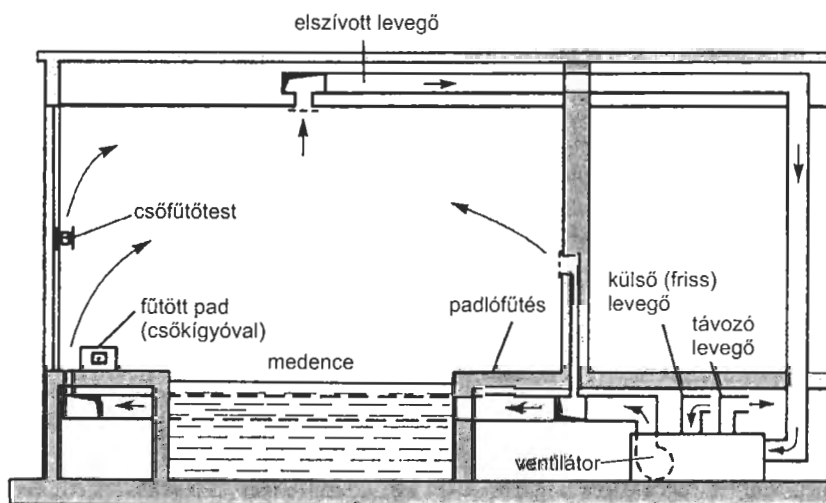
## 42.2. Uszodák fűtése

A sugárzó- és légfűtések együttes alkalmazásának másik igen tipikus és kedvező esete az uszodafűtés. A ma és a holnap épületgépésze egyre gyakrabban találkozik az uszodák és uszodához kapcsolódó létesítmények épületgépészetének komplex feladatával. Ezért érdemes ezt a szép példát külön is kiemelnünk. Egy uszoda kellemes és megfelelő légállapotának biztosításához ugyanis a következőkre kell gondolnunk:

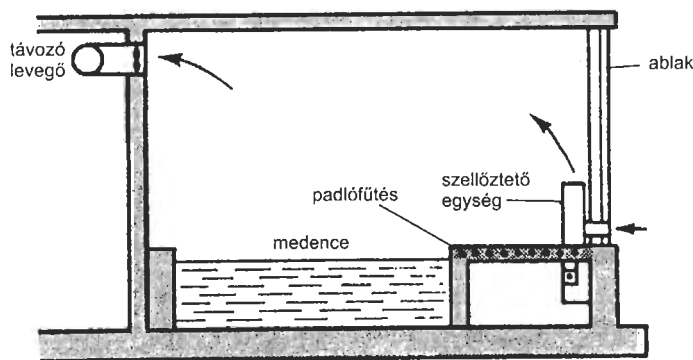
- biztosítanunk kell a kellemes közérzetet a levegőben és a vízben,
- a medencevíz felületéről az elgőzölgést el kell vezetnünk,
- meg kell akadályoznunk az „izzadás”, azaz a lecsapódás jelenségeit.

A nem könnyű feladatot a következő feltételekkel lehet megoldani.

A fűtési igény mintegy 50–70%-át légfűtéssel fedezzük, a többivel pedig felületeket fűtünk, ezek között pl. a padlót, az ülőpadokat kis hőmérséklettel, a továbbiakban radiátorokat, vagy konvektorokat nagyobb hőmérséklettel. Példákat a **42.4. és 42.5. ábrán** láthatunk.



42.4. ábra. Padok, padlók fűtése és az uszoda szellőztetése [30]



42.5. ábra. Magánuszoda padlófűtése és szellőztetése [30]

Az uszodák hőellátása természetesen nem itt ér véget, gondoljunk csak magára az uszodavíz melegítésére, a tusoló fülkék, öltözők, fűtésére-szellőzésére, stb. A teljes tervezéshez mindenképp uszodaméretezési szabványokra, előírásokra van szükség, tanulmányozni kell a gyártó- és forgalmazó cégek ajánlásait, valamint egyenként a kapcsolódó és fontos épületgépészeti méretezési előírásokat. Mindezeket természetesen nem tárgyalhatjuk itt, de az uszodák hőellátásának kérdéseire a „Hőszivattyúk” és a „Nap sugárzási energiájának hasznosítása” c. fejezetekben még visszatérünk.

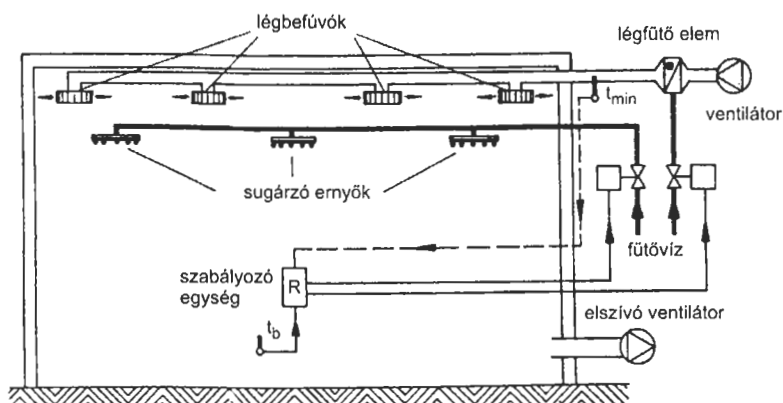
### 42.3. Nagy csarnokok vegyes sugárzó- és légfűtése

A nagy csarnokok vegyes fűtésének gondolata természetesen szintén energia-megtakarítási és közérzeti feltételek együttes teljesítésén alapszik. Ezek sorjában:

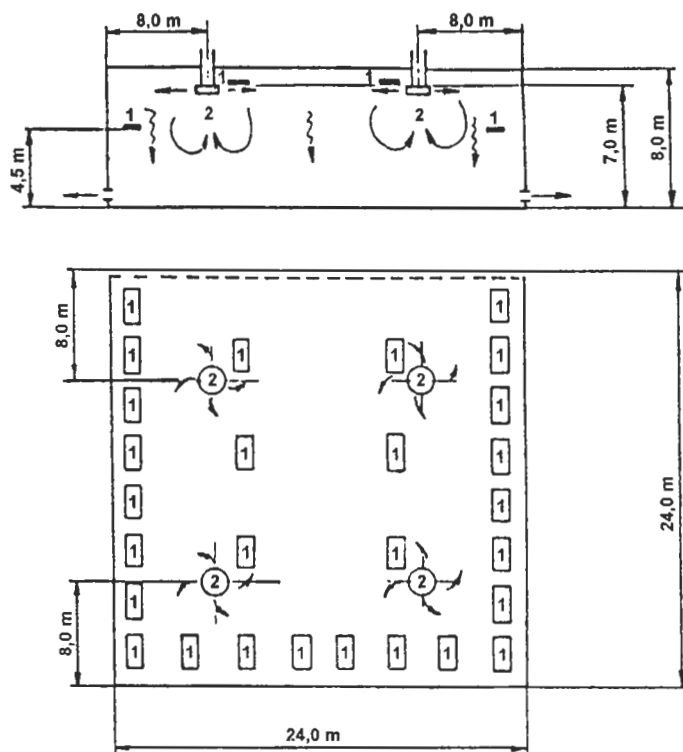
- minél nagyobb a téli friss levegő igény, annál fontosabb, hogy ez a levegő minél kisebb hőmérsékleten hagyja el a szellőztetett teret. Ha a hőt sugárzással bocsátjuk a helyiségbe, akkor jól közelítjük a problémát, mert ha a levegőt melegítjük, az a nagy belmagasság miatt gyakran a hő hasznosítása nélkül távozik;
- csökkenteni kell a levegő hőmérséklet szerinti rétegződését a fűtött csarnok magassága mentén. Lehetőleg hűvös levegővel kell tehát ellátni a mennyezet alatti teret, a jó közérzetet biztosító hőáramot pedig a tartózkodási zónához minél közelebb kell biztosítani;
- folyamatosan és megfelelően kell ellenőrizni a sugárzó fűtéssel és a légfűtéssel biztosított hőáramot, hogy mindkettő kihasználtsága teljes legyen valamennyi külső hőmérsékleten. E fűtéseket szabadalmaztatója „Radisequent” fűtésnek nevezte el<sup>\*</sup>. A márkanév tehát azt jelenti, hogy a légfűtés és sugárzó fűtés egymással soros kapcsolású szabályozása le-

<sup>\*</sup> Az elnevezés a sugárzás eredeti, latin nevéből „Radiatio” és a latin „Sequentia”, azaz egymás utáni, soros, folyamatos, sorozatos szavak összetételéből ered.

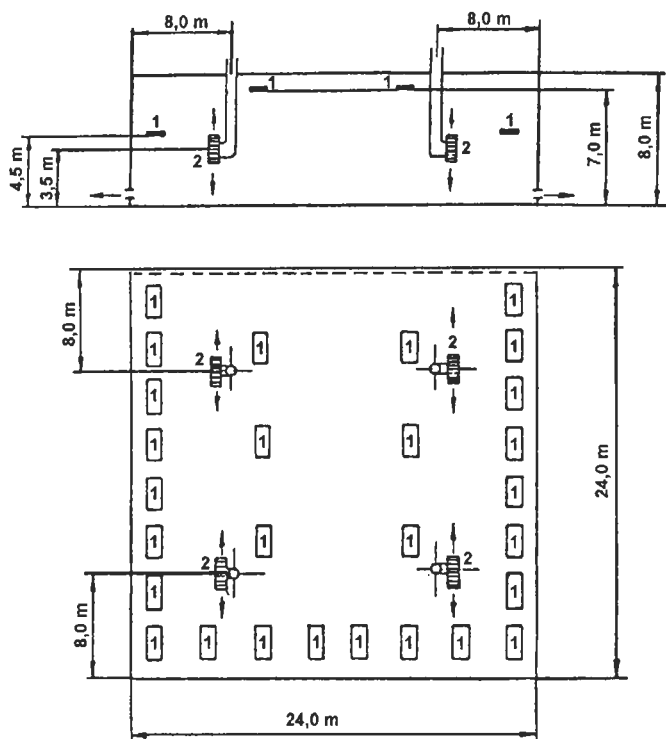
hetővé teszi, hogy a légfűtés minimális befűvási hőmérséklettel üzemeljen (42.6. ábra). A megoldást légszatorna nélküli, egyedi befűvőkkel is megtervezték, erre mutat példát a 42.7. és 42.8. ábra. A megoldást alapos közérzeti vizsgálatokkal is ellenőrizték [4].



42.6. ábra. Radisequent fűtő-szellőző rendszer sémája (Makara, 1980) [4]



42.7. ábra. Radisequent rendszer sémája [4]  
1 – sugárzó ernyők; 2 – ROT-AIR típusú légbefűvők



42.8. ábra. Sugárzó fűtés hideg levegős szellőzéssel [4]  
 1 – sugárzóórnák; 2 – ROT-AIR típusú légbevezetés

## Irodalom

A 36–45. fejezet irodalomjegyzékét lásd egyesítve a 45. fejezet után!

## 43. A fűtéstechika nem hagyományos energiaellátása megújuló energiaforrásokból

### 43.1. A nem hagyományos energiaellátás jelentősége, csoportosítása és fűtéstechikai alkalmazása

A fűtés és a kapcsolatos hőellátási feladatsor (mint a használati melegvíz termelése, friss levegő felmelegítése, technológiai igények) az összes energiafelhasználás tetemes hányadát képviseli. E hányadok számszerű értéke igen sok tényezőtől függ, mint például:

- a meteorológiai-földrajzi helyzet,
- a technikai-technológiai fejlettség,
- a fogyasztói struktúra,
- az építkezési szokás és szokásjog, stb.

és emiatt kötetünkben sem részletezhetjük pontosan a fűtésre fordított energia nemzetgazdasági hányadát. Annyit azonban biztosan lezögezhetünk, hogy a világ XXI. század eleji energiahelyzetében rendkívül fontos kérdés az, hogy a fűtésre fordított energia megtakarításával foglalkozzunk, és ezzel hozzájáruljunk a teljes fogyasztás csökkentéséhez, illetve struktúrájának átalakításához [35].

A fűtéstechika kutatói és fejlesztői számára tehát két út kínálkozik:

- a fűtésre (és kapcsolódó ellátó rendszerekre) fordított energiafelhasználás lehető csökkentése,
- a kimerülő, vagy kimerülésre ítélt energiakészlet lehető kímélése.

A fűtési energiafelhasználás csökkentése, mint vezérfonal, és szellemiség végigkísérte kötetünk eddigi fejezeteit. Összefoglalva a fejezeteket, ahol e gondolatok előfordultak, a fontosabb összefüggéseket a **43.1. táblázatban** mutatjuk be.

Energiagazdálkodási lehetőségek említése az  
„Épületgépészet 2000” eddigi köteteiben

43.1. táblázat

Fejezet címe	Kötet címe
Épületfizika	Alapismeretek
Tüzeléstechika	Alapismeretek
Fűtési rendszerek gazdaságossága	Fűtéstechika
Központi fűtések kazánjai	Fűtéstechika
Gázellátás	Fűtéstechika
Szivattyús melegvízfűtések	Fűtéstechika
Energiagazdálkodás	Alapismeretek
Távhőszolgáltatás	Fűtéstechika
Fűtési rendszerek szabályozása	Fűtéstechika
Hőérzet	Alapismeretek
Időjárás, éghajlat	Alapismeretek

Természetesen a táblázatban felsorolt törekvésekkel egyidejűleg a fűtéstechika is felzárkózik ahhoz a nagyívű kutatási-fejlesztési és technikai-technológiai áramlathoz, mely a megújuló energiaforrások kihasználását tűzte ki célul.

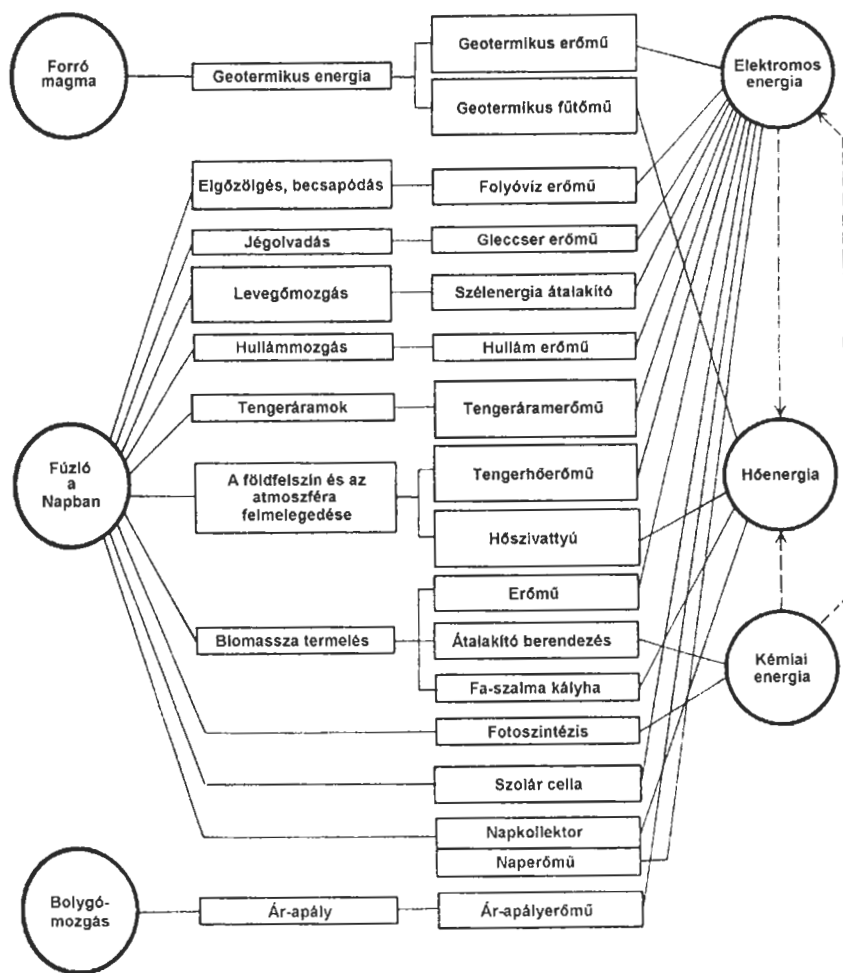
A jelenlegi energiaellátásban ugyanis elsősorban a kimerülő források vesznek részt. Ezek között is túlnyomó a növényi és állati eredetű fosszilis\* tüzelőanyag, kisebb arányú az atommaghasadáson alapuló nukleáris üzemanyag. A „kimerülés” lehetősége és gondolata óriási gazdasági és politikai (gondoljunk csak a napjaink kedélyét borzoló áremelésekre!) hatással és következményekkel jár, a hasznosítás környezetkárosító következmény rendszere pedig globális és visszafordíthatatlan. Arra azonban fel kell hívnunk a figyelmet, hogy az az egyszerűsített felfogás, mely szerint a hagyományos energiaellátás önmagában környezetkárosító, a megújuló források alkalmazása viszont gazdaságtalan, de kíméli a környezetet, semmiképpen sem helyes. Az egész, a XXI. század elején annyira aktuális kérdéskör általában mély elemzést és helyes, körültekintő alkalmazási szemléletet igényel. Annyit a jelen szűk terjedelem határai között is teljes határozottsággal leszögezhetünk, hogy napjainkban az energetikusok és környezetvédők figyelme egyre fokozottabban fordul a megújuló energiaforrások felé.

A **megújuló** (más néven: regeneratív, illetve nem kimeríthető) energiák alapvetően három elsődleges forrásból erednek:

- a Föld mélyében létrejövő radioaktív bomlás (földhő),
- a tömegvonzással összefüggő bolygómozgás (ár-apály energia),
- a Napban végbemenő termonukleáris átalakulás (a Nap sugárzási energiája).

\* A fosszilis szó jelentése: a szó a latin „fodere” = ásni szóból ered. Általában a föld mélyében rejlő szerves eredetű tüzelőanyag, ma a közhasznú nyelvben a szén-olaj-földgáztüzelést értjük ez alatt





43.1. ábra. A regeneratív energiaforrások közvetlen és közvetett hasznosítása [17]

Ez a felsorolás, és a hozzá kapcsolódó elnevezési, irodalom-feldolgozási és alkalmazási kör olyan mélységeket tár fel, annyira gazdag és felfogásában újszerűsége miatt olyan változó, hogy jelen, a fűtéstechnikai alkalmazásokról szóló, összefoglaló könyvben semmiképpen sem bocsátkozhatunk a tárgyalás részleteibe.

Elégedjünk itt meg tehát a 43.1. ábrán bemutatott összeállítással, mely a megújuló energiák átalakítási és hasznosítási módját mutatja be. Ezen átalakítások révén jut a fűtéstechnika az új, **nem hagyományos** energiaforrásokhoz, melyekkel az eddig általánosan, elterjedten használt források, megoldások kiegészíthetők. Itt említjük meg, hogy a fűtés- és hőellátás a 43.1. ábrán látható klasszikus-akadémikus felsoroláson túl regeneratív forrásnak tekinti a **hulladékok** hasznosítását is, még ha a hulladékok alkalmanként bővülő, növekvő újratermelésében természetesen része van az emberi tevékenységnek is.

Az alkalmazások során a felsorolt energiaforrások egyéb elnevezéseket is kaptak, melyek például a fűtéstechika szempontjából jellegzetesek. Ilyen pl. az „**alternatív**” megjelölés.

Az „alternatív” szó azt jelenti, hogy azért fordulunk egy új változat alkalmazásához, mert egy eredeti választásunk már nem minden szempontból a legmegfelelőbb.

Ilyen szempontok lehetnek például:

- az eredeti energiahordozó időlegesen, vagy részlegesen nem kapható,
- az ár-viszonyok megváltoztak,
- az alternatív energiahordozó sajátos jellemzői megjavultak,
- a környezetvédelmi, vagy egyéb jogi előírások változtak.

Egyesek csak a megújuló energiaforrásokat fogadják el alternatív forrásként, mások ezt a definíciót ellenzéssel fogadják, kötetünkben itt így csak annyit tehetünk, hogy minderre felhívjuk a figyelmet. Elterjedőben van még az „**additív**” jelző is. Az „additív” szó jelentése „hozzáadott”, ennek a szóhasználatnak, megjelölésnek az a hátránya, hogy mindig meg kell jelölnünk azt is, hogy mely energiához használjuk additív módon a kiegészítő energiafajtát.

Igen fontos persze a felhasználó, pl.: a fűtési rendszert alkalmazó, építető véleménye, az elfogadhatóság is, ami nehezen jellemezhető az eddigiek során említett gazdaságossági, környezetvédelmi, megbízhatósági stb. tényezőkkel. (A korszerű angolszász irodalom e kérdés-csoportot a „Public relations” szócsoporthoz foglalja össze, amire úgy tűnik, a magyar szóhasználat még nem talált megfelelő elnevezést.) Mindezek miatt választottuk magunk a fűtéstechikai megoldások szempontjából a leginkább általánosnak tűnő „Nem hagyományos” kifejezést.

Térjünk most vissza a 43.1. ábrához, és nézzük meg, mely források tárgyalására van módunk ebben a kötetben. Az ábrán látjuk, hogy a közvetlen hőtermeléshez a geotermikus energia, a hőszivattyúk, a biomassza átalakulás és a Nap sugárzási energiája csatlakozik.

A geotermikus energia hasznosítása és a biomassza átalakítás azonban annyi speciális, a fűtéstechikához nem szorosan kapcsolódó fejezetet igényel, hogy tárgyalásuk itt és most nem lehetséges. Ezért a következőkben a hőszivattyúk és a Nap sugárzási energiájának fűtéstechikai hasznosításával foglalkozunk.

A Nap sugárzási energiájának hasznosítása a fűtéstechika döntő és az eddig vázoltak, leírtak miatt egyre fontosabb fejezete. Különlegessége továbbá, hogy egyesíti a fűtéstechikai takarékoság, és a nem hagyományos energiaforrás értékeit, így e tudománynak ma már külön elnevezése is van, az ún. „Energiatudatos építészet” [37] formájában. Emiatt ezt a fejezetet bővebben is tárgyaljuk a következők során.

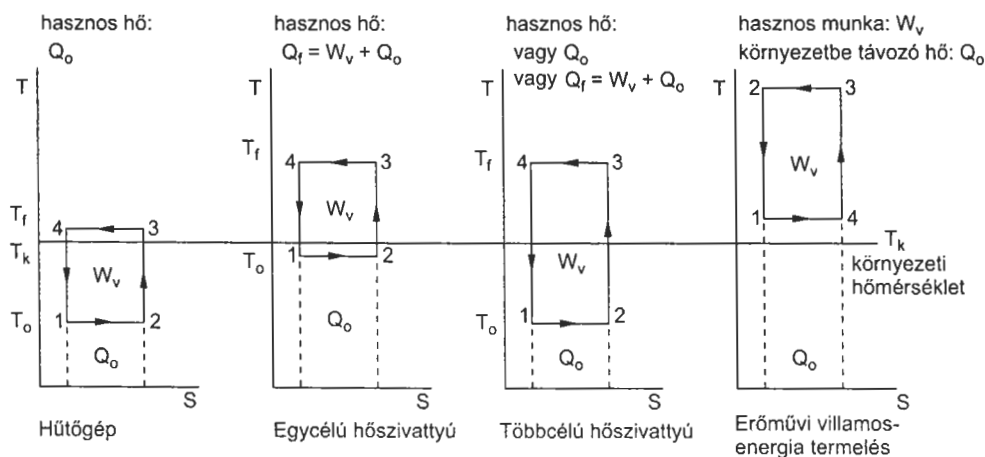
Megjegyezzük még, hogy a nem hagyományos energiahordozók témaköre állandóan bővül, és sok területen már átvezet a gazdaság, a politika és a szociális felelősség hármasának vitájába, amiről az érdeklődő szakembereknek a vonatkozó irodalomban kell tovább tájékozódni [6], [8], [17], [27].

## Irodalom

A 36–45. fejezet irodalomjegyzékét lásd egyesítve a 45. fejezet után!

## 44. Hőszivattyúk alkalmazása a fűtéstechikában

A hőszivattyú\* igen szemléletes kifejezés, azt jelenti, hogy a rendelkezésünkre álló hőt mintegy „felszivattyúzzuk” egy magasabb szintre. A rendelkezésre álló hő a környezetben (levegő, talaj, folyók, tavak, talajvíz) van jelen. Ezt a hőt mechanikai vagy hőenergia közbeiktatásával és segítségével technikailag hasznosítható, melegebb hőmérsékletre „szivattyúzzuk”, azaz egy megfelelő termodinamikai körfolyamatban technikai céljaink megvalósítása érdekében „nagyobb hőfokszintre” hozzuk.



44.1. ábra. Idealizált körfolyamatok [12]

Ennek jobb megítélése érdekében rajzoltuk meg a 44.1. ábrát. Az ábra mélyebb tanulmányozása előtt lapozzunk az „Alapismeretek” kötet „A termodinamika alapjai” c. fejezet (8.23.) és (8.24.) számú összefüggéseihez, valamint a „A hűtőtechnika alapjai” c. fejezet

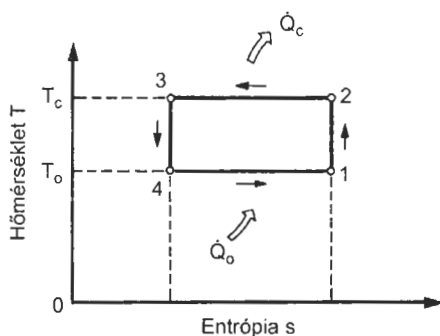
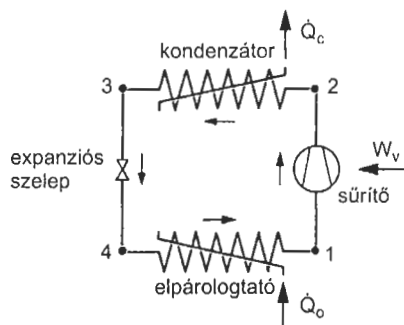
\* A korszerűség és elterjedtség miatt megemlítjük a német és angol kifejezést is: „Wärmepumpe”, illetve „Heat-pumps”.

9.1. számú ábrájához. Ezen alapvető tanulmányok birtokában lehet teljes hőszivattyús fejezetünk mondanivalójának megértése.

A 44.1. ábrán a fenti elméleti alapokban megismert idealizált körfolyamatot látjuk, 4 hőmérséklet-határ között megvalósítva, 4 féle cél elérése érdekében. Az első ábrán bemutatott *Carnot* körfolyamat a hűtési körfolyamatot, a második és a harmadik ábrán a hőszivattyú körfolyamatát, a negyedik ábrán a villamos energiatermelés körfolyamatát láthatjuk. Ha összehasonlítjuk és megfigyeljük a második és harmadik változatot, ezek között a különbség az, hogy míg a második változat az ún. egycélú hőszivattyú körfolyamatát, addig a harmadik változat ún. többcélú hőszivattyú körfolyamatát ábrázolja. Ez utóbbival megoldható pl. az, hogy télen fűtő, nyáron pedig hűtőberendezésként szolgáljon, illetve, hogy egyidejűleg pl. uszoda fűtését és műjégpálya hűtését oldjuk meg e rendszerrel.

### 44.1. Termodinamikai alapok

Ismételjük meg tehát, hogy a hőszivattyú zárt rendszer, amelyben a munkaközeg révén körfolyamatot valósítunk meg. A körfolyamatban a munkaközeg állandóan változik a folyadék- és gőzállapot között. Ez hőfelvétellel és hőleadással jár, és így hozzuk létre a különféle hőmérséklet- és nyomásviszonyokat. Nézzük most részletesebben az ideális *Carnot* körfolyamatot a T-s diagramban (44.2. ábra) és a hozzátartozó elvi kapcsolási rajzon. A munkaközeg a következő állapotváltozásokat szenved el:



44.2. ábra. Ideális *Carnot* körfolyamat és a megvalósítás [7]

- 1–2 izentropikus (adiabatikus) kompresszió (a kompresszorban (sűrítőben) megy végbe),
- 2–3 izentropikus hőelvonás (azáltal, hogy a munkaközeg gőzét állandó hőmérsékleten és nyomáson kondenzáltatjuk),
- 3–4 izentropikus expanszió (azáltal, hogy a folyékony munkaközeget expansziós szelepen vezetjük át),
- 4–1 izentropikus hőfelvétel (azáltal, hogy a folyékony munkaközeget állandó nyomáson és hőmérsékleten elgőzöltetjük).

A kondenzátorban hasznosított hő  $\dot{Q}_c$ , míg az elgőzölögtetőben a hőfelvétel  $\dot{Q}_o$ .

Ha a hőfelvételt és a kompresszorral a rendszerbe jutatott  $W_v$  teljesítményt összeadjuk, megkapjuk a hasznos (kondenzátor) teljesítményt:

$$\dot{Q}_c = \dot{Q}_o + W_v \quad (44.1.)$$

A hőszivattyú ideális körfolyamatának teljesítménymutatóját, teljesítménytényezőjét, ezek után a következőképpen határozzuk meg:

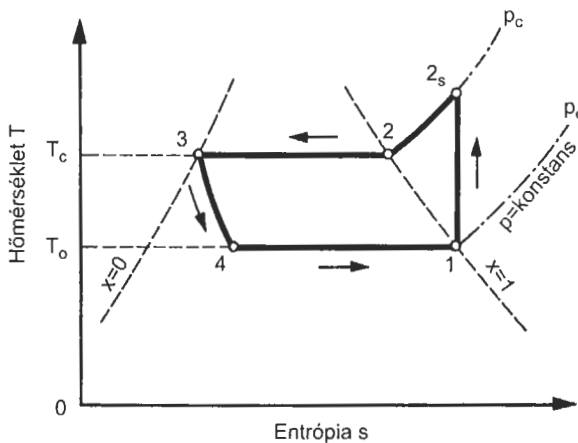
$$\varepsilon_{HSZ_c} = \frac{\dot{Q}_c}{W_v} = \frac{T_c}{T_c - T_o} \quad (44.2.)$$

Az összefüggést lásd még: „Alapismeretek” kötet „A hűtőtechnika alapjai” c. fejezet (9.1.) összefüggése.

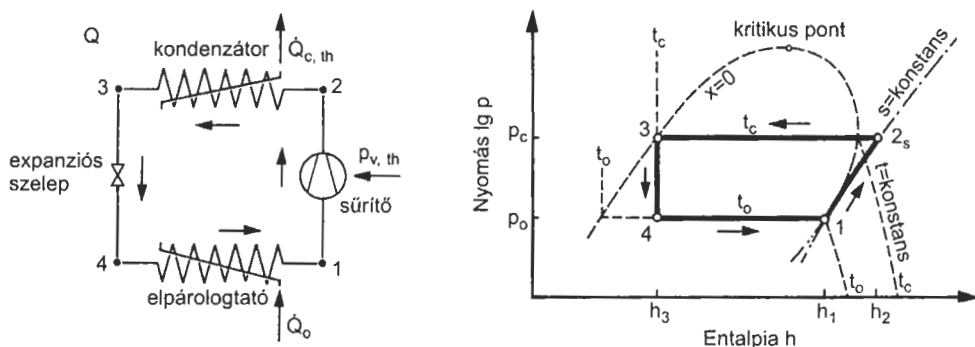
Az  $\varepsilon_{HSZ_c}$  tehát a hasznos teljesítmény és a kompresszorral bevitt teljesítmény viszonya. A Carnot körfolyamat természetesen idealizált körfolyamat, melyet nem lehet megvalósítani. A gyakorlatban a 3-4 expanziót nem tudjuk izentropikus (adiabatikus) állapotváltozásként véghezvinni, ezért alakul a körfolyamat a 44.3. ábra szerint.

Ahogy az „Alapismeretek” kötet „A hűtőtechnika alapjai” c. fejezetében láttuk a hűtőtechnika a gyakorlati alkalmazási kérdések egyszerűsítése érdekében nem a T-s diagramot, hanem lgp-h diagramot használja. A Mollier által felépített diagramok, minden erőművi munkaközegre és hűtőközegre rendelkezésünkre állnak, a szükséges hőmérséklet, nyomás és entalpia értékek (kJ/kg), közvetlen leolvasását teszik lehetővé.

Mollier Richard (1863–1935) 1890-től a müncheni egyetem tanársegédje. 1895-ben benyújtott doktori disszertációjában a gőzök entrópiájával foglalkozott. Drezdában egyetemi tanár és a termodinamika előadója 1897-től. Elévülhetetlen érdemeket szerzett a gőzelmélet kifejlesztésében, módszereivel lehetővé tette a mérnöki számítások egyszerűsítését és pontosítását. [18].



44.3. ábra. Valóságos hőszivattyú körfolyamata a T-s diagramban

44.4. ábra. Valóságos hőszivattyú körfolyamata a  $lg p$ - $h$  diagramban

A 44.4. ábra egyfokozatú hőszivattyú körfolyamatát mutatja a  $lg p$ - $h$  diagramban. A körfolyamatban felismerhetjük az előbbi állapotváltozásokat, nevezetesen:

- 1–2-s-izentropikus (adiabatikus) sűrítés,
- 2s–3-izobar kondenzáció,
- 3–4-expanzió (Lásd még: „Alapismeretek” kötet „A termodinamika alapjai” c. fejezet 8.3 számú, „Tiszta közegek termodinamikai tulajdonságai” c. pontját),
- 4–1-izobar és izoterm elgőzölgtetés (az általánosan alkalmazott túlhevítés és túlhűtés kérdéseit itt az egyszerűség kedvéért nem tárgyaljuk).

A vázolt körfolyamat alapján tehát számítással a következőképpen követhetjük a hőszivattyúban lejátszódó jelenségeket:

- Az elgőzölgtési, vagy hűtési teljesítmény:

$$\dot{Q}_o = \dot{m}_R \cdot (h_1 - h_4) \quad (44.3.)$$

ahol,  $\dot{m}_R$  értelemszerűen a munkaközeg tömegáramát jelenti kg/s-ban mérve,  $h$  pedig mindig a megfelelő állapot entalpiáját jelöli kJ/kg-ban.

- A munkaközeg térfogatárama az elpárolgatóban:

$$\dot{V}_o = \dot{m}_R \cdot v_l \quad (44.4.)$$

ahol  $v_l$  értelemszerűen a munkaközeg fajlagos térfogata gőz halmazállapotban (leolvasható a  $lg p$ - $h$  diagramban!).

- A sűrítő teljesítménye:

$$W_v = \dot{m}_R \cdot (h_{2s} - h_1) \quad (44.5.)$$

- A kondenzátor által leadott teljesítmény:

$$\dot{Q}_c = \dot{m}_R \cdot (h_{2s} - h_3) = \dot{Q}_o + W_v \quad (44.6.)$$

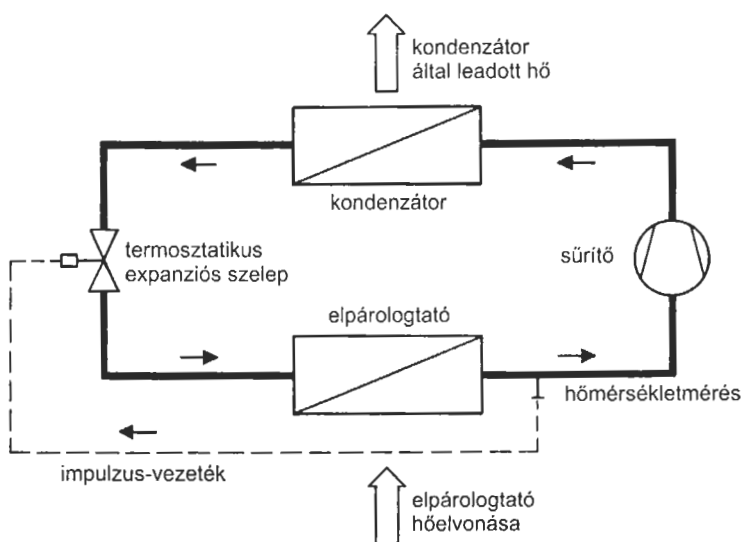
- És így a teljesítményre jellemző szám; vagyis más néven teljesítménytényező:

$$\varepsilon = \frac{\dot{Q}_c}{W_v} \quad (44.2/a)$$

Mindez az elméleti körfolyamatra vonatkozik, amit természetesen most még a gyakorlatban is meg kell valósítanunk.

## 44.2. A gyakorlati körfolyamat elemei

A gyakorlatba átültetett körfolyamatot a **44.5. ábrán** láthatjuk. A körfolyamat elemeit az alábbiakban tárgyaljuk.

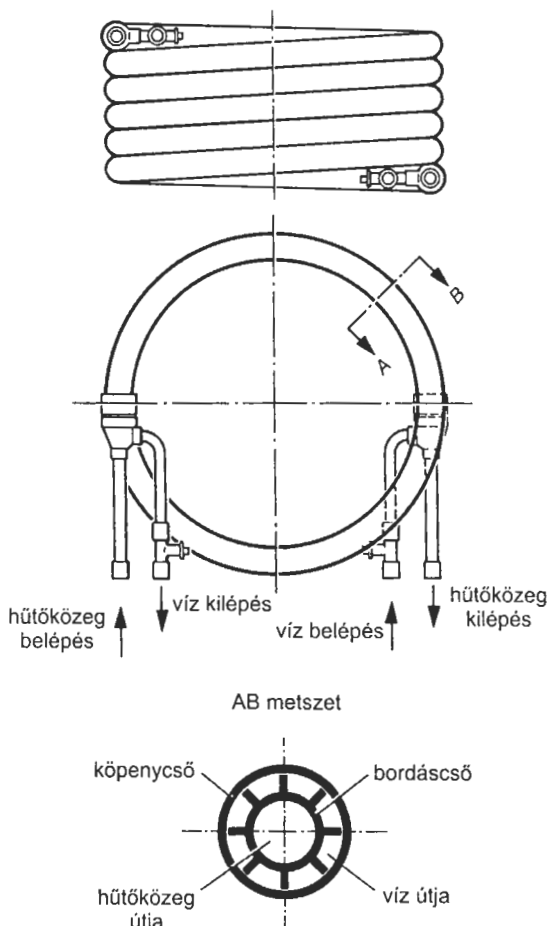


44.5. ábra. Hőszivattyú körfolyamat egyszerűsített ábrázolása [7]

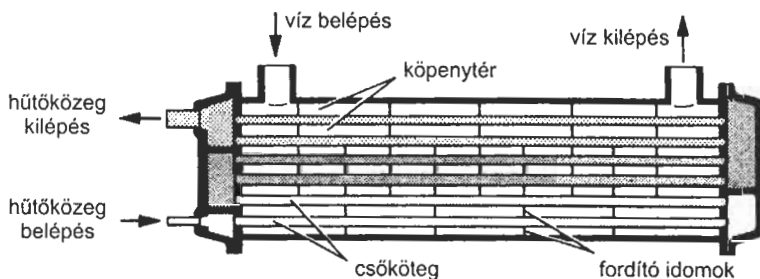
#### 44.2.1. Elpárolgatók

Ahogy ezt eddig megértettük, az elpárolgató az az elem, mely lehetővé teszi, hogy a hőszivattyú a környezetéből hőt vonjon el. Így az elpárolgató szerkezeti megoldása attól függ, hogy a környezeti energia mely halmazállapotú formáját hasznosítjuk.

Amennyiben *levegőből* nyerjük az energiát, úgy természetesen bordázott csőköteges hőcserélőt alkalmazunk. Ez általában réz alapanyagú csőköteg, melynek külső felületét alumínium bordákkal növelik meg. (Olvasóink itt lapozzanak vissza a bordáscsöves hőleadók a „Hőleadók, fűtőtestek” c. fejezet keretében tanult elméletéhez.) Természetesen léteznek különböző, igen költséges és értékes tiszta réz, tiszta alumínium és nemes acélötvözetű hőcserélők is, arra az esetre, ha a légoldalon agresszív hatással kell számolnunk. A légoldali ellenállás legyőzésére ventilátor szolgál. A hőszivattyú hőforrása természetesen *víz* is lehet. Ebben az esetben a talajvízből vagy folyóvízből nyerjük az energiát és ilyenkor koaxiális, illetve csőköteges elpárolgatót alkalmazunk (44.6. és 44.7. ábra).



44.6. ábra. Koaxiális elpárolgató [7]

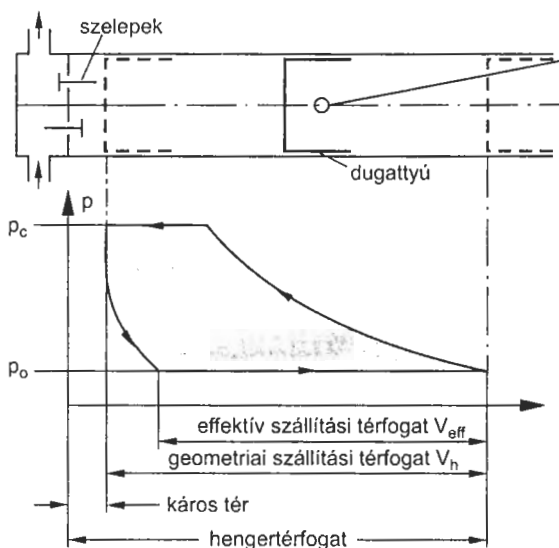


44.7. ábra. Csőköteges elpárolgató [7]

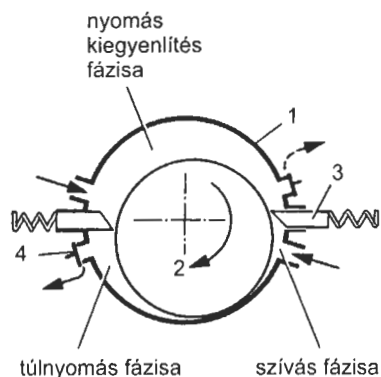


### 44.2.2. Sűrítők (kompresszorok)

A fűtéstechikai célú hőszivattyúkban általában dugattyús kompresszorokat, egyéb célú hőszivattyúkban félhermetikus vagy hermetikus forgódugattyús kompresszorokat alkalmazunk. Működési elvüket látjuk a 44.8/a és 44.8/b ábrán.



44.8/a ábra. Dugattyús sűrítő és a munkafolyamat a p-v diagramban

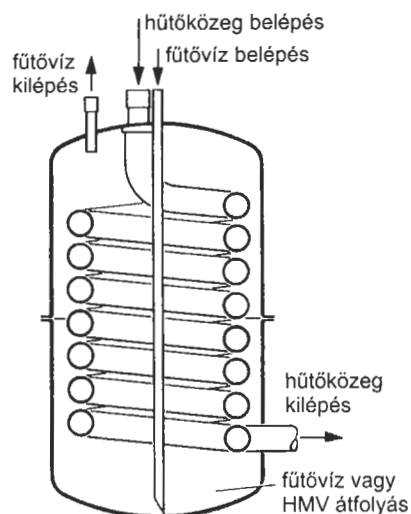


44.8/b ábra. Forgattyús kompresszor  
1 – henger háza; 2 – forgó dugattyú;  
3 – tolattyú; 4 – kiengedő szelep

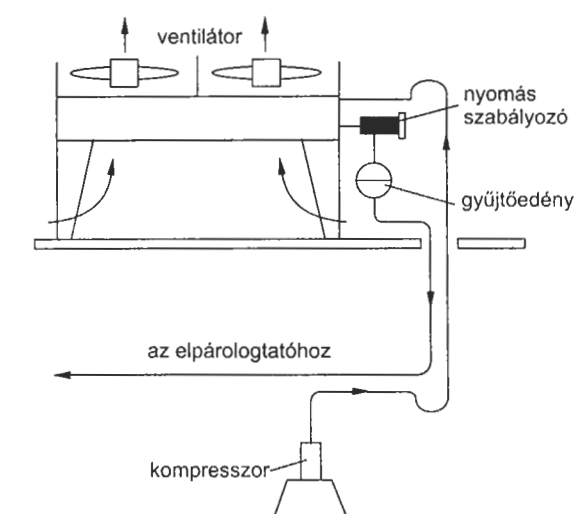
### 44.2.3. Kondenzátorok

A kondenzátor, azaz a hőleadó általában ugyanolyan koaxiális csőrendszer, mint amit elpárolgatóként a 44.7. ábrán már láttunk. Másik elgondolás a zárt hengeres kondenzátor. Ezt a 44.9. ábrán bemutatott megoldást főként kis rendszereknél, illetve használati melegvíz előállítására használják. A hengeres edény általában acéllemezéből, a csőköteg többnyire rézből készül.

Természetesen lehetséges, hogy nem vizet, hanem levegőt melegítünk. Ebben az esetben a kondenzátor is bordázott csőköteg, és a felmelegített levegőt ventilátor mozgatja (44.10. ábra).



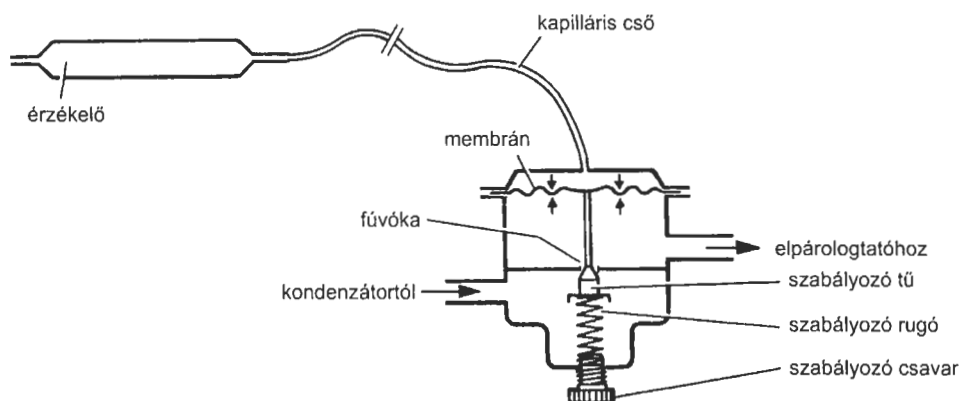
44.9. ábra. Vízűtésű zárt hengeres kondenzátor kis rendszerekhez [7]



44.10. ábra. Léghűtésű kondenzátor kondenzátornyomás szabályozóval [7]

#### 44.2.4. Expanziós szelep

Az expanziós szelep feladata, hogy megoldja a munkaközeg nyomásának csökkentését és ugyanakkor az elgőzöltetett megfelelő állapotú munkaközeggel ellássa. Az expanziós szelep egyben a hőszivattyú szabályozó rendszereként is szolgál.



44.11. ábra. Termosztatikus szabályozású expanziós szelep [7]

Legegyszerűbb megoldási formája egy kapilláris cső, ami rendszerint rézből készül (44.11. ábra). Az ábrán látható, úgynevezett termosztatikus, belső nyomáskiegyenlítővel működő rendszer igen egyszerű. Az elpárolgatóhoz vezető kimenetnél van a hőmérséklet-érzékelő. Az erre alkalmas gáz- vagy folyadéktöltet a kapilláris csőben a membránrendszerre hat. Ha a hőmérséklet az elpárolgató bemenetnél növekszik, növekszik az érzékelő folyadék nyomása is, és a membrán kinyitja a szelepet. Így az elpárolgató több munkaközeget kap. Ha ugyanezen a helyen csökken a hőmérséklet, az azt jelenti, hogy a munkaközeg-áram túl nagy, és akkor a szelep zár.

Az elpárolgató és az expanziós szelep így szabályozási kört alkot, melynek stabil működését minden egyes üzemállapotnál szavatolni kell.

### 44.3. A hőszivattyúk munkaközegei

A hőszivattyúknál alkalmazható munkaközeggel és munkaközegpárokkal szemben ugyanolyan követelményrendszert támaszthatunk, mint a hűtési rendszerek esetében. Vonatkozik ez a fizikai, kémiai, fiziológiai tulajdonságokra egyaránt, de a kondenzációs és elpárolgási hőmérséklet nagyobb, mint a hűtési rendszerekénél (44.1. ábra), és ez különleges követelményt is jelenthet. Ezek a hőmérsékletek körülbelül a nehéz üzemi körülmények között működő klímarendszerek hűtőberendezésével azonos tartományban vannak. Elvileg abból lehet tehát kiindulni, hogy a klímaberendezéseknél az utolsó évtizedben bevált hűtőközegek alkalmazása a hőszivattyúknál is megfelel. Egyébként azonban a munkaközeggel szemben igen bonyolult feltételeket támasztunk. Ezek közül a legfontosabbak a következők:

- az elpárolgatóban keletkező nyomás ne legyen lényegesen kisebb a légköri nyomásnál, nehogy levegő és vele együtt vízgőz jusson az esetleg tömítetlen helyeken a berendezésbe;
- a kondenzátorban keletkező göznyomás viszont ne legyen túlságosan nagy, mert a nagy nyomás az általa megkövetelt nagyobb kompresszió-teljesítmény, anyagminőség és súly révén megrálgítja a berendezést;
- az elpárolgató hőmérsékletéhez tartozó fajlagos gőztérfogatnak és a párolgási hőnek a viszonya a dugattyús gépeknél viszonylag kicsi legyen, hogy az azonos teljesítményhez szükséges kompresszortérfogat, valamint a csővezeték és szigetelési költségek minél kisebbre adódjanak;
- a forgódugattyús és turbókompresszoroknál viszont előnyös, ha ez a viszonyszám nagyobb, mert a gyártás és a szabályozás szempontjából kedvezőbb méretek adódnak;
- a nagy molekulásúly, illetve sűrűség a centrifugális kompresszorokban jelent előnyt, amennyiben csökkenti az azonos kompresszióviszonyhoz szükséges nyomásfokozatok számát;
- ezekhez járulnak még az üzemi követelmények: a közeg ne legyen ártalmas az emberi szervezetre, ne legyen tűz- és robbanásveszélyes, a gép szerkezeti anyagaival szemben közömbösen viselkedjék, és végül olcsó is legyen.

A felsorolt követelményeket a régebben használatos közegek egyike sem elégítette ki a gyakorlat által megkívánt mértékben. A munkaközegek utáni kutatás során – metán és etán származékokból – több olyan szerves fluoridot állítottak elő, amelyeket nagyon előnyösen lehet hűtőközegekként felhasználni, ezeket **freonoknak** nevezték el.

A freonok egyik legnagyobb nyugati gyártó cége a *Hoechst AG*. A fluorszénhidrogéneknek 13 változatát állítja elő, amelyekből különösen a **44.1. táblázatban** felsorolt

- R 12
- R 22
- R 502 típusokat

ajánlják a hőszivattyú-körfolyamat munkaközegeként.

#### Munkaközegek jellemzői

44.1. táblázat

Munkaközeg típusa	R 12	R 22	R 502
Megnevezés	Difluor-diklórmétán	Difluor-klórmétán	Azeotrop <sup>+</sup> R 22/R 115
Kémiai alak	CF <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	CHF <sub>2</sub> Cl	CHF <sub>2</sub> Cl/CF <sub>2</sub> Cl-CF <sub>3</sub>
Szokásos használati tartomány (elpárolgatási hőmérséklet) °C	–40...+20	–80...+10	–80...+10
Maximális üzemi kondenzációs hőmérséklet °C	70	60	55
Maximális túlnyomás a max. kondenzációs hőmérsékletnek megfelelően, bar	17,9	23,0	22,4
Dermedési pont, 1,013 barnál °C	–29,8	–40,8	–45,6
Kritikus hőmérséklet °C	112	96	82,7
Kritikus nyomás bar	40,1	49,3	41,2
Párolgáshő 1,013 bar-nál kJ/kg Wh/kg	166 46,5	235 65,3	170 47,2
Volumetrikus fűtési teljesítmény –20...+60 C-nál, Wh/m <sup>3</sup>	318	549	503

+ A munkaközegek megjelölésére gyakran használják az „azeotrop” jelzõt. Ez olyan folyadékelegy, mely összetételének és forráspontjának megváltozása nélkül átdestillál.)

A táblázatban szereplõ „R” betű nemzetközileg elfogadott a freonok jelölésére\*. A freonokkal szemben az egyik legfőbb aggály a környezet veszélyeztetése. Ezért újabban ismét előtérbe került az ammónia alkalmazása is. Termodinamikai tulajdonságai kedvezőek, de biztonsági szempontból korlátozottan használható.

A hűtőközegekkel kapcsolatos kutató-fejlesztési munka ma is folyik, mind a jobb hatások, mind a kedvezőbb méretek, mind pedig a **környezetvédelmi törekvések** miatt. Így ez a témakör adott esetben részletes, külön tárgyalást érdemel, mert a környezetvédelmi szempontok egyre inkább előtérbe kerülnek. (pl. az R 12 típust már nem szabad használni.)

\* Az „R” betű az angol „Refrigerant”, azaz hűtőközeg szó rövidítése, mely így terjedt el világszerte.

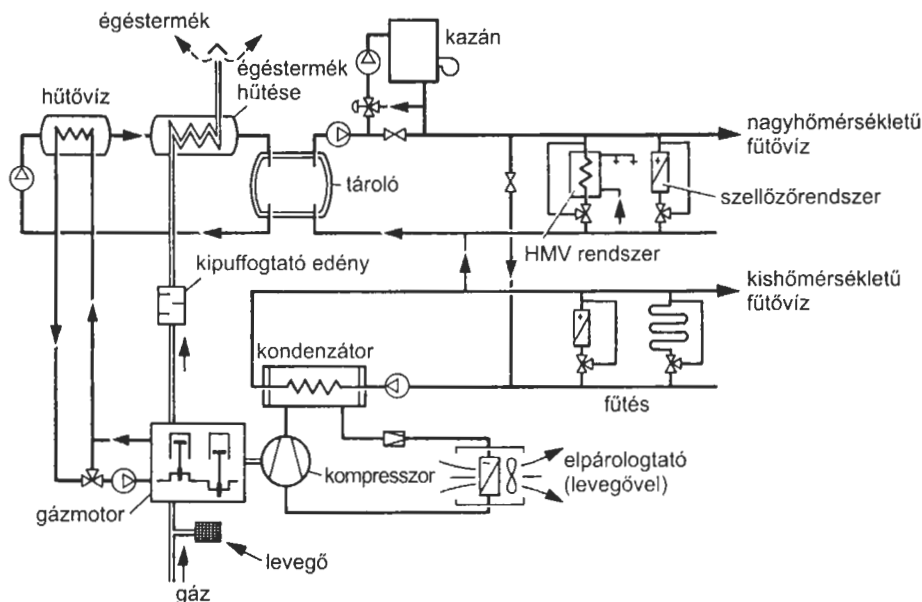
## 44.4. A hőszivattyúk meghajtási módjai

### 44.4.1. Villamos motorral hajtott hőszivattyúk

A villamos motorral hajtott, fűtésre és használati melegvíz termelésre használt hőszivattyúk teljesítményhatára kb. 200 kW. Általában kompakt, könnyű, kis helyfoglalású motorokat alkalmaznak, a teljesítményszabályozás fordulatszám-szabályozással, vagy egyéb szokványos módszerekkel történhet.

### 44.4.2 Belsőégésű motorral hajtott hőszivattyúk

A kb. 100 kW-nál kisebb teljesítményű hőszivattyúk *Diesel*- vagy gázmotorral is meghajthatók, és így önálló egységek független energiaellátó rendszerül szolgálhatnak.



44.12. ábra. Gázmotor és hőszivattyú rendszere

**Gázmotorral** hajtott hőszivattyút mutatunk be a **44.12. ábrán**. Itt a külső levegő a hőforrás, de minden egyéb, eddig említett hőforrás is szóba jöhet. Az ilyen és ehhez hasonló megoldások egyre divatosabbak és közkedveltebbek. A vezetékes villamos energia felhasználás csökken és a primer fűtőenergia kihasználtsága nagy.

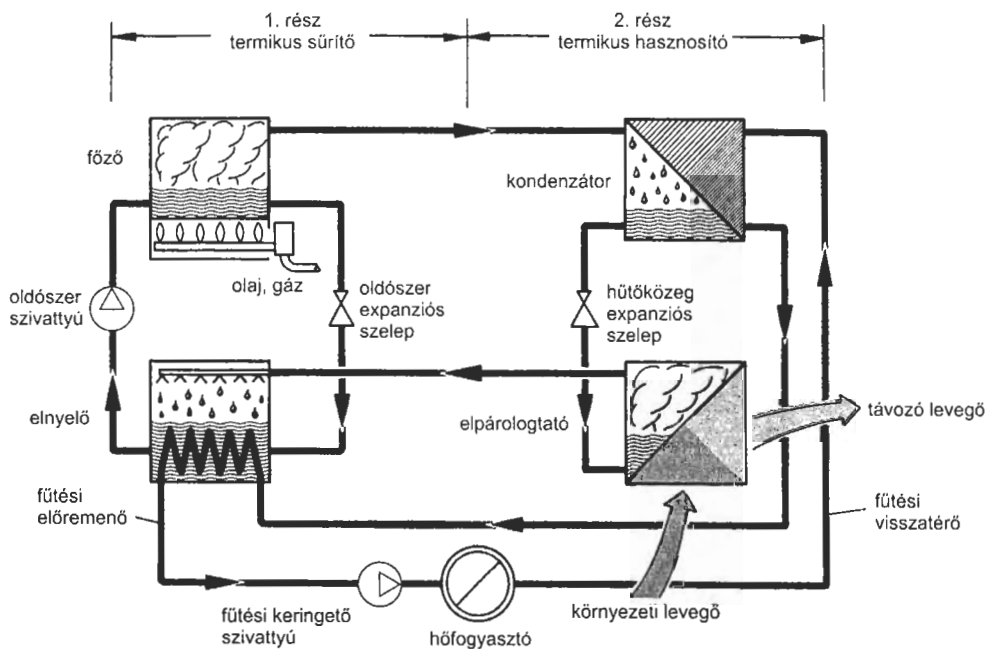
#### 44.4.3. A szorpciós hőszivattyú

A „szorpciós” kifejezés valamely anyagnak azt a tulajdonságát jelöli, hogy bizonyos körülmények között egyéb gáz-halmazállapotú anyagokat képes elnyelni, majd a körülmények változásakor az elnyelt gázokat, gőzöket ismét leadja. Ilyen tulajdonsága a folyadéknak és a szilárd anyagoknak is lehet, az előbbi esetben **abszorpcióról**, az utóbbi esetben **adszorpcióról** beszélünk, illetve ennek megfelelően abszorpciós vagy adszorpciós folyamatokról lehet szó.

A szorpciós hőszivattyú működése két alapvető kérdésben tér el a kompresszoros gépektől: egyrészt a hajtóenergiája – a mechanikus energia helyett – hőenergia, másrészt az abszorpció érdekében a munkaközeg két- vagy többkomponensű oldat.

Kétfajta szorpciós hőszivattyút különböztethetünk meg: az **abszorpciós** és a **reszorpciós** hőszivattyút.

Az abszorpciós hőszivattyúknál a „hajtóművet” – ami a kompresszoros rendszereknél a mechanikai energiával üzemelő kompresszor (sűrítő), – a termikus kompresszor helyettesíti. Az abszorpciós folyamatban az elpárolgatóban elgőzlgő hűtőközeget hőleadás kíséretében az abszorberben egy ún. oldóközeg abszorbeálja. Ebből az oldószer-hűtőközeg keverékből – miután a keverék nyomását szivattyúmunkával megnövelik – hevítés segítségével a hűtőközeget a keverékből a főzőben ismét kiűzik. A kétkomponensű munkaközeg (oldószer-



44.13. ábra. Abszorpciós hőszivattyú működési vázlata [7]

hűtőközeg) e folyamatait a berendezés hajtó részében – vagyis az abszorberben és a főzőben – változó hőmérséklet kíséri. A hőszivattyú részre (elpárolgató és kondenzátor) ez nem vonatkozik, ott a hőcserélőkre változatlanul a konstans hőmérsékletek a jellemzők egykomponensű hűtőközeg alkalmazása esetén.

Az abszorpciós hőszivattyú körfolyamatában tehát két, egymástól elkülöníthető rész különböztethető meg: a hajtó rész körfolyamata, valamint a hőszivattyú rész körfolyamata (**44.13. ábra**).

Abszorpciós hőszivattyúk előnye a kompresszoros rendszerekkel szemben, hogy az oldatszivattyún kívül nincs a rendszerben mozgó alkatrész. Ezért az üzem teljesen zajtalan, hosszú az élettartam, és kicsi a karbantartási költség. Ezenfelül villamos energia helyett olaj- vagy gáz fűtőanyag is használható.

## 44.5. A hőszivattyúk üzemeltetési formái

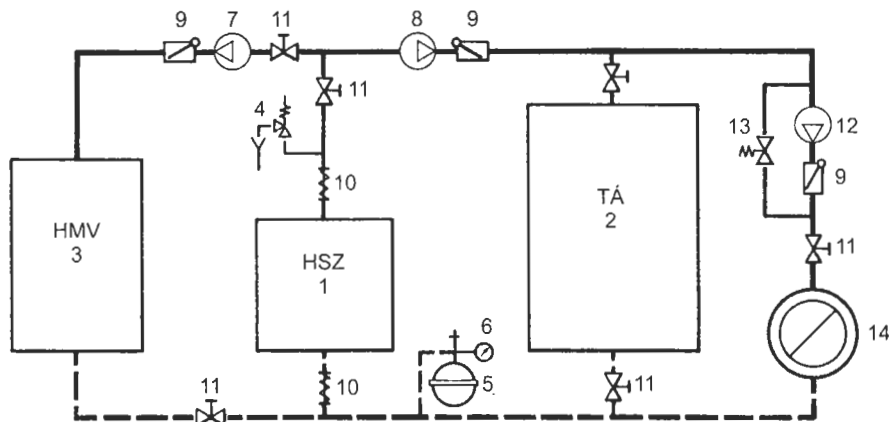
Az üzemeltetési forma attól függ, hogy milyen hőhasznosítót látunk el, milyen hőforrást használunk ki, és melyek a szóba jöhető hőszivattyú működési határai. Ezek figyelembevételével a legfontosabb üzemeltetési formák:

- a monovalens,
- a bivalens forma
- és a hőszivattyúk párhuzamos kapcsolása.

### 44.5.1. Monovalens hőszivattyúk

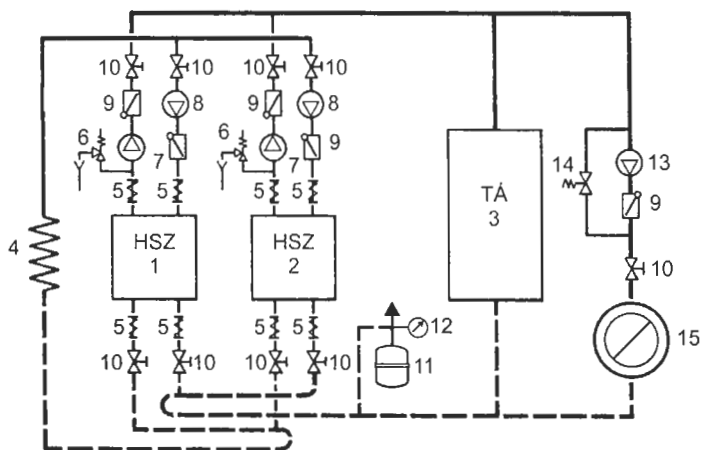
A monovalens formánál a hőszivattyú a kizárólagos hőforrás. Ehhez tehát az szükséges, hogy a hőforrás egész évben megfelelő hőfokszinten rendelkezésre álljon, és hogy a hőszivattyú által előállított fűtési előremenő hőmérséklet szintén az egész fűtési idényben megfelelő legyen. Ez megvalósítható, ha kishőmérsékletű fűtési rendszer csatlakozik a hőszivattyúhoz, de ezen felül megoldható így az egész évi használati melegvízellátás is. Amennyiben a monovalens üzemű szivattyút tárolóval is kiegészítjük, és fűtésre valamint használati melegvíztermelésre használjuk, a hidraulikus kapcsolást a **44.14. ábrán** láthatjuk.

A monovalens kapcsolat természetesen úgy is megoldható, hogy két (vagy több) hőszivattyút kapcsolunk egymással párhuzamosan. Ebben az esetben a hőfokszint azonos marad, de a teljesítmény növelhető, és a szabályozás is jól kézben tartható (**44.15. ábra**).



44.14. ábra. Monovalens hőszivattyú hidraulikai kapcsolása [7]

1 – hőszivattyú; 2 – tároló; 3 – HMV tároló; 4 – biztosító szelep; 5 – zárt tágulási tartály; 6 – manométer; 7 – HMV tartály töltőszivattyú; 8 – primer kör keringető szivattyú; 9 – visszacsapó szelep; 10 – flexibilis csőcsatlakozó; 11 – elzáró szelep; 12 – fűtési kör keringető szivattyú; 13 – fűtési kör túláramszelep (nyomáskülönbségen alapul); 14 – fűtési hőfogyasztó



44.15. ábra. Monovalens üzemmód, 2 hőszivattyú egymással párhuzamosan kapcsolva [7]

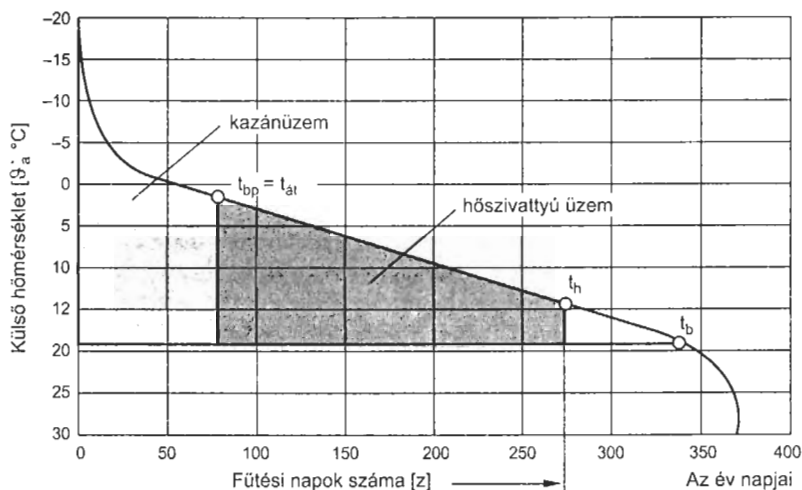
1 – 1. sz. hőszivattyú; 2 – 2. sz. hőszivattyú; 3 – tároló; 4 – a hőszivattyúk hőforrása; 5 – flexibilis csatlakozás; 6 – biztonsági szelep; 7 – primer körű szivattyú; 8 – a hőforrástól érkező közeg keringető szivattyúja; 9 – visszacsapó szelepek; 10 – elzáró szelepek; 11 – membrános zárt tágulási tartály; 12 – manométer; 13 – a fűtési kör keringető szivattyúja; 14 – túláramszelep; 15 – fűtési kör



## 44.5.2. Bivalens hőszivattyú üzem

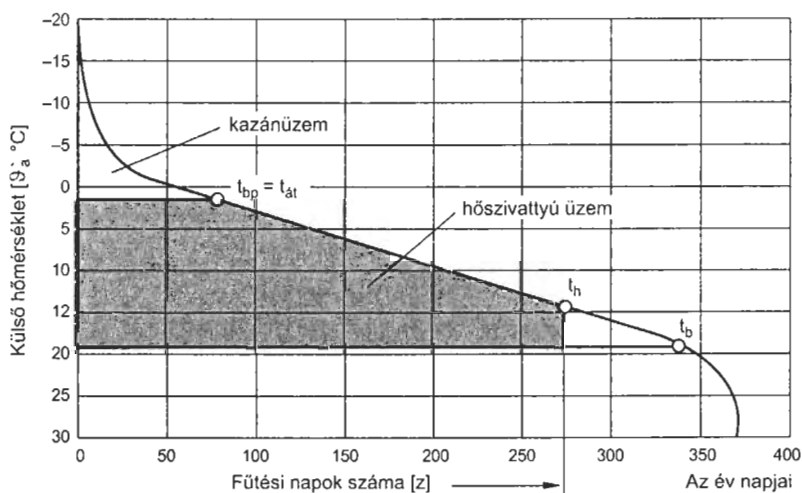
A bivalens hőszivattyú üzem azt jelenti, hogy a hőszivattyún túl egyéb hőforrást (pl. általában kiegészítő kazánt) is alkalmazunk. A 44.16/a, b, c ábrák az úgynevezett

- alternatív bivalens,
- párhuzamos bivalens és
- részleges párhuzamos – bivalens vagy alternatív – párhuzamos üzemmódokat mutatják.



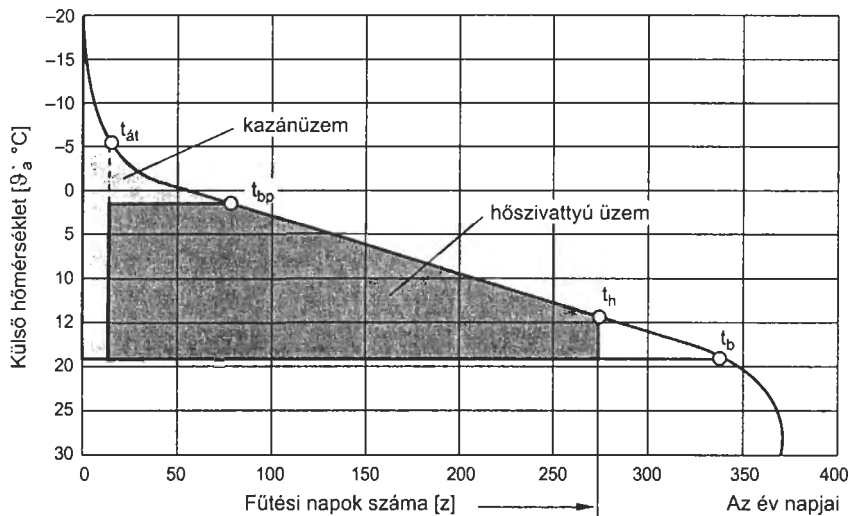
44.16/a ábra. Bivalens – alternatív üzem

$t_{bp} = t_{at}$  – a bivalenciapont hőmérséklete;  $t_h$  – fűtési határhőmérséklet;  $t_b$  – belső hőmérséklet



44.16/b ábra. Bivalens – párhuzamos üzem

$t_{bp}$  – a bivalenciapont hőmérséklete;  $t_h$  – fűtési határhőmérséklet;  $t_b$  – belső hőmérséklet

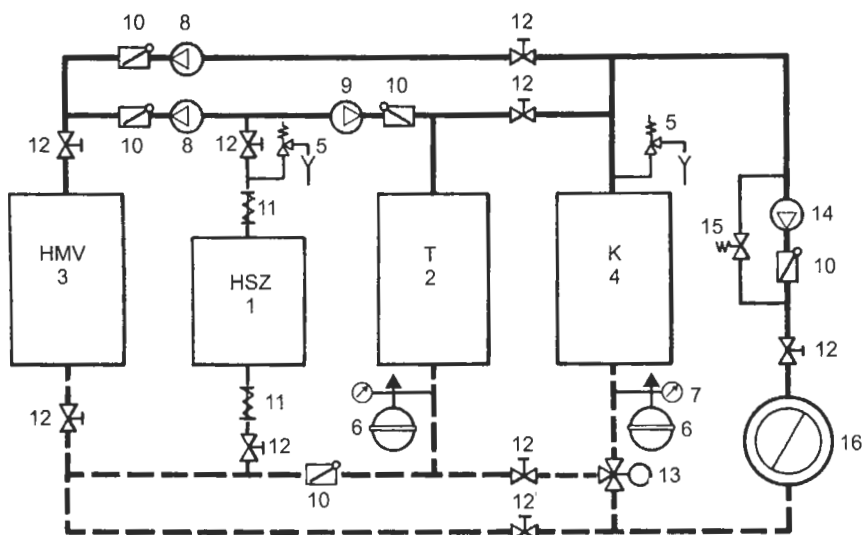


44.16/c ábra. Bivalens – részlegesen párhuzamos, vagy alternatív – párhuzamos üzem

$t_{at}$  – hőszivattyú kikapcsolása;  $t_{bp}$  – bivalencia-pont;  $t_h$  – fűtési határhőmérséklet;  $t_b$  – helyiség hőmérséklete

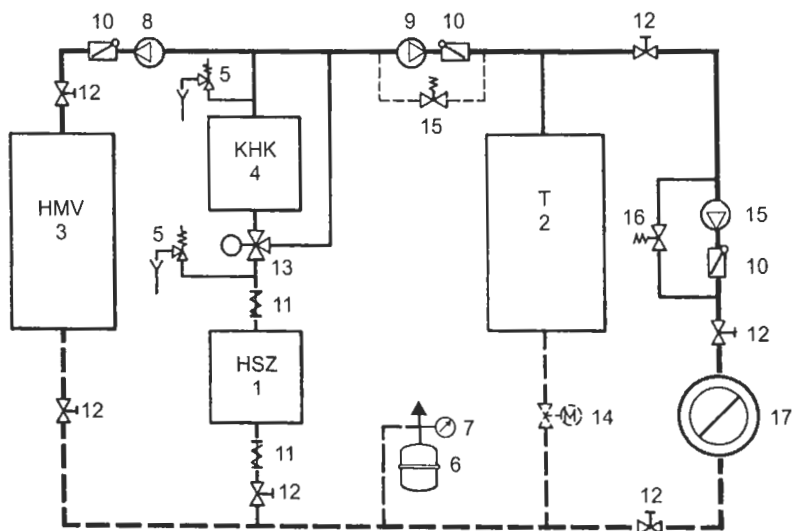
Az ábrákon világosan látjuk, hogyan működik együtt a különféle üzemállapotokban a hőszivattyú és a kazán. Az ábrákat az úgynevezett hőfokhíd alkalmazásával szerkesztettük meg. A hőfokhíd a rendezett hőfokgyakorisági görbe segítségével mutatja meg az éves fűtési energiafelhasználás arányait. Hőfokhíddal találkozhatunk az „Alapismeretek” kötet „Épületfizika” c. fejezetében az 5.18. ábrán, valamint kötetünkben a „Tüzelőanyagfelhasználás”, a „Fűtési rendszerek gazdaságossága” és a „A fűtési rendszerek szabályozása” c. fejezetekben. Ugyanezen megoldások hidraulikus kapcsolását (a monovalens esethez hasonlóan tartállyal és használati melegvíz-termeléssel) a **44.17. ábrasorozat** mutatja.

A 44.17/b és 44.17/c ábrával kapcsolatban felhívjuk a figyelmet a kazánt megkerülő vezetékre. Erre azért van szükség, mert abban az időszakban, amikor a kazán üzemen kívül van, helytelen és káros lenne a hőszivattyú által felmelegített vizet a kazánon átvezetni. Ugyancsak fontos megfigyelnünk azt, hogy mind a hőszivattyú, mind pedig a kazán minden üzemállapotban feltöltve tartja a tárolót.



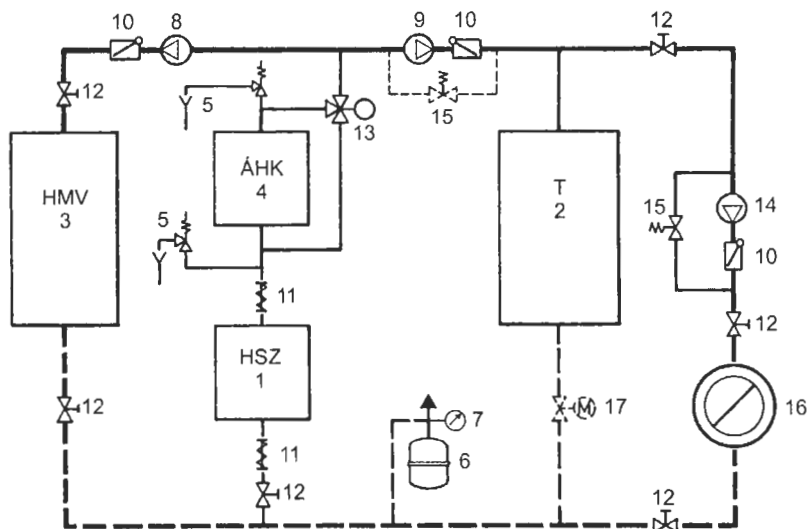
44.17/a ábra. Bivalens – alternatív üzem hidraulikai kapcsolása [7]

1 – hőszivattyú; 2 – tároló; 3 – HMV tároló; 4 – kazán; 5 – biztonsági szelep; 6 – zárt táglási tartály;  
 7 – manométer; 8 – HMV tároló töltő szivattyú; 9 – primer körű keringető szivattyú; 10 – visszacsapó szelep; 11 – flexibilis csatlakozás; 12 – elzárószelep; 13 – 3 járatú szelep; 14 – fűtőkörű keringető szivattyú; 15 – túláramszelep; 16 – fűtőkör



44.17/b ábra. Bivalens alternatív – parallel üzem hidraulikai kapcsolása, kishőmérsékletű kazánnal [7]

1 – hőszivattyú; 2 – tároló; 3 – HMV tároló; 4 – kazán; 5 – biztonsági szelep; 6 – zárt táglási tartály;  
 7 – manométer; 8 – HMV tároló töltő szivattyú; 9 – primer körű keringető szivattyú; 10 – visszacsapó szelep; 11 – flexibilis csatlakozás; 12 – elzárószelep; 13 – 3 járatú szelep; 14 – motoros elzárószelep; 15 – fűtőkörű keringető szivattyú; 16 – túláramszelep; 17 – fűtőkör



44.17/c ábra. Bivalens alternatív – parallel üzem hidraulikai kapcsolása, állandó hőmérsékletű kazánnal [7]

1 – hőszivattyú; 2 – tároló; 3 – HMV tároló; 4 – állandó vízhőmérsékletű kazán; 5 – biztonsági szelep; 6 – zárt táglulási tartály; 7 – manométer; 8 – HMV tároló töltő szivattyú; 9 – primer körü keringető szivattyú; 10 – visszacsapó szelep; 11 – flexibilis csatlakozás; 12 – elzárószelep; 13 – 3 járatú szelep; 14 – fűtőkörü keringető szivattyú; 15 – túlármszelep; 16 – fűtőkör; 17 – motoros elzárószelep

## 44.6. A hőszivattyúk hőforrásai

A hőszivattyús körfolyamatok általában értelemszerűen olyan kis hőmérsékletű energiaforrások, amelyek egyébként fűtésre közvetlenül nem hasznosíthatók.

E hőforrásokat két csoportba szokták sorolni:

- egyikbe tartoznak az ún. „hulladékhők” (használt levegő, elfolyó meleg víz, hűtőberendezés kondenzációs hőárama stb.), amelyek valamilyen technológiai folyamat melléktermékeként keletkeznek. Legfőbb jellemzőjük, hogy általában folyamatosan termelődnek, és így rendelkezésre állásuk bizonyos mértékben független egyéb körülményektől (pl. az időjárástól).
- a másik csoportba sorolhatók a természetes energiaforrások hőhordozói, ilyenek pl. a levegő, a talaj- és felszíni vizek hője, a napsugárzás, a közvetlen talajhő.

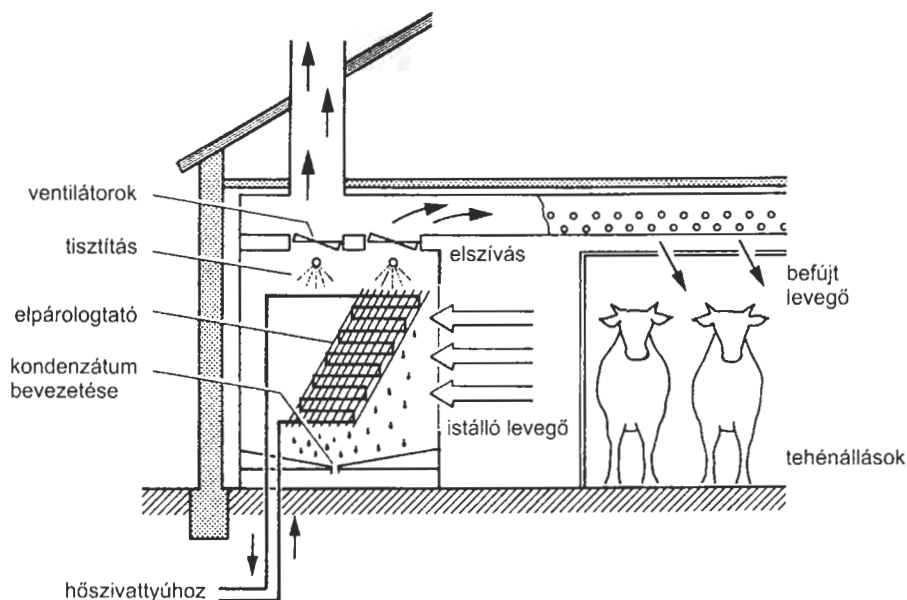
A hőszivattyúk gazdaságos alkalmazása szempontjából alapvetően fontos, hogy a hőforrás:

- műszakilag könnyen, tehát olcsón kihasználható legyen;
- megfelelő mennyiségben és folyamatosan álljon rendelkezésre;
- hőmérséklet szintje minél magasabb legyen.

Ipari célú, egyedi tervezésű hőszivattyúknál a hőforrásokat a konkrét viszonyok ismerete alapján gazdaságossági döntéssel összekötve veszik számba. A sorozatban gyártott, többnyire háztartási célokat kielégítő berendezések a természetes energiaforrások hőjére építenek és azokat hasznosítják.

#### 44.6.1. Légekri levegő mint hőforrás

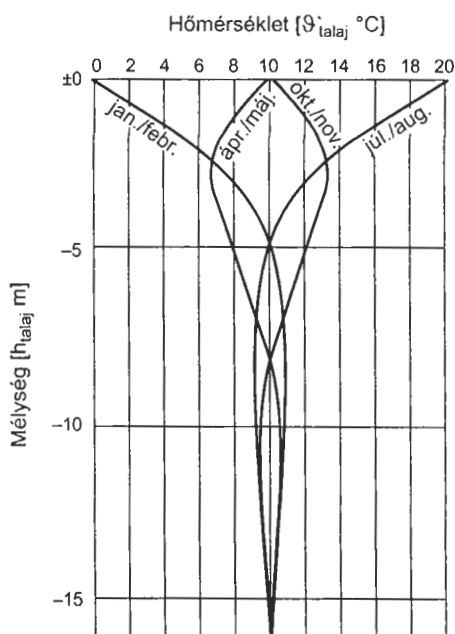
Jellemzője, hogy bár gyakorlatilag korlátlan mennyiségben áll rendelkezésre, csupán 1,4–2,2 W/m<sup>2</sup>h érték hasznosítható közvetlenül a hőszivattyú elpárolgatójánál. Ennek következtében jelentős tömegáramot kell az elpárolgató hőcserélőjén keresztülvezetni. További hátránya, hogy hőmérsékletének minimális értéke általában egybeesik a fűtési igény maximumával. Kedvezőtlen hőátadási tulajdonságai miatt nagy hőcserélő felületeket igényel, emiatt a berendezés viszonylag drága. Üzemviteli problémát is jelent, hogy az elpárolgató 0 °C alatti felületi hőmérséklete mellett dér képződik, aminek eltávolítása költséges és műszakilag bonyolult megoldásokhoz vezet. Mindezeket egybevetve a gyakorlatban a környezeti levegőt hasznosító hőszivattyúkat általában csak melegvízkészítésére méretezik, fűtésre ritkábban alkalmazzák. Ezért ilyen példát nem is mutatunk, helyette a **44.18. ábra** azt képviseli, amikor pl. istállóból elszívott levegőt hasznosítunk.



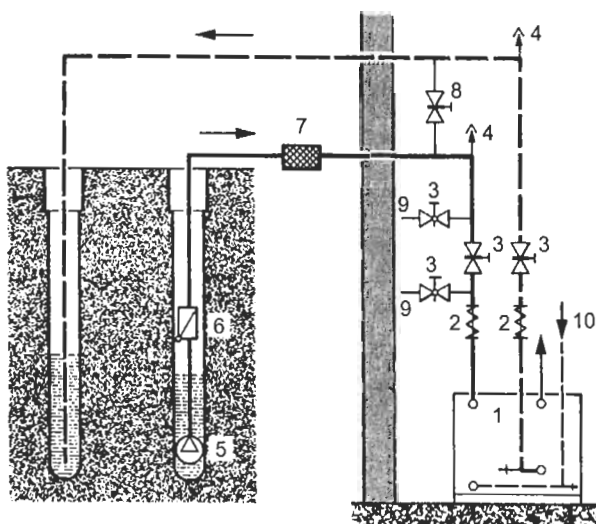
44.18. ábra. Istálló elszívott levegőjének hasznosítása [7]

#### 44.6.2. Felszíni és talajvizek alkalmazása hőforrásként

Kedvező, hogy hőmérsékletük egész évben meghaladja a fagypontot. A „fűtési idényben” a folyók, tavak vizének hőmérséklete  $2...12\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a talajvízé ennél is magasabb. Hőforrásként való alkalmazásuknál az elpárolgási hőmérséklet  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  körül, vagy annál nagyobb is lehet, ami kedvezően csökkenti a hőszivattyú méretezését meghatározó hőmérsékletkülönbséget (44.19. ábra). A víz kedvezőbb hőátadási tulajdonsága mellett azonban meg kell említeni azt a többletköltséget, amit a vízkivétel és elvezetés, valamint a szivattyúzási igény jelent (44.20. ábra).



44.19. ábra. Talajvíz- és talajhőmérséklet alakulása

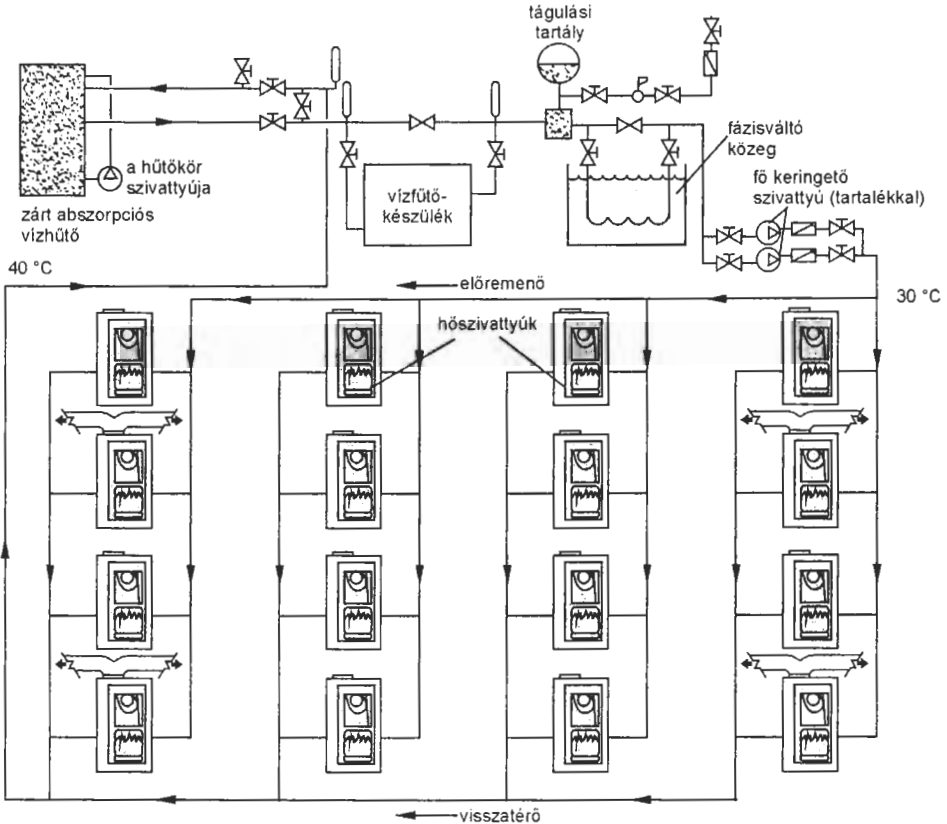


44.20. ábra. Talajvíz alkalmazása hőforrásként [7]

- 1 – víz-víz hőszivattyú; 2 – flexibilis csatlakozás; 3 – elzáró szerkezet; 4 – légtelenítés; 5 – búvárszivattyú; 6 – visszacsapószelep; 7 – szűrő; 8 – rövidrezáró vezeték; 9 – vízvétel ellenőrzés céljára; 10 – fűtési előremenő és visszatérő vezeték

#### 44.6.3. Víz alkalmazása hőforrásként decentralizált rendszerben

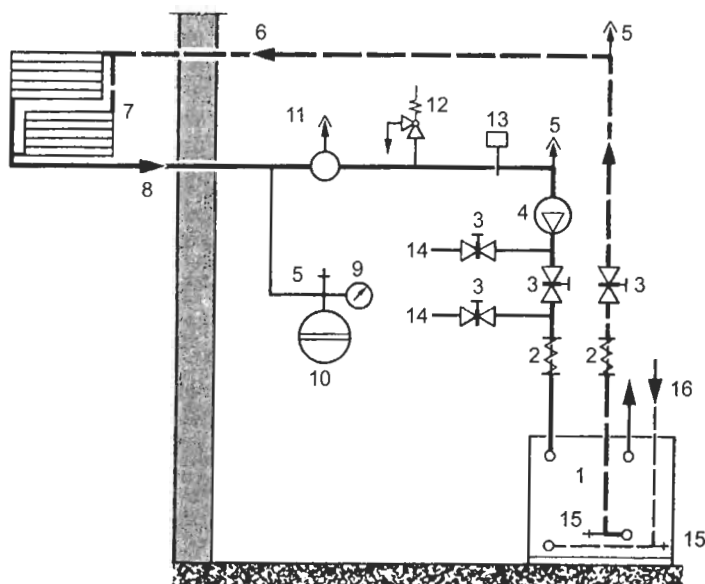
Úttörő gondolatot jelent az amerikai „Mc Quay” cég megoldása. E szerint az épületben vízre, mint hőforrásra alapozott decentralizált hőszivattyúkat kell elhelyezni, melyek megfelelő elosztása biztosítja, hogy mindig az épület egyik oldaláról „szivattyúzzuk” át a hőt a másik oldalra (44.21. ábra). Részletes eligazítást lásd a [45] és [67] irodalmi forrásokban.



44.21. ábra. Víz hőforrású decentralizált rendszer

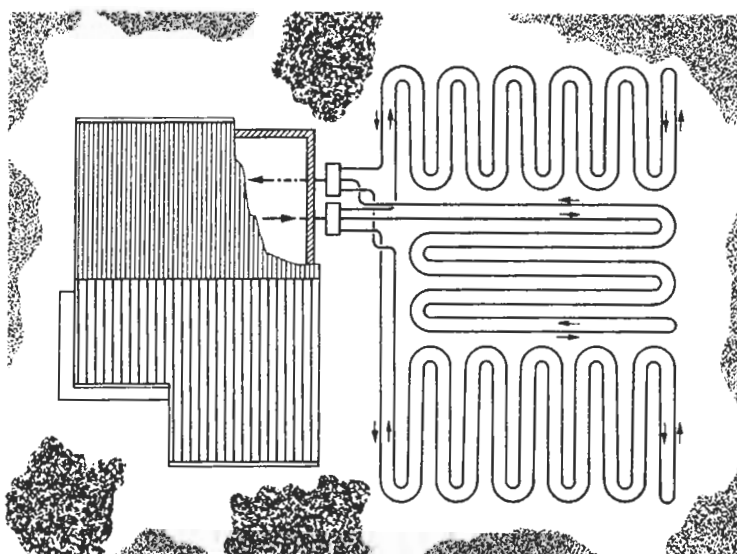
#### 44.6.4. A talaj, mint hőforrás

A talaj hőmérséklete a légköri levegő hőmérsékletének évszakonkénti változását a mélységtől, a talajminőségtől függően késleltetve és csökkent amplitúdóval követi. Közepes nedvességtartalmú talajban 1,5...2 m mélységben 5...16 °C közötti a talajhőmérséklet. A hőszivattyú hőelvonása következtében a talaj – mint hőforrás – hőmérséklete csökken. Kedvező minőségű talajban, ha a hőt felvevő csőigény terhelése 20...60 W/m közötti értékű, a csövek sortávolsága 0,6 m-nél nagyobb, akkor a talaj hőmérséklete 5...10 K-kal kisebb lesz a természetes, „zavartalan” hőmérsékletnél.



44.22. ábra. Talajkollektor vagy talajszonda hidraulikus kapcsolása [7]

- 1 – Talaj-víz hőszivattyú; 2 – Flexibilis csatlakozás; 3 – Elzáró szerkezet; 4 – Szivattyú; 5 – Légtelenítés;  
 6 – Lehűlt víz a talajhoz; 7 – Hőfelvevő csővezetékrendszer a talajban; 8 – Felmelegedett víz a talajból;  
 9 – Manométer; 10 – Zárt tágulási tartály; 11 – Légtelenítés; 12 – Biztonsági szelep;  
 13 – Hőmérsékletkorlátozó; 14 – Töltő; 15 – Üritőszervezet; 16 – Fűtési visszatérő vezeték



44.23. ábra. Talajkollektor csővezetési megoldása [7]



Bár a fűtési idényben közvetlen elpárolgotatásnál az elpárolgási hőmérsékletnek nem kell  $0...5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál kisebbnek lennie, a szükséges beépítetlen terület, továbbá a talaj becsövezésének jelentős költségei csökkentik az alkalmazás gazdaságosságát. Közvetett elpárolgotatásnál ugyan csökkenthető a talaj becsövezésének költsége és a korróziós veszély, de a kisebb elpárolgási hőmérséklet miatti kisebb fajlagos fűtőteljesítmény, a szivattyúzás teljesítmény-igénye, a fagyálló közvetítő közeg költsége kiegyenlíti ezt a hatást (**44.22.** és **44.23. ábra**).

#### 44.6.5. További hőforrások

Hőforrásként vehető még figyelembe:

- a természetes meleg vizek, termálvizek;
- a nagymennyiségű lehűtendő vizet felhasználó technológiák, különösen akkor, ha a vizet hűtési célokra használják;
- a csatornák szennyvize;
- egyenletes ütemben kibocsátott használt levegő (pl. klímaberendezés);
- hűtőrendszerek kondenzátora;
- transzformátorok olajrendszere;
- erőművek kondenzációs hője, kazánüzemek távozó füstgázában levő hőáram stb.

A természetes hőforrások és a hulladékhő hasznosításával a hőszivattyúk jelentős környezetszennyezéstől tehermentesítik a fűtési technológiát.

### 44.7. Hőszivattyúk kivitelezési megoldásai

A hőszivattyúk gyakorlati kivitele ezek után a hőforrástól és a termelt energia formájától, nemétől, felhasználásától függ.

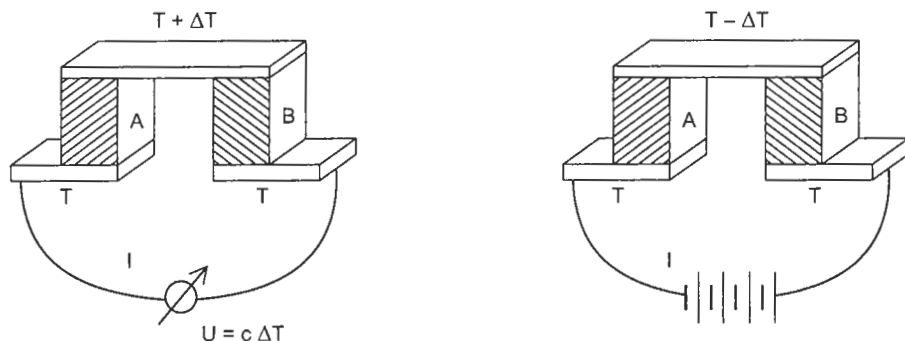
Ezek szerint megkülönböztetünk:

- **levegő-víz** hőszivattyút (itt a forrás a levegő, és központi fűtés vagy használati melegvíztermelés céljára vizet melegítünk),
- **levegő-levegő** hőszivattyút (ahol értelemszerűen a hőforrás és az előállított közeg is levegő, szó lehet itt például légfűtésről),
- **víz-víz** hőszivattyút (ahol a hőforrás a már említett talajvíz vagy felszíni víz és fűtési, illetve használati melegvizet állítunk elő, és így tovább, ahogy ezt a műszaki képzelő erő, illetve a lehetőség engedi).

Egyéb szempontok szerint szokás még „kompakt” és „elválasztott” azaz „SPLIT” rendszerről beszélni, aszerint, hogy a kondenzátor és elpárolgotató szerkezeti elemek hogyan illeszkednek egymáshoz.

#### 44.8. Seebeck- és Peltier-effektus

A 60-as évek elején sokat ígérő kísérleti eredmények és ezekre alapozott bátor jóslatok jelentek meg a külföldi szakirodalomban egy 1834 óta ismert fizikai jelenség hűtőtechnikai alkalmazásáról, várható gyakorlati elterjedéséről. E jelenség a *Peltier*-hatás, amelynek valóban sok reményre jogosító alkalmazási formája a hővillamos hűtőkészülék, illetve a hőszivattyú.



44.24. ábra. Seebeck- és Peltier-effektus

A jelenség tulajdonképpen fordítottja a hőmérsékletmérés céljára felhasznált, jól ismert *Seebeck*-effektusnak. Ennél a különböző hőmérsékletek hatására a fémek alkotta áramkörben a hőmérsékletkülönbséggel arányos áram keletkezik. A *Peltier*-hatással viszont az áramot – közbeiktatott áramforrással – mesterségesen hozzuk létre, ennek következtében a két forrasztási hely hőmérséklete megváltozik, az egyiké csökken, a másiké növekszik. Az áram irányának megváltoztatásakor a szerepek cserélődnek, az előbbi meleg forrasztási hely lesz hideg, az előbbi hideg pont pedig felmelegszik.

A *Peltier*-hatást alkalmazó hűtőgép, illetve hőszivattyú különleges szerkezeti anyagok alkalmazását igényli. Erre a célra a legalkalmasabb anyag az ún. „félvezető”, amelynek jó villamosáram-vezetőnek, de egyúttal rossz hővezetőnek kell lennie. Hátránya egyelőre a viszonylag magas gyártási költség és a kis hatásfok. (Lásd még: „Alapismeretek” kötet „A hűtőtechnika alapjai” c. fejezet 9.5. pontja.)

Hőszivattyús alkalmazásnál elérhető jósági fok 0,2 körüli érték. Az előállítható hőmérsékletkülönbségek elérik a hőszivattyús alkalmazásnál szokásos 60...100 K értéket.

A félvezetők előállításának technológiája igen gyorsan fejlődik és ez új impulzusokat adhat a termoelektromos hőszivattyúk további elterjedésének. Eddig ugyanis csak speciális felhasználási területeken, mint pl. orvosi, gyógyászati készülékekben, kis kriosztátokban (a „kriotechnika” az igen kis hőmérsékletű hűtés szakkifejezése), kisteljesítményű laboratóriumi termosztátoknál került alkalmazásra – ott, ahol kis helyigényét és egyszerű felépítését célszerűen ki lehet használni (44.24. ábra).

#### Irodalom

A 36–45. fejezet irodalomjegyzékét lásd egyesítve a 45. fejezet után!

## 45. A Nap sugárzási energiájának hasznosítása a fűtéstechnikában

### 45.1. Alapfogalmak

#### 45.1.1. Fogalommeghatározások

Az irodalomban és a szakmai körökben gyakran találkozhatunk olyan fogalmakkal, mint szoláris, bioszoláris, klímatudatos épületek és rendszerek. Célszerű e fogalmakat – amennyire lehet – tisztázni, noha általánosan elfogadott, érvényes meghatározások nincsenek.

A **szoláris** építészet fogalma azt jelenti, hogy az épület energiamérlegében kiemelt jelentősége van a napsugárzás energiájának mind a fűtési energiamérleg, mind a természetes világítás szempontjából, a szoláris energia hasznosítása pedig elsősorban építészeti, épületszerkezeti eszközökkel történik. Gyakorta ugyancsak szolárisnak nevezik az olyan épületeket is, amelyeknél a napsugárzási energia hasznosítására épületgépészeti rendszerek szolgálnak, a felhasználási célok között pedig a használati melegvíztermelés és az uszodai medencevíz-melegítés is szerepel.

A **bioszoláris** építészet fogalma szintén azt jelenti, hogy az épület energiamérlegében kiemelt jelentősége van a napsugárzás energiájának mind a fűtési energiamérleg, mind a természetes világítás szempontjából, de ebben az esetben a szoláris energia hasznosítása kizárólag építészeti, épületszerkezeti eszközökkel történik és a tervezésben a napfény lélektani, élettani, hőérzeti hatása nagyobb hangsúlyt kap.

A **klímatudatos** építészet egyben szoláris is, hiszen az éghajlat egyik legfontosabb eleme a sugárzás. A tágabban értelmezhető jelző az éghajlat többi elemére is fordított figyelmet jelentheti, mint például a szél- és csapóeső elleni védelem a téli félévben, a természetes hatások (köztük a szél) tudatos kihasználása a nyári természetes szellőztetés céljára, a környezet célszerű alakítása.

A szoláris építészet egyben **energiatudatos** is, hiszen épületeiben a sugárzási energia fedezi a fűtési, világítási energiaigények egy jelentős hányadát. Az energiatudatos azonban jelenthet mást is – igen jól szigetelt, kompakt tömegformálású épületet, magas színvonalú,

kitűnő hatásfokú épületgépészeti rendszert is, tehát az energiatudatos jelző nem feltétlenül egyenértékű a szolárisal.

A szoláris építészet egyben *környezetbarát* vagy *ökocentrikus* is, hiszen az energiafogyasztás csökkenése a környezetszennyezés csökkentését is jelenti, amibe messzire gyűrűző hatások is beleértendők, a tüzelőszállításon át a felhagyott külszíni fejtések rekultiválásáig. Ugyanakkor a környezetbarát vagy ökocentrikus jelző ennél többet is jelent: víztakarékos épületgépészeti rendszert, szennyvíz és csapadékvíz hasznosítást, környezetkímélő szemétkézelést, kevés energiával előállítható és újrahasznosítható, vagy a természetbe visszaforgatható építőanyagokat.

Az ideális eset nyilván a fentiekben megfogalmazott elvek harmonikus ötvözete. Nincs sok értelme a fenti irányzatok rangsorolás céljából való összehasonlításának, hiszen nagyon sok közös vagy rokon elemük van. Bármely jelzőt használjuk is, a cél az energiafogyasztás csökkentése és a környezet kímélése és pedig az építéstől a bontásig terjedő teljes ciklust figyelembe véve, a hőérzeti és más humán igények kielégítése, természetesen az egyéb esztétikai, szerkezeti, technológiai követelmények lehető teljesítése mellett.

#### 45.1.2. A szoláris rendszerek osztályozása

A napsugárzás energiahozamát a következők jellemzik: irányfüggő, napi és évi periódusban, ezen felül egyéb tényezők hatására véletlenszerűen változik.

A dolog természeténél fogva a fűtőhatásra általában akkor van nagyobb szükség, amikor a sugárzási energiahozam kisebb és viszont. Ezért egy napsugárzási energiát fűtési célokra hasznosító rendszerben az energia tárolását legalább a 24 órás ciklusra (nappal-éjszaka) meg kell oldani, egyes különleges (és drága) rendszerekkel hosszabb távú (akár szezonális) tárolás is megoldható.

Minden szoláris rendszernek három funkciót kell ellátnia. Ezek

- a sugárzási energia begyűjtése;
- a sugárzási energia (legalább egy részének) tárolása;
- az energia leadása, célbajuttatása.

A rendszereket annak alapján osztályozhatjuk, hogy a fenti funkciókat *mivel, hogyan és hol* teljesítjük.

Ha mindhárom funkció teljesítésére az épület, illetve annak szerkezeti elemei szolgálnak, a rendszert *passzív*nak nevezzük. Ebben a sugárzást felfogó elemek az épület üvegezett, transzparens részei mögötti felületek. Az energia tárolására és leadására leginkább az épület külső és belső határolószerkezetei szolgálnak. A hőleadás, az energia célbajuttatása az épület-szerkezetekben és a helyiségekben lejátszódó spontán folyamatok (vezetés, hőátadás) eredménye. A rendszer működéséhez külső energiaforrás nem szükséges. A folyamatok szabályozására elég kevés lehetőség van, éppen ezért a passzív rendszerek igen gondos méretezést igényelnek.

Ha mindhárom funkció teljesítésére épületgépészeti elemeket alkalmazunk, a rendszert **aktívnak** nevezzük. Ebben a sugárzást felfogó, begyűjtő elemek, a **kollektorok** nemcsak az épületre ráépített elemek lehetnek, hanem a tetőhéjalással integrált vagy a falszerkezet külső felületét meghatározó, azzal összeépített rendszerek is. Az energia tárolására jellemzően víztartályokat, a hőleadásra központi fűtési rendszereket (elosztó csőhálózat, fűtőtestek, kiegészítő fűtésre kazán) alkalmaznak. Az energia szállítására, célbajuttatására külső forrásból táplált szivattyúkat használnak, a folyamat szabályozható, kézben tartható.

Az aktív és a passzív rendszerek között helyezkednek el a **hibrid** rendszerek. Ezekben döntő az építészeti, épületszerkezeti elemek szerepe, de az energia célbajuttatására épületgépészeti elemeket és külső energiaforrást is igénybe veszünk. Ez rendszerint ventilátort és légcsatorna-hálózatot vagy légjáratos, kéthéjú épületszerkezeteket jelent. A kézben tartható energiaszállítás lehetővé teszi az épületszerkezetektől független, „kihelyezett” hőtárolók létesítését is kőagy, fázisváltó töltet formájában, valamint az energiának az elnyelő felülettől távol eső helyiségekbe való szállítását is.

A szoláris rendszerek igen változatos kiviteli formái miatt gyakran nehéz, de felesleges is egy adott megoldás pontos besorolása.

A passzív rendszerek családján belül két különböző változatot szokás megkülönböztetni.

A **direkt** rendszer esetében mind a három feladatot magának a fűtendő helyiségnek a szerkezetei látják el: az üvegezésen bejutó sugárzást a belső felületek elnyelik, a határoló-szerkezetek tárolják, majd a belső felületeken leadják.

Az **indirekt** rendszerek esetében a három funkció térben szétválik – az elnyelés a helyiségen kívül, a leadás a helyiségen belül, a tárolás többnyire egy térbelileg „köztes” helyen lévő épületszerkezetben történik. Az energia térbeli „célbajuttatása” az épületszerkezetekben kialakuló hővezetés és az épületben kialakuló természetes légmozgás révén oldható meg.

A passzív rendszerek alkalmazása értelemszerűen meghatározza az építészeti koncepciót, a tömegformálást, az alaprajzot, a homlokzatok képét, az üvegezési arányt. A sugárzási energia begyűjtése főleg a homlokzati felületeken történik.

A **hibrid** rendszerek esetében az elnyelés-tárolás-leadás helyei térben egymástól elszakadhatnak (a „gépi szállítás” következtében). A sugárzási energia begyűjtése történhet a tetőn is, hiszen a „szállítás” iránya már nem kötődik a természetes felhajtóerőhöz. A homlokzat így szabadabban alakítható, hiszen nem feltétlenül ott kell az energia begyűjtését megoldani.

A szoláris rendszerekben általában a következők történnek:

- a sugárzás egy része átjut valamilyen transzparens (sugárzást átbocsátó) rétegen,
- elnyelődik egy opaque (sugárzást át nem bocsátó) felületen,
- az elnyelt energia vezetéssel átjut egy tömör szerkezeten és/vagy valamilyen közvetítő közeg felveszi,
- a fűtendő térbe, vagy először valamilyen hőtároló szerkezetbe, majd onnan a fűtendő térbe jut.

Az azonos működési elv teljesen különböző építészeti megoldásokkal, szerkezetekkel, terekkel valósítható meg, hiszen például a transzparens réteg lehet az elnyelő felületre közvetlenül ráhelyezett transzparens szigetelés, a tömör fal előtt elhelyezett üvegezés, közte annyi helytel, amely a mobil hőszigetelés-árnyékolás működéséhez kell, avagy annyi helytel – üvegház, naptér –, amely az év jó részében, mesterséges fűtés nélkül lakóterként használható. A tárolást és a hőleadást illetően lehet elsődleges szempont az „azonnali, helyben való” elnyelés és tárolás (majd később vezetéssel való továbbítás), az azonnali (levegővel, konvektív módon történő) továbbítás és mindezek kombinációja is. A tárolásban az építőanyagok, épületszerkezetek mellett (a passzív rendszerekben is) megjelenhet a víz vagy valamilyen fázisváltó anyag is.

Általános szabályként jegyezzük meg, hogy a fűtőhatást kiváltó folyamatok nyáron is léteznek, amikor azok egyáltalán nem kívánatosak, ezért minden esetben gondoskodni kell az épület túlzott nyári felmelegedése elleni védelemről, bizonyos esetekben pedig a szoláris rendszer egyes elemeinek külön védelméről is.

Általános alapelveként azt tartjuk szem előtt, hogy a jó szoláris épület energetikai célú elemei az épülettel szerkezetileg és funkcionálisan integrálódnak! Az idegen, toldott-foldott-ráakasztott jellegű elemek túlzásfoglalása és túlhangsúlyozása nemcsak ízléstelen, hanem többnyire energetikai szempontból sem hatékony.

#### 45.1.3. Tervezési stratégiák

Az épületgépészeti rendszerek energiaigénye alapvetően kétféle módon csökkenthető: vagy a „negatív” (veszteség) áramok csökkentésével, vagy a „pozitív” (nyereség) áramok növelésével.

Ennek megfelelően beszélhetünk „*védekező*”, *defenzív* vagy „*szoláris*”, *interaktív* tervezési felfogásról.

Nem az a cél, hogy minél több szoláris energiát használjunk fel, hanem az, hogy minél kevesebb fosszilis energiát fogyasszunk, aminek egyik módja a veszteségáramok csökkentése, másik módja a veszteségáramok szoláris energiával történő fedezése. Gondos mérlegelést igényel, hogy milyen mértékben ésszerű csökkenteni az épület veszteségáramait, milyen mértékben ésszerű ezeket szoláris energiával fedezni.

Természetszerűen merül fel a kérdés, hogy nem lehet-e az előbbi célokat egyszerre, ugyanazon az épületen megvalósítani. Sajnos egyszerűen belátható, hogy ennek lehetőségei korlátozottak.

Ha a kérdést a téli feltételek szempontjából vizsgáljuk, a védekező, *defenzív* felfogásban tervezett épületeket kompakt tömegformálás, kis ablak-arány, jó légzárás és jó hőszigetelés jellemzi. A *szoláris szemlélettel* tervezett, *passzív rendszerként működő épületek* tömegformálását a tájolás, a benapozás, az ablakoknak és más energiagyűjtő elemeknek a benapozott homlokzaton való koncentrálása jellemzi, a homlokzatokat pedig a nagy üvegezési arány és energiagyűjtő elemek alkalmazása. A hőtároló tömeg nagy. Természetesen a passzív szoláris

épületek szerkezeteit is jó hőszigeteléssel kell ellátni. A nagyobb üvegezési arány és a homlokzati energiagyűjtő elemek miatt azonban a transzmissziós hőveszteség akkor is nagyobb lesz, ha a hőszigetelés (a megmaradt „hagyományos” falfelületeken) ugyanolyan színvonalú, mint egy defenzív épület esetében. Szintén a transzmissziós hőveszteséget növeli az a körülmény, hogy (a kis, 100–150 m<sup>2</sup> alapterületű épületektől eltekintve) a sugárzási nyereség begyűjtése végett a szoláris épületek esetében a kompakt tömegformálást fel kell adni, tehát az adott fűtött térfogatot fajlagosan nagyobb külső felülettel kell körbevenni. Ez a feltétele annak, hogy elegendő ablakot és más energiagyűjtő felületet lehessen a kedvező tájolású homlokzaton elhelyezni.

A szokványos ablakok és más energiagyűjtő elemek transzmissziós hőátbocsátási tényezője nagyobb, mint a fal- és tetőszervezeteké. Annak az ára tehát, hogy sugárzási energiát gyűjtsünk be az, hogy az éjszakai órákban vagy hideg, borult időszakokban a veszteségek nagyobbak. Éppen az éjszakai órák átvészelése érdekében szükséges az, hogy a szoláris épület hőtároló-képessége nagy legyen és e veszteségek egy részét a tárolt hőből fedezzük. Ezzel együtt a többnapos, hideg, borult időszakok miatt nagyobb teljesítményű kazánok, fűtőberendezések beépítésére van szükség még akkor is, ha ezt a nagy beépített teljesítményt a fűtési idény során csak néhány napig használjuk ki. A veszteségek csúcserőértékei mérsékelhetők, ha az ablakokon és más energiagyűjtő elemeken mozgatható hőszigetelő-árnyékoló szerkezeteket alkalmazunk, amelyek egyszersmind a helyiségek nyári túlmelegedésének kockázatát is mérséklék.

A defenzív épületek esetében a hőveszteség szélső értéke kisebb, kisebb tehát a beépítendő fűtőtelteljesítmény is. Ugyanakkor a kisebb üvegezési arány és az építészeti energiagyűjtő elemek hiánya miatt az épület kevésbé él a napsugárzási energia hasznosításának lehetőségével.

Az előzőekből megállapítható, hogy a passzív szoláris épület előnye, hogy a fűtési idény során a veszteségek jelentős részét a napsugárzási energiából fedezi, hátránya, hogy nagyobb beépített fűtőtelteljesítményre van szükség. A defenzív épületek előnye a kisebb beépítendő fűtőtelteljesítmény, hátránya, hogy kevésbé él a sugárzási energia hasznosításának lehetőségével.

A kétféle tervezési stratégia következményei közötti, a fentiekben körülírt eltérés építészeti-épületszerkezeti eszközökkel csak korlátozott mértékben enyhíthető. A mozgatható hőszigetelő-árnyékoló szerkezetek mindkét felfogásban alkalmazhatók, ezek a szoláris épületek igen lényeges elemei. Nyilván előnyösen befolyásolják a defenzív épületek energiamérlegét is, hatásuk azonban az eleve kisebb transzmissziós veszteségek okán viszonylagosan szerényebb.

A későbbiekben tárgyalandó energiagyűjtő falszerkezetek közül egyedül a transzparens szigetelésűek azok, amelyek a „szoláris” és a „defenzív” tulajdonságokat egyesítik és mindkét felfogás követelményeit kielégítik.

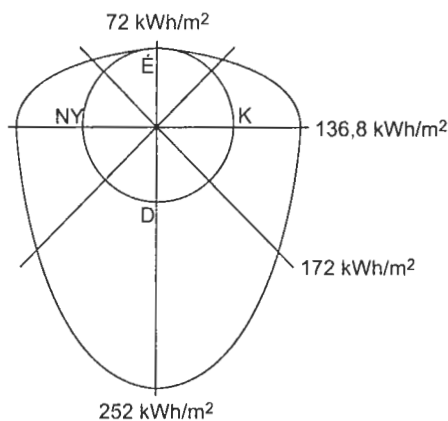
A hibrid rendszerek között találunk olyan megoldásokat, amelyek a szoláris energia hasznosítását a defenzív minőség sérelme nélkül teszik lehetővé. Az aktív szoláris rendszerek defenzív felfogásban tervezett épületeken is alkalmazhatók. Ez azt sugallná, hogy az igazi

megoldást a hibrid vagy az aktív rendszerek jelentik. Nem szabad azonban megelégednünk két lényeges körülménnyel. Az egyik az, hogy a passzív rendszerek általában nem igényelnek különleges anyagokat, szerkezeteket, „csak” szaktudást, a hibrid és aktív rendszerekhez viszont a szaktudás mellett jelentősebb beruházás is szükséges. A másik az, hogy kicsiny sugárzási energiahozamok esetén a passzív rendszerek néhány típusa, ha nem is szállít fűtőáramot az épületbe, de legalább csökkenti a veszteségeket, míg az aktív rendszerek jórésze ilyenkor működésképtelen.

Mindegyik megoldásnak van létjogosultsága és „elvi alapokon” egyik sem jobb a másiknál. Hogy melyiket kövessük, az mindig egy-egy adott feladat ismeretében dönthető el. Ha a benapozás feltételei egy adott helyen a terepalakulatok, az utcavonalak, a meglévő vagy várható beépítés miatt rosszabbak, akkor nyilván defenzív felfogásban érdemes tervezni. Jó benapozási feltételek mellett reális alternatívát és előnyös megoldást jelenthet a szoláris ház. A lényeg az, hogy mindegyik stratégia szabályait jól ismerjük, lehetőségeivel és korlátaival tisztában legyünk.

#### 45.1.4. Sugárzási energiahozamok

Az energiagyűjtő felületek tájolását illetően nyilvánvaló, hogy a délihez minél közelebbi irányok a kedvezőek. A különböző tájolású függőleges felületekre jutó sugárzásösszegeket (a november 1. – március 31. közötti időszakra) az **45.1. ábra** mutatja. Az adatok értékelésekor vegyük figyelembe, hogy a téli hónapokban a diffúz sugárzás az összszugárzásnak aránylag nagyobb hányadát teszi ki, ami mérsékli a különböző irányok közötti különbséget.



45.1. ábra. A sugárzás a fűtési időnyben

Az egyes téli hónapok egy-egy reprezentatív napján a különböző tájolású, egyszeres és kétszeres, függőleges síkban álló üvegezésen átjutó sugárzási nyereség tájékoztató napi értékeit az **45.1. táblázat** tartalmazza.



## Sugárzási nyereség adatok

45.1. táblázat

Vízszintes felületre érkező sugárzási energia napi átlagai, kWh/m<sup>2</sup> nap

Tájolás	Észak	Dél	Kelet	Nyugat	Vízszintes
Január	0,31	1,11	0,47	0,47	0,64
	0,28	1,00	0,42	0,43	0,59
Február	0,47	1,77	0,90	0,81	1,30
	0,42	1,59	0,81	0,73	1,13
Március	0,71	2,26	1,43	1,33	2,47
	0,64	2,03	1,29	1,19	2,24
Április	1,00	2,46	2,08	1,91	3,73
	0,90	2,21	1,87	1,72	3,51
Október	0,57	2,40	1,24	1,22	1,99
	0,52	2,16	1,12	1,10	1,77
November	0,37	1,58	0,65	0,61	1,04
	0,33	1,42	0,58	0,55	0,88
December	0,24	1,02	0,43	0,41	0,60
	0,22	0,92	0,39	0,37	0,51

Dőlt síkban elhelyezett energiagyűjtő felületek esetén a legnagyobb sugárzási nyereséget eredményező lejtést illetően ökölszabályként a következőket vehetjük figyelembe:

- ha a rendszer egész évben üzemel, az optimális dőlésszög megegyezik az adott földrajzi hely szélességi körével (hazánkban 46–48°),
- ha a rendszer csak a nyári félévben üzemel, az optimális dőlésszög az előzőnél 10°-kal kisebb,
- ha a téli félévben kívánjuk a lehető legtöbb sugárzási energiát begyűjteni, az optimális dőlésszög az első értéknél 10°-kal nagyobb.

Néhány fokos eltérés a sugárzási energiahozamban nem okoz érdemi változást.

Tájékoztató adatokat [16] nyomán a **45.2. táblázat** tartalmaz.

Déli tájolású, 45° dőlésű felületre beeső teljes sugárzásintenzitás átlagai

45.2. táblázat

Óraköz	Jan.	Feb.	Márc	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Szept.	Okt.	Nov.	Dec.
6-7	–	–	27	48	80	104	88	61	39	–	–	–
7-8	–	62	87	142	152	175	159	148	128	78	41	–
8-9	83	118	223	280	302	344	312	284	260	196	97	75
9-10	149	244	357	441	489	529	499	482	422	335	195	120
10-11	223	335	478	582	682	768	692	657	578	456	243	189
11-12	276	389	542	662	810	952	840	750	655	552	316	229
12-13	269	376	530	644	787	932	834	745	631	525	309	225
13-14	224	323	439	548	637	744	653	616	531	441	253	187
14-15	143	224	319	393	460	508	457	440	390	321	171	113
15-16	69	108	190	253	294	328	287	265	237	176	77	
16-17	–	45	76	130	155	179	157	140	115	65	40	–55
17-18	–	–	21	47	82	105	88	57	31	–	–	–
Napi összeg [Wh/m <sup>2</sup> d]	1436	2220	3288	4170	4930	5668	5066	4645	4017	3145	1742	1203

Az elnyelő felületek tájolása természetesen számos körülménytől függ (telekosztás, utca-vonal, alaprajz, környező beépítés árnyékoló hatása, tetőidom), így sok esetben nincs mód a déli tájolás megvalósítására. A délitől eltérő tájolás és a 45°-tól eltérő dőlés esetén a **45.3. táblázat** szerinti csökkentő tényezők alkalmazhatók.

Csökkentő tényezők

45.3. táblázat

Tájolás	D	DK	DNy	K	Ny
20	0,90	0,81	0,81	0,75	0,75
30	1,00	0,90	0,90	0,83	0,83
Dőlés, fok 45	1,00	0,90	0,90	0,83	0,83
60	0,82	0,75	0,75	0,69	0,69
70	0,77	0,69	0,69	0,64	0,64

A következőkben leírtak megértése érdekében lapozzuk fel az „Alapismeretek” kötet „Épületfizika” c. fejezetét, és olvassuk át a következő fogalmakat a hozzájuk tartozó ábrákkal:

Nappálya diagram	5.20. számú ábra
Nappálya diagramok	5.21. számú ábra
A szögek magyarázata	5.22. számú ábra
Árnyékképzés	5.25. számú ábra
Élleképző görbe	5.26. számú ábra
Árnyékmászok	5.27–5.30. számú ábrák
A hasznosítási fok	5.19. számú ábra

Ugyanakkor igen fontos, hogy az „Alapismeretek” kötet „Időjárás, éghajlat” c. fejezetében áttekintsük a napfénytartamot és a globálisugázási energiahozamokat tárgyaló 4.2. és 4.3.ábrát, valamint a 4.1., 4.2. és 4.3 táblázatot is.

## 45.2. Passzív rendszerek

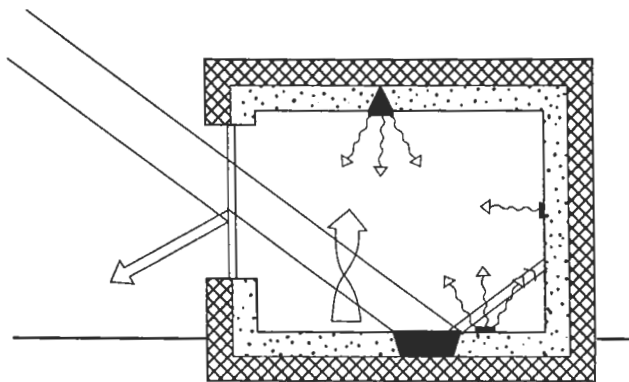
### 45.2.1. Direkt rendszerek

#### A direkt rendszerek működésének alapelve

Ha egy áteresztő (transzpárens) szerkezetet napsugárzás ér, a sugárzás egy része a szerkezet mögötti helyiségbe érkezik. A napsugárzásnak a helyiségbe jutó hányada valamelyik belső határolószerkezet vagy a bútortat felületére esik, ahol egy része elnyelődik (a szokásos belső felületképzésekre  $\alpha_N = 0,8-0,9$ ), másik része pedig visszaverődik. A visszavert hányad ismét belső felületeknek ütközik, könnyen belátható, hogy két-három visszaverődés után a helyiségbe bejutó sugárzás gyakorlatilag teljes mértékben elnyelődik (45.2. ábra). (Ennél az ábránál lapozzunk vissza az „Alapismeretek” kötet „Épületfizika” c. fejezet 5.16. számú ábrájához és annak magyarázatához!) Az elnyelt energiától a felület felmelegszik és

- vezetéssel hőáram indul a szerkezet belsejébe,
- hőátadással a felület melegíti a vele érintkező (ez esetben belső) levegőt,
- a felület – a saját hőmérsékletének megfelelő hullámhosszon – sugárzást bocsát ki.

Ami a vezetékes hőáramot illeti, minél nagyobb a szerkezet hőtároló-képessége, annál nagyobb mennyiségű energiát (annál kisebb hőmérsékletnövekedés mellett) vesz fel és ad le.



45.2. ábra. A direkt rendszer sémája

A szerkezet nagyobb mélységben lévő rétegeinek átmelegedése (a hőtárolás folyamatába való bekapcsolódása) időt vesz igénybe. Ugyanez persze fordított irányú folyamatnál is igaz (amikor a szerkezet kihűl, a tárolt hő a helyiségbe jut), ezért lehetséges a napközben „begyűjtött” energia (fűtési célú) hasznosítása az éjszaka folyamán.

A hőátadás következtében a belső levegő hőmérséklete mindaddig nő, amíg el nem éri a belső felületek hőmérsékletét. Ez egy gyors folyamat, a levegő felmelegedése néhány perc késéssel követi a sugárzás változásait, tekintettel arra, hogy (az épületszerkezetek tömegével összehasonlítva) elhanyagolható tömegű levegő felmelegítéséről van szó.

Ami a felületek által kibocsátott sugárzást illeti, az – a *Wien* törvény értelmében [4], [25] – hosszúhullámú infrasugárzás. Ez az infrasugárzás a hőátadással együtt a belső felületek közötti hőmérsékletkülönbségek kiegyenlítődése irányában hat.

E sugárzás többek között az áteresztő szerkezet belső felületét is éri. Az üvegezések azonban a hosszúhullámú infrasugárzást illetően átlátszatlanok. Ezért a helyiségbe az üvegezésen keresztül sugárzással (a látható fény és a rövidhullámú infra tartományban) bejutó energia a helyiségből az üvegezésen átbocsátott sugárzás formájában nem tud távozni. A távozás csak hőátbocsátással (és a felmelegedett belső levegő folyamatos cseréjével: szellőztetéssel) lehetséges, amihez azonban hőmérsékletkülönbség – a belső hőmérséklet megemelkedése – szükséges.

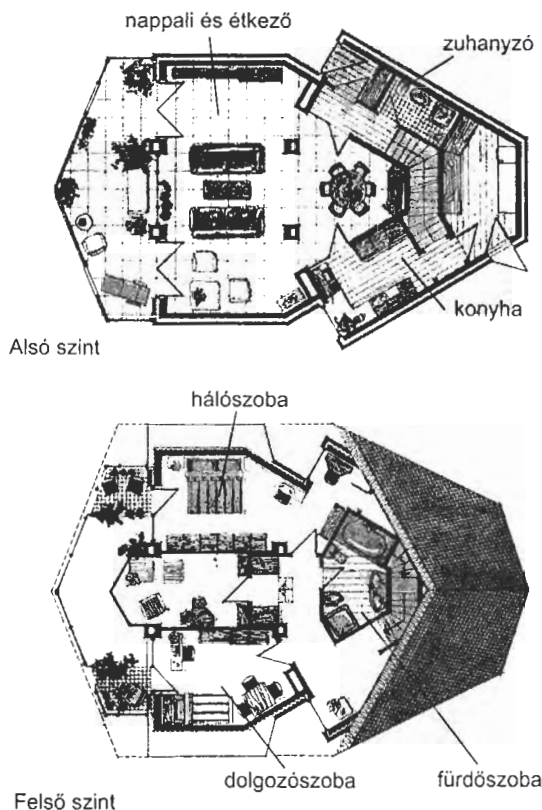
E jelenséget nevezik *üvegházhatásnak*. Szerepe az épület energiamérlegében igen jelentős, akár a sugárzási energia fűtési célú hasznosítását, akár a helyiségek túlzott felmelegedésének kérdését vizsgáljuk. A „téli” és a „nyári” igények ellentétesek, feloldásukra a tájolás, formálás és a mozgatható árnyékolószerkezetek kínálnak lehetőséget.

Az előbb ismertetett működési elvek alapján megállapítható, hogy egy direkt rendszerhez lényegében semmi olyan nem kell, ami ne fordulna elő egy szokványos épületben. A rendszer működése az „üvegházhatás” jelenségén alapul. Erős tömörítéssel azt mondhatjuk: a jó direkt rendszer egyenlő egy (energetikai szempontból is) jó házsal.

## A direkt rendszerek gyakorlati kialakítása, tömeg és alaprajz

Alapvető fontosságú az épület tömegformálása, a kedvező felület/térfogat arány elérése és ugyanakkor elegendően nagy, jól benapozott homlokzat biztosítása, továbbá a tájolásból telepítésből adódó lehetőségek maximális kihasználása. Az alaprajzot illetően nyilvánvalóan előnyös az, hogy ha a hőérzet és a természetes megvilágítás szempontjából igényesebb helyiségek a nagyobb sugárzási nyereségű homlokzatokhoz csatlakoznak, az alacsonyabb belső hőmérsékletet és természetes megvilágítást – tehát kisebb ablakfelületet – igénylő helyiségek pedig a kis sugárzási nyereségű, az uralkodó szélirányba néző, csapóesőnek kitett homlokzatokhoz. Ilyen módon az utóbbi helyiségcsoport az igényesebb helyiségek és a környezet kedvezőtlenebb jellemzőjű szektora között ütköző övezetet, pufferzónát alkot. E pufferzónának szigetelő hatása, hőtároló képessége, a külső levegő nem kívánatos infiltrációjával szemben zsilip-jellegű szerepe van. A helyiségek besorolása az épületek rendeltetésének

függvényében általában egyértelmű: például egy lakóépületben a nappali, az étkező, a gyermek- és dolgozószobák képezik a legigényesebb helyiségek csoportját, ezt a hálók, a konyha és fürdő követi, a puffer-zóna pedig az előtér, a WC, a kamra, a gardrób, a garázs, a tüzelőtároló helyiségeiből szervezhető. Ugyancsak a puffer-zóna szerepét tölti be a pince és padlástér is.



45.3. ábra. Pufferzónás alaprajz

A pufferzónás térszervezés egy példáját mutatja a 45.3. ábra. (A német DOMUS cég épületeinek tipikus sémája.) Magától értetődően szoros összefüggés van az épület abszolút méretei, az alaprajz szervezése, a tömegformálás és a tájolás között. Kicsiny abszolút méretek esetében a kompakt tömegformálás előnyös; az épület mélysége még jó benapozást tesz lehetővé.

Nagyobb alapterületek esetében az „elegendő” kedvező tájolású homlokzat biztosítása „füles”, háromszög vagy kör-cikk alakú alaprajzokkal is lehetséges. Ez ugyan tagoltabb formát, kedvezőtlenebb felület – térfogat-arányt eredményez, ennek hátrányait azonban a több jól tájolt ablak előnye felülmúlhatják.

Természetesen itt és most csak sémákról, elvekről volt szó, nem történt említés az utcavonatról, a környező beépítésről, a kilátásról, a külső zajforrásokról, többszintes lakóegységekből a szintek adta lehetőségekről és sok másról, amelyeket a bemutatott általános elvekkel együtt kell mérlegelni.

## Üvegezés, hőtároló-képesség

Az üvegezett szerkezeteket lehetőleg a kedvező tájolású szektorba kell koncentrálni. A saját tagozatok, a környező beépítés és terepalakulatok, a lombhullató és örökzöld növényzet hatását a benapozásra egyaránt figyelembe kell venni.

Az épület tagozataival és fix árnyékvetőivel való árnyékolás nem oldható meg minden kompromisszum nélkül: adott geometriai viszonyok mellett vagy lesznek olyan időszakok is, amikor árnyék van (noha nem lenne kívánatos), vagy nincs (noha kívánatos lenne). A komp-

romisszum keresésekor az utóbbi változattal kapcsolatban mérlegelendő a további, mozgatható árnyékolók és a lombhullató növényzet szerepe.

Az üvegezett szerkezetek felületének nagyságát és hőtechnikai paramétereit össze kell hangolni a mögöttes helyiség hőtároló-képességével. Annak érdekében, hogy elegendően nagy üvegfelületeket tudjunk alkalmazni és a nagy sugárzási nyereséget hasznosítani tudjuk, nagy hőtároló-képességű, masszív, a belső oldalukon szigetetlen szerkezetekre, „nehéz” padlóburkolatokra van szükség. Ne feledjük, a hőtároló-képesség javát nem a külső, hanem a belső határolószervezetekkel biztosíthatjuk!

A hőtároló tömegek szempontjából a legfontosabbak azok a belső szerkezetek, amelyeket közvetlenül ér az ablakon bejutó direkt napsugárzás. Szokványos esetben ez a padló, (de lehet fal is, különösen, ha a tetőn (is) alkalmazunk bevilágítót), leginkább itt van szükség jó elnyelőképeségű, nehéz szerkezetekre és burkolatokra. (Hogy a direkt sugárzás melyik felületet éri, azt a napéjegylenlőségre, déli időpontra szokták vizsgálni).

Sorrendben másodikként említendő azon szerkezetek hőtároló tömege, amelyeknek belső felületei az előző bekezdésben említett (közvetlenül besugárzott) felületeket „látják”, azaz közöttük (hosszúhullámú infra tartományban) sugárzásos hőcsere jöhet létre.

Harmadikként azok a szerkezetek említendőek, amelyek az előző két csoport egyikébe sem tartoznak, így tárolóképeségük feltöltése vagy kisütése csak a levegő közvetítésével, konvektív úton lehetséges. Direkt rendszerekben ezek viszonylag kisebb szerepet játszanak (de más rendszereknek – a levegő kényszeráramlása mellett – lényeges részei lehetnek).

Nagyon fontos megjegyezni, hogy a sugárzási energia hasznosításának az elégséges hőtároló tömeg az alapfeltétele. Minimumként a magyar szabványban is szereplő ökol-szabályból indulhatunk ki, amely szerint egy  $m^2$  tökéletesen áteresztő nyílás mögött legalább 2000 kg aktív hőtároló tömegről van szükség. Enélkül a helyiségbe bejutó sugárzási energia vagy túlmelegedést okoz, vagy a lakókból „védekező” reakciókat vált ki: a sugárzás kirekesztését az árnyékolók lebocsátásával, illetve a hőnyereségnek a helyiségből való „kimosását” szellőztetéssel.

A sugárzási hőnyereség hasznosítása szempontjából fontos a fűtési rendszer jó szabályozhatósága is – így a hőnyereség eredménye nem a helyiségek túlmelegedése, hanem a teljesítmény, a fogyasztás csökkenése lesz.

### Üvegezés, társított szerkezetek

Az éves és napi ciklusban eltérő igények kielégítését, a sugárzási hőnyereség jobb hasznosítását nagymértékben segítik a mozgatható hőszigetelő-árnyékoló szerkezetek. Fontos szerepük van nyáron a túlmelegedés elleni védelemben. Az árnyékoló működtetése lehet kézi, vagy gépi. Utóbbi esetben az automatikus szabályozás fotoelektromos érzékelő, ellenállás-hőmérő, termoelem jele (ld. *Seebeck-Peltier* effektusa kötetünk 44.8. számú pontjában, a 44.24. ábrán) vagy időkapcsoló alapján történhet. Ne feledkezzünk meg azonban arról, hogy ha a mobil szerkezetek körülményesen kezelhetők, akkor azok rendszeres és helyes használata nem mindegyik lakótól várható el hosszú távon.

Az árnyékoló szerkezetek a napsugárzásnak csak egy részét engedik át, más részét visszaverik vagy elnyelik. Az elnyelt hányadtól a szerkezet felmelegszik és hőátadással, valamint hosszúhullámú sugárzással fűti közvetlen környezetét.

E mechanizmus miatt a külső oldalon elhelyezett árnyékoló naptényezője kisebb, mint az ugyanolyan, de az üvegezés mögött, a belső oldalon elhelyezetté. Bár az áteresztés mindkettőnél egyforma, az egyik a környezetet, a másik a helyiséget „fűti”. Az árnyékoló elhelyezhető két üvegtábla között is, ennek energetikai hatása is „köztes”.

Az üvegezéssel párhuzamos fűsíkú árnyékolók egyben hőszigetelő hatást is kifejtenek: részben az árnyékoló szerkezetnek van (anyagától és vastagságától függő) hővezetési ellenállása, részben az árnyékoló „zárásával” új légréteg(-ek)-et alakítunk ki. Például egy textilfüggöny esetében számolhatunk magának a textíliának az ellenállásával, a függöny és az üvegezés közötti légréteggel, valamint – elegendő redőzöttség esetén – az egymást átlapoló textíliafelületek közötti légrétegekkel.

A függönyök szigetelő hatása függ a textíliától, fokozható a külső felület szelektív bevonatolásával [4], [25], az élek megvezetésével és rögzítésével (vagyis a függöny és az ablak közötti légréteg bezárásával). Jelentős a függöny és a fűtőtest egymáshoz viszonyított helyzetének a hatása is.

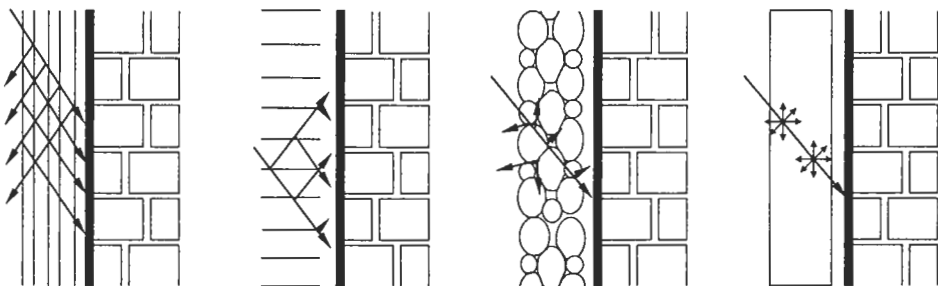
Elsődlegesen hőszigetelési célra alkalmazhatók a nyitható, eltolható hőszigetelő táblák, spaletták.

A kiegészítő-mozgatható szerkezetekkel kapcsolatban általános szabály, hogy azok nagyobb hőátbocsátású ablakokkal társítva viszonylag hatékonyabbak, jó hőszigetelő képesű ablakokkal társítva aránylag kevésbé befolyásolják az energiamérleget.

#### 45.2.2. Indirekt rendszerek–energiagyűjtő falak

##### Transzparens szigetelésű falak

**Működési elv.** A transzparens (átlátszó) hőszigetelések lényege az, hogy a külső falak külső síkját a napsugárzást többé-kevésbé áteresztő hőszigeteléssel burkoljuk. A beeső sugárzási energia java részének elnyelése a hőszigetelés mögött, a fal síkján történik (45.4. ábra).



45.4. ábra. A transzparens szigetelések struktúrái és működésük sémája

Ezt a sikot a környezettől a hőszigetelő réteg választja el, az elnyelt energia nagy része – a könnyebbik utat választva – a kis ellenállású, nagy tárolóképeségű falba hatol be. A hőszigetelés és a fal érintkezési síkján olyan magas hőmérséklet alakul ki, hogy átlagos téli feltételek mellett a helyiségnek a szerkezeten keresztül hőnyeresége van, de még borúsabb időben is a hőveszteségek lényegesen csökkennek.

A legfontosabb technikai problémát éppen az előbb leírt folyamat jelenti – az anyagok károsodását (és a helyiség túlzott felmelegedését) megelőzendő ugyanis a külső felületet nyáron védeni kell a sugárzástól. Ez árnyékolással, hőhatásra elsötétedő különleges (fototróp, termotróp) üvegezéssel, szellőztetett légréteg beiktatásával lehetséges. Magasabb épületeknél a tűzvédelmi kérdések gondos elemzése szükséges.

A transzparens hőszigetelések az új technológiát képviselik. Bekerülési költségük egyelőre nagy, de nyilván egyrészt az idő és a technológiai fejlődés, másrészt a növekvő energiaárak belátható időn belül racionálissá teszik ezt a megoldást. A transzparens hőszigetelés egyesíti a defenzív és a szoláris jellegű beavatkozások előnyeit.

A transzparens hőszigetelések üvegorbitása lényeges módosulást eredményezhet az épület arculatában. Az új fejlesztésű áttetsző vakolatokkal a hagyományoshoz hasonló felületképzést kapunk.

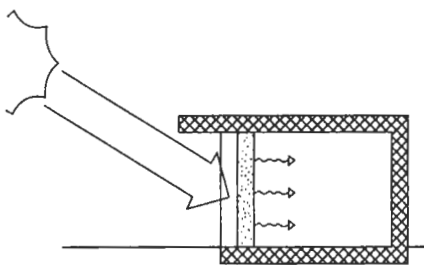
A transzparens hőszigetelések energiamérlegét elvileg az „Alapismeretek” c. kötet „Épületfizika” fejezet (5.27.) összefüggése szerint számíthatjuk. Az eddig leírtak értelmében jelentős szerepe van az elnyelés síkjától kifelé eső réteg hőátbocsátási ellenállásának (transzparens szigetelés + felületképző réteg + a hőátadási ellenállás a külső felületről a külső térbe).

## Tömegfal, Trombe-fal

**Működési elv.** Működési módjuk a transzparens szigetelésekével mutat hasonlóságot. Szerkezetileg egy masszív külső falból (a „tömegfal”) és az eléépített üvegezésből állnak. Ezt mozgatható árnyékolószerkezet, valamint a tömegfalban és az üvegezésben kialakított, nyitható-zárható szellőzőnyílások egészítik ki.

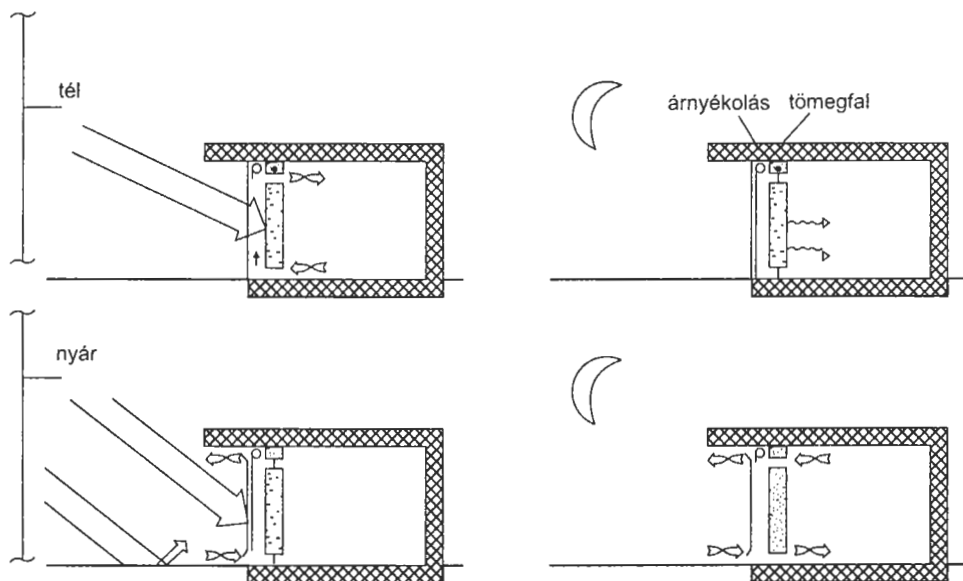
A tömegfal külső felületét nagy elnyelőképeségű, „sötét” színezéssel, felületképzéssel látják el. Itt történik a sugárzásos hőterhelés elnyelése, amelyet a nagy tömegű fal tárol és késleltetéssel a helyiségbe juttat. A fal külső rétegeiben maradt tárolt hőnek a „lemosása” a tömegfalon átmenő szellőző járatok nyitásával, természetes légközréssel valósítható meg.

E szellőzőnyílások nélkül tömegfalról (45.5. ábra), ezekkel együtt Trombe-falról (45.6. ábra) beszélünk. Az árnyékolók télen éjszaka a kihűlés, nyáron napközben a túlzott felmelegedés ellen védenek, ez utóbbi célt szolgálják az üvegezés szellőzőszárnyai is. A tisztítás és karbantartás lehetőségét biztosítani kell.



45.5. ábra. A tömegfal sémája





45.6. ábra. A Trombe fal vázlata, működése a különböző napszakokban és évszakokban

Arról természetesen nem szabad elfeledkeznünk, hogy bármely, e pontban ismertetett falváltozat alkalmazása esetén még elegendő, kedvező tájolású szabad homlokzati felületnek kell maradnia az ablakok számára.

### Tömegfalak

Az alkalmazás feltételei közül elsőként a kedvező tájolású, benapozott homlokzati szakasz említendő. A teherhordó falat illetően a nehéz, nagy hőátbocsátási tényezőjű (tömör téglá, kő, beton) szerkezetek esetében lehet látványosabb eredményt elérni. A szerkezet hőátbocsátási tényezőjének javulása nagyobb mérvű akkor, ha kettős üvegezést és mozgatható hőszigetelő-árnyékoló szerkezetet alkalmazunk. Kevésbé hatásos az alkalmazás vagy átalakítás korszerű falazóelemekből épített falak esetében és értelmét veszti, ha a falnak külön hőszigetelő rétege is van.

A hőáram fáziskésése jó közelítéssel egy óra, minden három centiméter falvastagságra.

Fontos gyakorlati követelmény, hogy amennyiben mobil hőszigetelő-árnyékoló szerkezetet alkalmazunk, akkor az karbantartás-javítás céljából vagy az üvegezés külső oldalról történő felnyitása-leszerelése révén, vagy a bőven méretezett bújható légrétegen keresztül megközelíthető legyen.

A meglévő fal tömegfallá történő átalakítása javítja a hőszigetelő képességet. Egyszeres üvegezés alkalmazása esetén a hőátbocsátási ellenállás növekménye mobil hőszigetelő-árnyékoló nélkül mintegy  $0,15 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ , társított szerkezettel a nyitott és a csukott állapot

időbeli átlagaként kb.  $0,25 \text{ m}^2\text{K/W}$ . A kétrétegű üvegezéssel biztosított ellenállás-növekmény  $0,30 \text{ m}^2\text{K/W}$ ; társított szerkezet használatával időbeli átlagban mintegy  $0,40 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

A tájékoztató adatokból is látható, hogy az eredeti teherhordó falhoz viszonyítva a hőszigetelő-képesség javulása aránylag szerény mértékű. Ezért csak szerény csökkenésre számíthatunk a beépítendő fűtőtelsesítmény, a fűtési csúcsigény tekintetében. Lényegesen kedvezőbb a kép azonban akkor, ha a szerkezet energiamérlegét a teljes fűtési időnyre vonatkoztatva vizsgáljuk.

### A tömegfalak méretezése

A tömegfalakkal begyűjthető energia havi értékét a következő összefüggéssel számíthatjuk:

$$Q_{ny} = E \cdot n_h \cdot S \cdot \frac{A_{tr}}{A_n} \cdot 0,8 \cdot (0,7 \cdot k_n \cdot \Delta R_n + 0,3 \cdot k_e \cdot \Delta R_e) \quad (45.1.)$$

ahol

$E$  egy adott hónapban az adott tájolású egységnyi felületre jutó sugárzásintenzitás napi összege;

$n_h$  a hónap napjainak száma;

$A_n$  az üvegezett felület névleges méretek szerint számított területe;

$A_{tr}$  a transzparens (üveg) felület tényleges területe;

$S$  az üvegezésnek az adott hónap napállásai mellett ténylegesen benapozott – árnyékban nem lévő – hányada;

$k_n$  a szerkezet „nappali” hőátbocsátási tényezője (nyitott társított szerkezettel);

$k_e$  a szerkezet „éjszakai” hőátbocsátási tényezője (zárt társított szerkezettel);

$\Delta R_n$  az eléépítés „nappali” hőátbocsátási ellenállása (üvegezés + légréteg);

$\Delta R_e$  az eléépítés „éjszakai” hőátbocsátási ellenállása (üvegezés + légréteg + csukott társított szerkezet).

Ugyanebben a hónapban a veszteségek összege

$$Q_v = \frac{n_h}{1000} \cdot 24 \cdot (0,7 \cdot k_n + 0,3 \cdot k_e) \cdot (t_b - t_{k,h}) \quad (45.2.)$$

ahol az új jelölések:

$t_b$  a belső hőmérséklet;

$t_{k,h}$  az adott hónap átlagos külső hőmérséklete.

A havi mérleg:

$$\Delta Q = Q_v - Q_{ny} \quad (45.3.)$$

és a fűtési időnyre vonatkozó adatokat a havi részeredmények összegezésével kapjuk.

A havi bontásban elvégzett számítás azt is megmutatja majd, hogy decemberben lényegében csak a csekély ellenállás növekmény hatásával számolhatunk, a fűtési időny átmeneti hónapjaiban viszont jelentős nyereség adódik.

### Példa tömegfal méretezésére

Adott egy tömör téglából épített, 38 cm vastagságú, déli tájolású fal.

A fal téli benapozása jó, a homlokzaton a meglévő ablakok elegendő nagyok, ezek mellett a szabad homlokzati falfelület is elegendően nagy, adottak tehát az általános előfeltételei egy tömegfal kialakításának.

Az eredeti fal hőátbocsátási tényezője  $k = 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

A tömegfalat kettős üvegezéssel és mozgatható társított szerkezettel alakítjuk ki.

A meglévő fal elé épített többletellenállás nappal (gyakorlatilag két légréteg ellenállása):

$$\Delta R_n = 0,3 \text{ m}^2\text{K/W}$$

éjszaka („csukott” társított szerkezettel, gyakorlatilag három légréteg ellenállása, hacsak a társított szerkezetnek önmagának nincs érdemi ellenállása, mint például egy paplanszerű függöny esetén):

$$\Delta R_e = 0,45 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Ezzel az új rétegrend hőátbocsátási tényezője nappal:

$$k_n = \frac{1}{\frac{1}{1,5} + 0,3} = 1,03 \text{ m}^2\text{K/W}$$

éjszaka:

$$k_e = \frac{1}{\frac{1}{1,5} + 0,45} = 0,89 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Feltételezve, hogy a társított szerkezet napi 7~8 órán át csukva, 16~17 órán át nyitva van, az átlagos hőátbocsátási tényező:

$$\bar{k} = 0,7 \cdot k_n + 0,3 \cdot k_e = 0,7 \cdot 1,03 + 0,3 \cdot 0,89 = 0,99 \text{ W/m}^2\text{K}$$

A „nyitott” és „csukott” státus időaránya természetesen épületenként is változhat, egy épület esetében pedig havonként más-más értékkel is lehet számolni. A példában óvatos, az energiamérleg szempontjából kevésbé előnyös időarány szerepel.

Az egy hónapra jutó veszteségek a következő összefüggéssel határozhatók meg:

$$Q_v = G \cdot \bar{k} \cdot 24 \cdot 10^{-3} \text{ kWh/m}^2 \text{ hó} \quad (45.4.)$$

Az egységnyi felület nyeresége egy-egy hónapra a következő összefüggéssel határozható meg:

$$Q_{ny} = n_h \cdot E \cdot \frac{A_{tr}}{A_n} \cdot S \cdot 0,8 \cdot (0,7 \cdot k_n \cdot \Delta R_n + 0,3 \cdot k_e \cdot \Delta R_e) \quad (45.5/a)$$

$$Q_{ny} = n_h \cdot E \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot (0,7 \cdot 1,03 \cdot 0,30 + 0,3 \cdot 0,89 \cdot 0,45) \quad (45.5/b)$$

ahol

$n_h$  a hónap napjainak száma (áprilisban és októberben: 15 nap),

$E$  az egységnyi felületű, adott tájolású kettős üvegezésen átjutó napsugárzási energiahozam [kWh/m<sup>2</sup> nap],

$G$  a hőfokhíd.

Az egységnyi felületű szerkezet nyereségei és veszteségei havi bontásban és a fűtési időnyre összegezve:

Hónap	$G$ napfok	$E$ kWh/m <sup>2</sup> nap	$Q_v$ kWh/m <sup>2</sup> hó	$Q_{ny}$ kWh/m <sup>2</sup> hó	$\Delta Q$ kWh/m <sup>2</sup> hó
Január	682	1,11	16,17	8,25	7,92
Február	532	1,77	12,61	11,89	0,72
Március	434	2,26	10,29	16,81	-6,52
Április	159	2,46	3,77	8,85	-5,08
Október	220	2,40	5,22	8,64	-3,42
November	450	1,56	10,60	11,38	-0,78
December	620	1,02	14,70	7,59	-7,11
Idény	3097		73,36	72,69	0,67

Mint látható, az idény egészére a nyereség és veszteségáramok gyakorlatilag kiegyenlítik egymást. Ez áll februárra és novemberre is. Decemberben és januárban a tömegfal erősen veszteséges, az átmeneti hónapokban nyereséges.

### Tömegfal és külső hőszigetelés összevetése

Egy kisméretű tömör téglafal rétegtervi hőátbocsátási tényezője  $d = 6$  cm vastag hőszigetelő réteg hozzáépítésével  $k = 0,52$  W/m<sup>2</sup> K értékűre csökkenthető. Egységnyi felületének vesztesége egy fűtési idény során:

$$Q_v = k \cdot G_{\text{idény}} \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 0,52 \cdot 3097 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 38,65 \text{ kWh/m}^2, \text{ idény} \quad (45.6.)$$

Ez a fogyasztási érték természetesen nem olyan kedvező, mint az előző példában szereplő tömegfalé.

Energetikai szempontból azonban egy másik lényeges különbség is megemlíthető: a hagyományosan szigetelt szerkezet egységnyi felületén méretezési állapotban ( $t_k = -15$ )

$$\dot{q} = k \cdot (t_h - t_k) = 0,52 \cdot [20 - (-15)] = 18,2 \text{ W/m}^2$$

vesztesség alakul ki, ugyanakkor a tömegfalón át

$$\dot{q} = 0,99 \cdot [20 - (-15)] = 34,65 \text{ W/m}^2$$

ami csaknem kétszerese az előzőnek. Az alacsonyabb fogyasztás ellenére tehát nagyobb kazán- és hőleadó teljesítményt kell beépíteni az év egy-két hideg, borús hetére való tekintettel.

Az energetikai szempontok mellett a kétféle megoldás beruházási költségei közötti különbség és a homlokzat jellegének megváltoztatása mérlegelendő.

### Korszerű falazat átépítése tömegfallá

Tekintsük egy korszerű, második generációs falazóelemekből épített fal egységnyi felületét. Az eredeti szerkezet hőátbocsátási tényezője  $k = 0,7$  W/m<sup>2</sup>K. A fal déli tájolású, a téli félévben jól benapozott.

Az előző példa szerinti szerkezeteket alkalmazva és gondolatmenetet követve:

$$\Delta R_n = 0,30 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\Delta R_e = 0,45 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$k_n = \frac{1}{\frac{1}{0,7} + 0,3} = 0,58 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$k_e = \frac{I}{\frac{1}{0,7} + 0,45} = 0,53 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\bar{k} = 0,7 \cdot k_n + 0,3 \cdot k_e = 0,7 \cdot 0,58 + 0,3 \cdot 0,53 = 0,56 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Hónap	G napfok	E kWh/m <sup>2</sup> nap	Q <sub>v</sub> kWh/m <sup>2</sup> hó	Q <sub>ny</sub> kWh/m <sup>2</sup> hó	ΔQ kWh/m <sup>2</sup> hó
Január	682	1,11	9,16	6,67	2,49
Február	532	1,77	7,15	9,61	-2,46
Március	434	2,26	5,82	13,60	-7,78
Április	159	2,46	2,13	7,16	-5,03
Október	220	2,40	2,96	6,98	-4,02
November	450	1,56	6,05	9,20	-3,15
December	620	1,02	8,33	6,13	2,20
Idény	3097		41,6	59,35	-17,65

A szerkezet az idény egészét tekintve nyereséges. Ez azonban annak tudható be, hogy – a tömör téglafal átalakításához viszonyítva – a veszteségáramok nagyobb arányban csökkentek, mint a nyereségáramok (amelyek szintén csökkentek, éppen a fal jobb hőszigetelő képessége miatt).

### Trombe-falak

A Trombe-fal szerkezeti követelményei a tömegfaléhoz hasonlóak, azzal kiegészítve, hogy a falba beépített, valamint a szellőzőnyílások zárására szolgáló csappantyúk működtetéséről is gondoskodni kell.

### A Trombe-falak méretezése

A Trombe fallal begyűjthető energia havi értékét a következő összefüggéssel számítjuk:

$$Q_{ny} = E \cdot S \cdot \frac{A_{tr}}{A_n} \cdot 0,9 \cdot \eta_{TROMBE} \cdot n_h \quad (45.6)$$

ahol

$E$  egy adott hónapban az adott tájolású egységnyi felületre jutó sugárzásintenzitás napi összege,

$n_h$  a hónap napjainak száma,

$A_n$  az üvegezés névleges méretek szerint számított területe,

$A_{tr}$  a transzparens (üveg) felület tényleges területe,  
 $S$  az üvegezésnek az adott hónap napállásai mellett ténylegesen benapozott – árnyékban nem lévő – hányada,  
 $\eta_{TROMBE}$  hatásfok, a **45.4. táblázat** szerint.

Segéd táblázat a **TROMBE** fal méretezéséhez **45.4. táblázat**

Üvegezés	Társított szerkezet	$\eta_{TROMBE}$
Egyszeres	nincs	0,46
Egyszeres	van	0,58
Kettős	nincs	0,66
Kettős	van	0,77

Ugyanebben a hónapban a veszteségek összege:

$$Q_v = \frac{n_h}{1000} \cdot 24 \cdot \frac{k_n + k_e}{2} \cdot (t_b - t_{k,h}) \quad (45.2)$$

ahol az előbbieket szerint:

$k_n$  a szerkezet „nappali” hőátbocsátási tényezője (nyitott társított szerkezettel),

$k_e$  a szerkezet „éjszakai” hőátbocsátási tényezője (zárt társított szerkezettel).

### Példa Trombe-fal méretezésére

Adott egy tömör téglából épített, 38 cm vastagságú, déli tájolású fal. A fal télen jól benapozott, elegendően nagy, a homlokzat üvegezési aránya megfelelő, a Trombe fal kialakításának előfeltételei adottak. Az eredeti szerkezet hőátbocsátási tényezője  $k = 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

A fal elé kettős üvegezést és mozgatható társított szerkezetet építünk. Az eléépített ellenállás

nappal:

$$\Delta R_n = 0,30 \text{ m}^2\text{K/W}$$

éjszaka:

$$\Delta R_e = 0,45 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Feltételezve, hogy a szellőzőnyílások csak akkor vannak nyitva, ha a légrétegben a levegő hőmérséklete nagyobb, mint a helyiség hőmérséklet, az új szerkezet hőátbocsátási tényezője nappal

$$k_n = \frac{1}{\frac{1}{1,5} + 0,30} = 1,03 \text{ W/m}^2\text{K}$$

éjszaka

$$k_e = \frac{1}{\frac{1}{1,5} + 0,45} = 0,89 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Az átlagos hőátbocsátási tényező a társított szerkezet napi 12 órás nyitott és 12 órás csukott státusát feltételezve:

$$\bar{k} = \frac{12 \cdot 1,03 + 12 \cdot 0,89}{24} = 0,96 \text{ W/m}^2\text{K}$$

A veszteségek egy-egy hónapra

$$Q_v = G \cdot 24 \cdot \bar{k} \cdot 10^{-3} \text{ kWh/m}^2 \text{ hó}$$

A nyereségek egy-egy hónapra (feltételezve, hogy a szellőzőnyílások nyitottak, amikor a légrés hőmérséklete magasabb, mint a helyiség hőmérséklet):

$$Q_{ny} = n_h \cdot E \cdot \frac{A_{tr}}{A_n} \cdot S \cdot 0,9 \cdot \eta_{TROMBE}$$

ahol

$n_h$  a hónap napjainak száma (áprilisra és októberre a töredék idő 15-15 nap).

A  $\eta_{TROMBE}$  hatások a 45.4. táblázatból  $\eta_{TROMBE} = 0,77$

Hónap	G napfok	E kWh/m <sup>2</sup> nap	Q <sub>v</sub> kWh/m <sup>2</sup> hó	Q <sub>ny</sub> kWh/m <sup>2</sup> hó	ΔQ kWh/m <sup>2</sup> hó
Január	682	1,11	16,17	18,82	-2,65
Február	532	1,77	12,61	27,11	-14,50
Március	434	2,26	10,29	38,32	-28,03
Április	159	2,46	3,77	20,18	-16,41
Október	220	2,40	5,22	19,69	-14,47
November	450	1,56	10,60	25,93	-15,33
December	620	1,02	14,70	17,30	-2,60
Idény	3097		41,60	167,35	-93,99



Amint látható, a fal minden hónap átlagos feltételei között nyereséges. A nyereség jóval nagyobb, mint egy hasonló kialakítású tömegfal esetében. Ez azonban csak akkor igaz, ha mind a társított szerkezet, mind a szellőzőcsappantyúk működtetése tökéletesen követi a pillanatnyi sugárzási és hőmérsékletviszonyokat. Ellenkező esetben nemhogy a nyereség lesz kevesebb, hanem jelentős többletvesztések alakulnak ki és – kondenzáció miatt – állagromlás is felléphet.

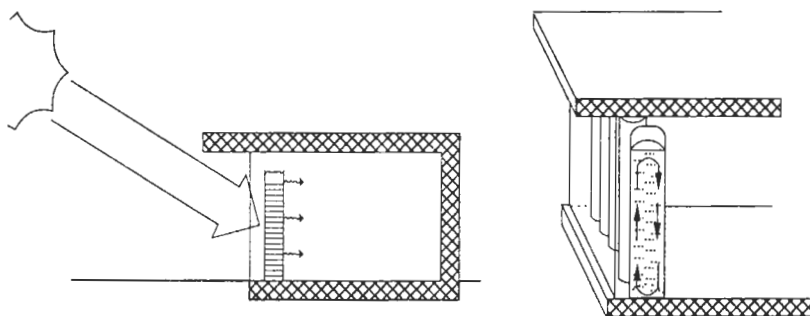
A jelentős nyereségek ellenére méretezési külső hőmérséklet és több egymásra következő borús nap esetén a hővesztesség

$$\dot{q}_v = k \cdot (t_b - t_k) = 0,96 \cdot [20 - (-15)] = 33,6 \text{ W/m}^2$$

tehát nagy, évente csak néhány napig kihasznált beépített fűtőteltjesítményre van szükség.

### Vízfal, Transwall, fázisváltó fal

A vízfal sémája a tömegfaléhoz hasonló (45.7. ábra), de a falat víztároló edények, konténerek alkotják. A víz fajhője ötször nagyobb, mint a szokványos építőanyagoké, emellett a tartályokon belül a víznek a hőmérsékletkülönbségből fakadó és azt kiegyenlítő cirkulációja miatt a hőmérséklet-eloszlás („keresztben”, vízszintes irányban) egyenletes.

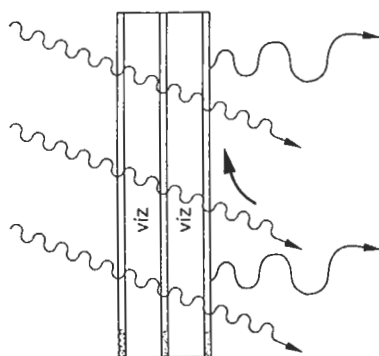


45.7. ábra. A vízfal sémája

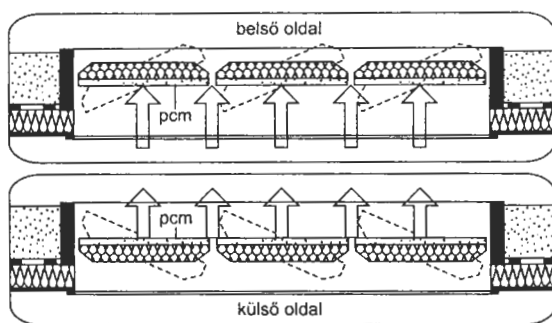
A Transwall transzparens (üveg) anyagú konténerekkel készített vízfal, amely a sugárzás egy részét átterszti. Az elnyelés fokozható közbenső színezett üveglemezzel (45.8. ábra).

Hőtárolásra előnyösen használhatók olyan anyagok, amelyek szilárd-folyékony fázisváltása alkalmas hőmérsékletszinten megy végbe. Ilyen (a toxicitás, a tűzveszély, a korrózió szempontjából is alkalmas) anyagok 16, 20, 29, 32, 35, 50–60 °C fázisváltási hőmérséklettel, 120–180 kJ/kg fázisváltási hővel ismeretesek. Addig, amíg a fázisváltás le nem játszódik, a hőfelvétel vagy leadás állandó hőmérsékleten megy végbe.

Ilyen anyagok edényekbe, méhsejt-szerkezetekbe, műanyagmátrixokba való beépítésével egy szerkezet vagy helyiség hőtároló képessége jelentősen növelhető. A tároló elemek azután energiagyűjtő falakba vagy belső határoló-szerkezetekbe egyaránt beépíthetők.



45.8. ábra. A Transwall sémája



45.9. ábra. Forgatható elemek

Egy különleges beépítési módot mutat a **45.9. ábra**: a forgatható elemeknek nappal a tárolós, éjjel a hőszigetelt oldala néz kifelé.

### 45.2.3. Indirekt rendszerek – Üvegházak

#### Alapelvek

E változat legfontosabb, építészeti is hangsúlyos eleme az épületbe integrált avagy az épülethez csatlakozó üvegház (naptér, sunspace, „naphőcsapda”).

Teljesen általános megfogalmazásban a szoláris építészetben üvegháznak, „sunspace”-nek akkor nevezünk egy teret, ha arra a következő kikötések mindegyike teljesül:

- van transzparens külső határolása,
- az épület legalább egy fűtött helyiségével érintkezik,
- az épületből megközelíthető,
- mesterséges fűtése nincs.

Ezeknek a követelményeknek igen sokféle módon lehet eleget tenni. Üvegház az a három transzparens fallal és transzparens tetővel határolt tér is, amit egy „kész” homlokzathoz csatlakoztatunk. Üvegház lehet az az épület tömegébe beharapott, az épülettel teljesen integrált tér is, amelynek csak egy transzparens külső felülete van és ez a tér lehet egy „szoba helyén”, de lehet egy üveggel lefedett patio\* is. De üvegház lehet egy transzparens héjalású padlástér, egy üvegezett veranda vagy balkon is. A formai és alaprajzi változatok végtelenül gazdagok.

Az üvegházhoz csatlakozó helyiségek a természetes megvilágítást és a szellőztetést az üvegházon keresztül (gyakorta kizárólagosan csak azon keresztül) kapják. Ezért alapszabály, hogy az üvegházra csak összeférhető rendeltetésű, azonos kezelésben lévő helyiségeket nyis-

\* Patio: Nyitott belső udvar

sunk (tehát például egy lakás több szobáját igen, de szobáit és konyháját nem, több különböző lakás szobáit nem). Energetikai hatása, funkcionális és esztétikai értékei mellett az üvegház véd a külső zaj- és porterhelés ellen is, ugyanakkor akusztikai, szagterjedési szempontból össze is kapcsolja a rányitott helyiségeket.

Noha az üvegháznak mesterséges fűtése nincs, a téli hőnyereség, valamint az üvegház mozgatható árnyékolóival és intenzív kiszellőztetésével biztosított nyári hővédelem következtében az üvegházak így is évente 5–6000 órában a lakótér értékes bővületeként használhatók.

## A transzmissziós energiaáramok

A transzmissziós energiaáramok az energiamérlegnek aránylag legegyszerűbben leírható összetevőjét alkotják. Ezek szempontjából a naptér mint pufferzóna működik, amelyre egyszerűsítve, állandósult viszonyokat feltételezve a következő mérlegegyenletet írhatjuk fel:

$$\left( \sum_1 Ak + \sum_1 \ell k_\ell \right) \cdot (t_n - t_k) = \left( \sum_2 Ak + \sum_2 \ell k_\ell \right) \cdot (t_b - t_n) \quad (45.7.)$$

ahol

$A$  felület,

$k$  rétegtervi hőátbocsátási tényező (mobil árnyékolóval ellátott szerkezetre a „nappali” és „éjszakai” érték átlaga),

$\ell$  csomóponti élek hossza,

$k_\ell$  vonalmenti hőátbocsátási tényező,

$t_b$  belső hőmérséklet,

$t_k$  külső hőmérséklet,

$t_n$  a pufferzóna (naptér) hőmérséklete,

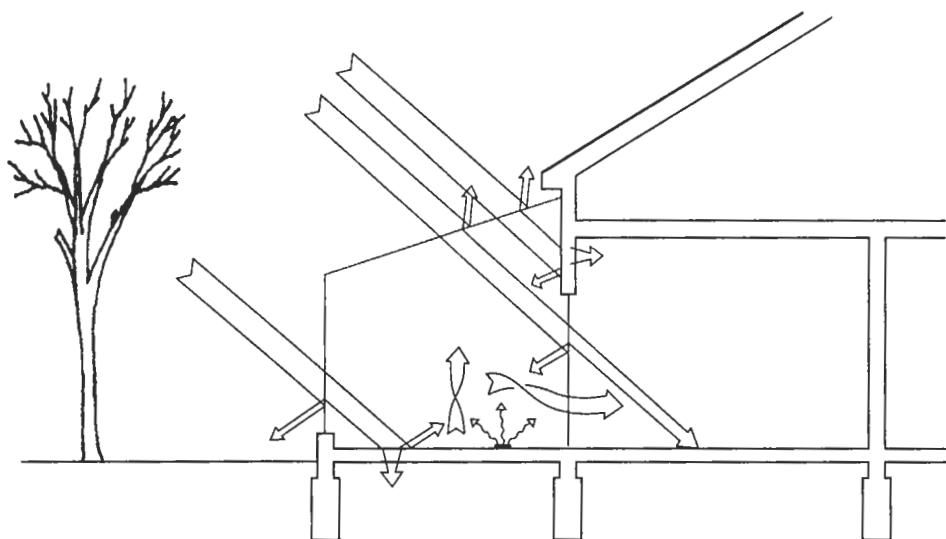
az 1. összegezés a naptér és a környezet,

az 2. összegezés a naptér és az épület közötti határolásokra vonatkoznak.

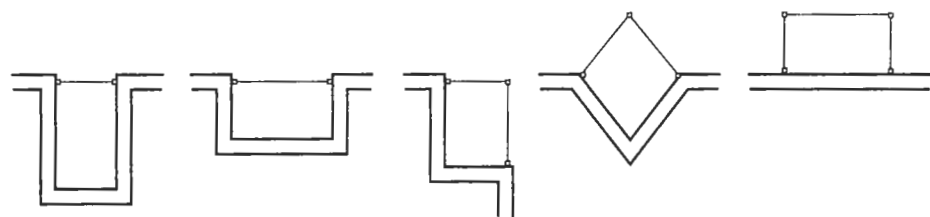
(Lásd még: **45.10. ábra**)

A (45.7.) egyenlet a naptérbe bejutó és az onnan távozó áramok egyenlőségét fejezi ki. Ebből a pufferhatás miatt kialakuló naptér hőmérséklet – mint az egyetlen ismeretlen – számítható. Részletesebb vizsgálat nélkül is beláthatjuk, hogy ott alakul ki nagyobb hőmérsékletesés, ahol a határolás ellenállása nagyobb. Az utóbbi a felület és a hőátbocsátási tényező függvénye. Ennek alapján, ha azt nézzük, hogy mikor lesz a pufferhatás okán a naptér melegebb, akkor azt:

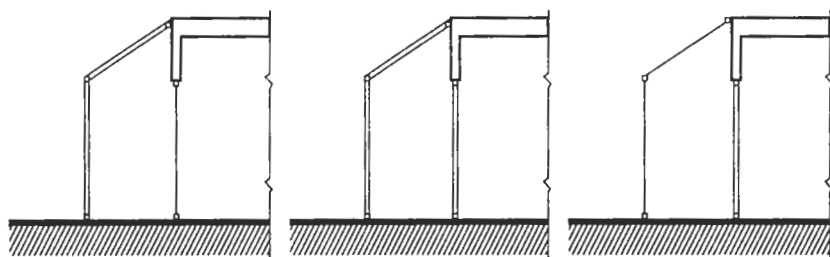
- azonos szerkezeteket feltételezve a geometriai arányok függvényében a **45.11. ábra**,
- azonos geometriai arányokat feltételezve az üvegezés függvényében a **45.12. ábra**,
- a mobil kiegészítő szerkezetek elhelyezése függvényében pedig a **45.13. ábra**. szerinti (balról jobbra csökkenő értékű) sorozatokkal jellemezhetjük.



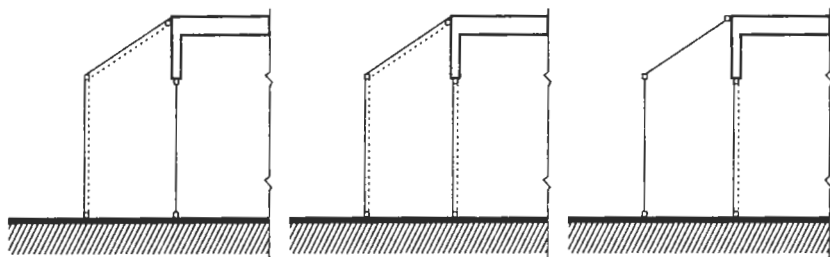
45.10. ábra. Üvegház energiamérlegének sémája



45.11. ábra. A pufferhatás az alaprajz függvényében balról jobbra csökkenő mértékű



45.12. ábra. A pufferhatás az üvegezés függvényében balról jobbra csökkenő mértékű



45.13. ábra. A pufferhatás a társított szerkezetek függvényében balról jobbra csökkenő mértékű

Ugyanakkor belátható, hogy – csak a pufferhatást vizsgálva – az épület energiafogyasztása szempontjából az a legkedvezőbb eset, ha:

- az épület határolásának minél nagyobb felületét olyan pufferzónával takarjuk be, amelynek külső határolása kicsiny felületű (azaz hosszú, de nem mély naptérrel);
- ha mindenhol kettős üvegezés van;
- ha mindenhol van mobil kiegészítő szerkezet.

Az általános összefüggések mellett megemlítendő még, hogy a naptér által védett homlokzaton a hőátadási tényező kisebb, a csapóeső kedvezőtlen állagvédelmi és energetikai hatása nem érvényesül.

### A konvektív energiaáramok

A konvektív áramok a zárt nyílászárók résein spontán módon kialakuló filtráció vagy az épület használói által tudatosan foganatosított szellőztetés intenzitásától és irányától függenek.

A légáramlás intenzitása és iránya számos véletlenszerűen változó hatástól is függ, bizonyos fókig azonban a tervezés folyamán is befolyásolható. Ha az uralkodó szélirányt, a környező beépítést adottságnak is tekintjük (bár a szélvédettség a növényzet megfelelő telepítésével javítható), az áramképet módosíthatjuk a nyílászárók légáteresztési ellenállásai közötti arányok és a nyílászárók egymáshoz viszonyított helyzetének megválasztásával, a nyitható ablakszárnyak és szellőzőcsappantyúk elhelyezésével, működési módjával, esetleg egyszerű, kisteljesítményű ventilátorokkal.

A szellőztetés hőigénye elvileg abban különbözik az energiaforgalom más összetevőitől, hogy a légcsera egy bizonyos alsó határérték alá (állagvédelmi, higiénés, biztonsági okokból) nem csökkenthető. Feltételezvé, hogy a légcsera a szükséges értékű, a kérdés az áramlás iránya.

Ha a levegő az épületből a naptérbe áramlik, a friss levegőt az épületben kell felmelegíteni, az épületből távozó levegő a naptérben annak hőmérsékletére lehül, és a felszabaduló

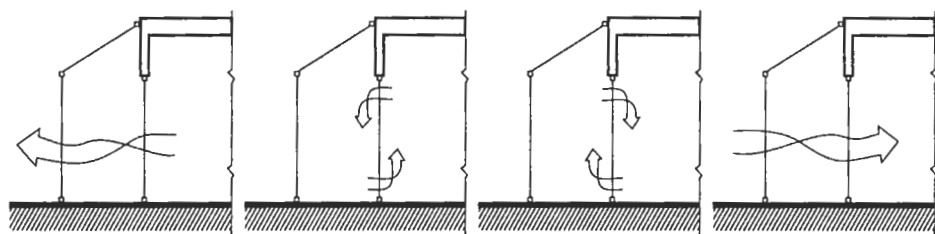
$$\dot{Q} = \dot{V}_\ell \cdot \rho \cdot c \cdot (t_b - t_n) \quad (45.8.)$$

hőáram a napteret fűti (amelynek hőmérséklete magasabb lesz, mintha csak a pufferhatás következtében alakulna ki). A (45.8.) összefüggésben:

$\dot{V}_\ell$  az épületből a naptérbe áramló levegő térfogatáram,

$\rho$  a levegő sűrűsége,

$c$  a levegő fajhője.



45.14. ábra. Konvektív energiatranszport a naptér, a környezet és az épület között

A naptér hőmérséklete szempontjából a másik szélsőséges eset az, ha a levegő a naptéren keresztül áramlik az épületbe (45.14. ábra). A kívülről beáramló levegő a naptérben annak hőmérsékletére melegszik fel, miközben onnan

$$\dot{Q} = \dot{V}_\ell \cdot \rho \cdot c \cdot (t_n - t_b) \quad (45.9.)$$

hőáramot von el, aminek következtében a naptér hőmérséklete kisebb lesz, mint a pufferhatás alapján számított érték. A levegő viszont  $t_n$  hőmérsékletre előmelegítve lép az épületbe, így annak szellőzési hőigénye a (45.9.) összefüggéssel számított értékkel csökken. (A naptér úgy működik, mint egy „keverő” hővisszanyerő.) Erre az esetre a naptér hőmérséklete az

$$\left( \sum_1 A \cdot k + \sum_1 \ell \cdot k_\ell + \dot{V}_\ell \cdot \rho \cdot c \right) \cdot (t_n - t_b) = \left( \sum_2 A \cdot k + \sum_2 \ell \cdot k_\ell \right) \cdot (t_b - t_n) \quad (45.10.)$$

összefüggésből fejezhető ki.

Az előzőek szerint tehát a naptér hőmérséklete és az épület energiafogyasztása szempontjából ismét eltérő változatokat kell preferálni.

A 45.14. ábra szerinti közbenső változatokban az épület légcseréje – mind a beáramlás, mind a kiáramlás – a naptér megkerülésével (más homlokzatokon) játszódik le. A friss levegőt tehát az épületben kell felfűteni. A naptér és a környezet között légcseréje nincs. A naptér és az épület közötti légcseréje a hőmérsékletkülönbségtől függően alakul, egyaránt eredményezhet az épületből a naptérbe vagy a naptérből az épületbe irányuló energiaáramot a szerint, hogy melyik a melegebb oldal.

Az áramlás irányával kapcsolatban megemlítendő, hogy a levegő mozgásával konvektív vízgőztranszport is lejátszódik.

Épületből naptérbe irányuló áramlás esetén gondolni kell a lecsapódás kockázatára (anyag, felületkezelés, gyűjtőcsatorna). Naptérből épületbe irányuló áramlás esetén hasonló gondok (penészképződés kockázata az épület szabad homlokzatainak csomópontjai környékén) adódhatnak, ha a naptérben túlságosan sok növény van. (A „túlságosan sok” megítéléséhez: egy  $\text{m}^2$  levélfelületről óránként 25–35 g vízgőz párolog el.)

„Két tűz közé” kerülhet egy lakótér, ha a keresztthúzat következtében (amelynek vonalát a szemben levő nyílászárók, irányát az éppen aktuális nyomáskülönbség szabja meg), a lég-

utánpótlást vagy a konyhán, vagy a növényekkel zsúfolt naptéren keresztül kapja. Ha a naptér sűrű „beültetése” várható, célszerű egy szabad homlokzaton elhelyezett ablakkal „tartalék légutánpótlási vonalról” gondoskodni.

Az eddigiek mellett még megemlítendő, hogy naptér → épület irányú áramlás esetén a naptér mint ülepítő porkamra szerepel, az épületbe a durvább aeroszoloktól mentes levegő jut.

## Sugárzási energiaáramok

A sugárzási energiaáramok a mérleg legösszetettebb tagját képezik. Először is azt kell leszögezni, hogy a naptér miatt a mögöttes helyiségek közvetlen (direkt) nyeresége csökken, ezt azonban egyéb hatások ellentételezhetik.

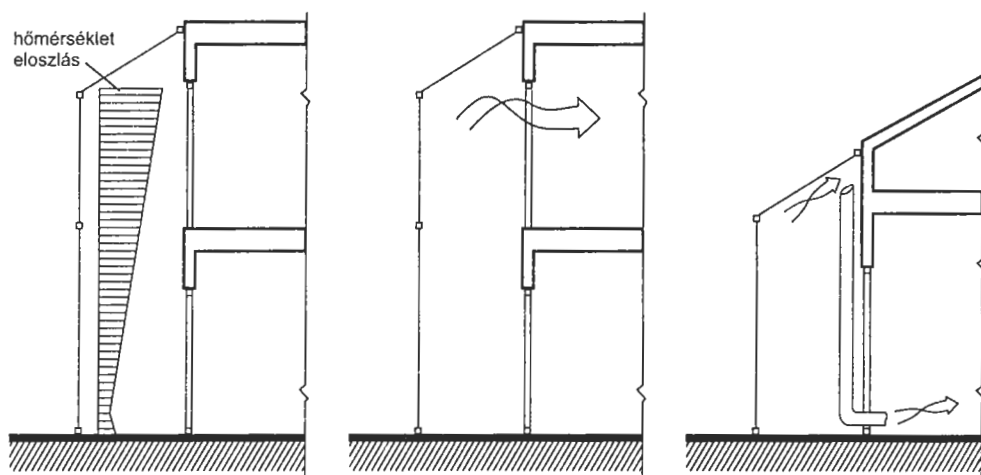
Nyilvánvaló, hogy a naptérbe annál több sugárzás jut, minél nagyobb és minél áteresztőbb üvegezett felülete van. Ebből a szempontból tehát egy egyrétegű fémvázaz szerkezet volna a legjobb, amely azonban a transzmissziós áramok, a hőhidak, a kondenzáció szempontjából a legrosszabb. A vastagabb szelvényekkel készülő faanyagú vázszerkezet is és a kettős üvegezés is az áteresztett sugárzási hányadot csökkenti, a pufferhatást azonban lényegesen javítja, a hőhidakkal, a kondenzációval kapcsolatos gondokat jelentősen mérsékli. Természetesen a mögöttes helyiség direkt nyeresége arányos a naptérbe bejutó sugárzási energiával.

A mögöttes térbe bejutó direkt nyereség nagyságát befolyásolja a naptér és az épület közötti határoláson levő nyílászárók mérete, üvegezése, keretszerkezete. A direkt nyereség nagyobb, ha itt nagy felületű és áteresztőképességű üvegezés van – ezzel azonban az épületből a naptérbe irányuló transzmissziós veszteségek is nőnek. Ugyanakkor, ha ezen a határoláson kevés a tömör fal, akkor a naptér elnyelő felülete és hőtároló-képessége csökken.

A naptér legfontosabb elnyelő és hőtároló szerkezete a padló. Burkolatának megválasztása egyértelműnek tűnik, de bizonyos részletkérdések itt is megemlíthetők: a sötétebb burkolat hőelnyelése jobb, a világosabb burkolat viszont a természetes világítás szempontjából előnyösebb („derítő” hatása a mögöttes helyiség fényviszonyait javítja). Veszít a jelentőségéből a burkolat minősége, ha a naptér sűrűn bútorozott vagy növényekkel zsúfolt: ebben az esetben ezek lesznek az elnyelő felületek, a padló csak a levegő közvetítésével vesz részt a hőtárolás folyamatában. A „berendezés” kis hőtároló képessége és a beárnyékolás folytán alárendelt szerepre ítélt padló miatt a naptérben a napi hőmérsékletingadozás nagyobb lesz. Ez lehet pillanatnyi előny is, ha adott esetben derült, hideg időben néhány „komfortos órát” akarunk a naptérben elcsipni.

A naptér tetőzetének értékelése aránylag egyszerű: nyilvánvaló, hogy a sugárzások nyereség szempontjából télen az üvegezett szerkezet előnyösebb. Ugyanez nyáron viszont a túlzott felmelegedés veszélyével jár. Ha átlátszatlan tetőszerkezet készül (vagy azért, mert a biztonsági üvegezés drága, vagy azért, mert a tetőn aktív szoláris rendszer kollektorait helyezzük el), annak transzmissziós vesztesége kisebb, ugyanakkor a naptér mélysége erősen korlátozottá válik, hiszen a túl mély előtető a természetes világítás és a mögöttes helyiség direkt nyeresége szempontjából komoly hátrány.

Ezt a korlátozást csökkenti a naptér belmagasságának növelése. A nagy belmagasság egyéb szempontból is előnyösnek tűnik: nagyobb az épület védett homlokzati felülete, nagyobb felületen jut be sugárzás a naptérbe. Ne feledkezzünk meg azonban arról, hogy a naptérben a sűrűségkülönbség okán függőleges irányban igen meredek lég hőmérséklet-eloszlás alakul ki (a rétegződés – sztratifikáció – jelensége). A magasabb lég hőmérséklet hőérzetjavító hatása azonban csak akkor aknázható ki, ha a melegebb levegőt a tartózkodási zónába juttatjuk. Ez történhet természetes légmozgással (ha a naptérbe két szintről nyílnak helyiségek), vagy egy kisteljesítményű ventilátorral (45.15. ábra), amely például automatikus vezérléssel akkor indul, ha a naptér tetősíkja alatt a hőmérséklet magasabb, mint a mögöttes helyiségé. Ez az egyszerű gépi szellőztetés természetesen kis belmagasság esetén is megoldható, így a 45.15. ábra jobb oldali két változatának valamelyike valósul meg (a hőérzet és a tartózkodási idő, mint ellentétes szempont itt most nem merül fel, hiszen a leírt módon a ventilátor csak akkor indul, ha a naptérben a lég hőmérséklet elég nagy – és természetesen le is áll, ha az túl kicsire csökkenne).



45.15. ábra. A nagyobb belmagasságú naptér felső zónájából a melegebb levegő ventilátorral juttatható „célba”

### Hőérzeti feltételek a naptérben

A naptérre felírt mérlegegyenletekből a naptérben várható hőmérséklet számítható.

Megtévesztő volna azonban a hőérzetet, a kellemes környezetben való tartózkodás lehetséges időtartamát ennek alapján megítélni. Ha ugyanis a naptérbe napsugárzás jut, a kellemes hőérzet feltételei kis lég hőmérséklet mellett is kialakulnak.

Az természetesen más kérdés, hogy a naptér és a mögöttes helyiség közötti ajtót – energetikai szempontokból – huzamosan csak akkor célszerű nyitva tartani, ha a naptérben a lég hőmérséklet már elérte a mögöttes helyiségét! (Így ami a naptér „lakhatásának” időtarta-



mát illeti, külön beszélhetünk az előbbi értelemben a „zárt ajtós” és külön a mögöttes helyiséggel összenyitott naptér „nyitott ajtós lakhatásáról”).

## A nyári feltételek

Az eddigiekben a naptereket a téli félév szempontjai szerint vizsgáltuk. A nyári félévet illetően természetesen a hőérzeti igényeket kell figyelembe vennünk, függetlenül attól, hogy a téli félév tekintetében melyik szempontnak adtunk elsőbbséget. Ezek kielégítéséhez a következők szükségesek:

- árnyékolás a naptér külső határolásán;
- intenzív szellőztetés a naptér és a környezet között (például a kürtőhatás kihasználásával a tetősík közelében levő szellőzőnyílással);
- az épület intenzív szellőztetése olyan beáramlási útvonalon, amely nem halad át a naptéren.

## A várható eredmény

Amint az eddigiekből látható, a napterek „szolgáltatásai” számos tényezőtől függenek. Ezek között több olyan is van, amely az energia-megtakarítás, illetve a „lakhatóság” időtartama szempontjából ellentétes hatású. Rendkívül jelentős a használók, a lakók befolyása is, akár „statikus” tekintetben (bútorozás, növényzet), akár a mindennapi használatot illetően (mozgatható árnyékolók működtetése, szellőztetés). Energetikai szempontból a várható eredmény becslése azért is nehéz, mert a viszonyítási alap – a mögöttes épület – igen sokféle lehet. Ennek és a használati módnak a függvényében az energia-megtakarítás akár 30%-ot is elérhet, de a legjobban tervezett, legjobb adottságú naptér lehetséges hatását is szinte semmissé teheti a helytelen használati mód.

## 45.3. Hibrid rendszerek

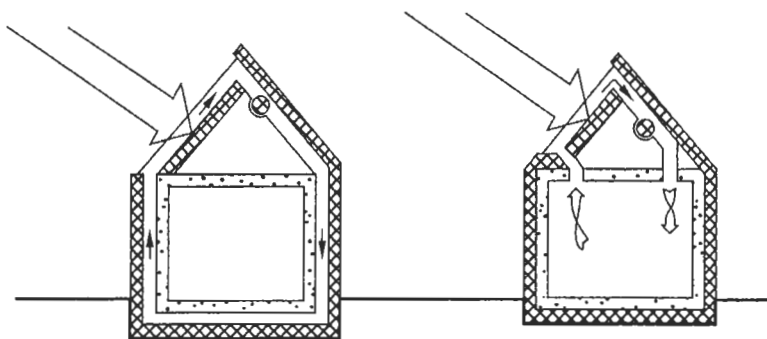
### 45.3.1. A levegő hőhordozó közegű rendszerek elvi alapváltozatai

A levegő, mint hőhordozó közeg kétféle módon használható:

- vagy közvetlenül bevezetjük a helyiségbe, ekkor szellőzési és légfűtési célokat szolgál,
- vagy a helyiséget burkoló üreges határolószerkezetek légjárataiban keringetjük, amelyek ekkor úgy működnek, mint a beágyazott padló- vagy mennyezetfűtések.

Az első változatban bármilyen hőmérsékletű levegőt nyerünk is a légkollektorból, azt hasznosítani tudjuk. Ha a levegő hőmérséklete lényegesen meghaladja a helyiségét, akkor légfűtésre, ha azzal egyenlő, vagy annál kisebb, akkor szellőztetésre – utóbbi esetben legalább annyi a nyereség, hogy az előmelegített levegőt kevesebb energiával fűthetjük fel a helyiség-hőmérsékletre.

A második változatban a levegő hőmérsékletének legalább 5 °C-kal meg kell haladnia a helyiségét, hiszen a szerkezeten keresztül fűtőhatást csak így várhatunk. Ennél hidegebb levegő fűtési célra nem használható. Ezért az ilyen rendszerek a fűtési idény folyamán kevesebb órászámban működnek, mint az első változat szerintiek. Nagy előnyük viszont az, hogy a szerkezeteket „belülről” fűtve azok hőtároló-képességét jól kihasználják (45.16. ábra).

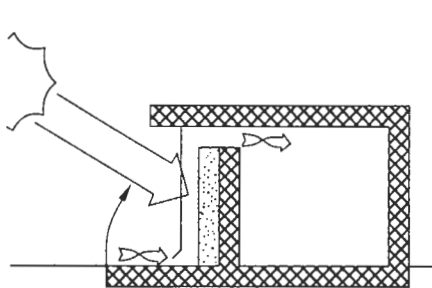


45.16. ábra. A levegővel működő rendszerek alapsémái

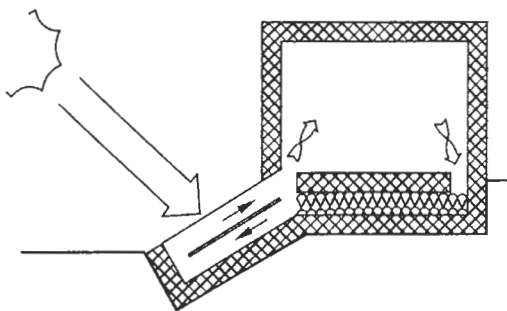
A szerkezetek légjárataiban a levegő elvileg is legfeljebb csak a helyiség hőmérsékletére hűthető le, tehát ami a hőmérsékletét illeti, szellőztetési célokra még használható lenne. Ezért energetikai szempontból a két változat kombinálása feltétlenül kézenfekvő. Ugyanakkor nem hagyható említés nélkül az az aggály, hogy a szerkezetek nem tisztítható légjáratai idővel elszennyeződhetnek és az azokból nyert levegő minősége bakteriológiai, higiénés szempontból esetleg kifogásolhatóvá válik. Emiatt vagy háttérbe kell szorítanunk az energetikai szempontokat, vagy a tisztaságot, a tisztíthatóságot biztosító anyagválasztásra, szerkezeti megoldásokra, a befűvő nyílásoknál beépített légszűrőkre van szükség.

### 45.3.2. Falkollektor

A Trombe-fal sémáját megtartva, de nagytömegű fal helyett egy könnyű és szigetelt szerkezetet alkalmazva a fal-kollektornak (45.17. ábra) nevezett rendszert kapjuk, amely azzal jellemezhető, hogy az elnyelő felület mögött közvetlenül nincs hőtároló tömeg, az energia levegővel, természetes légközrés révén jut tovább. Így késleltetés sincs, ezért a rendszer olyan szakaszosan használt, intenzívebb szellőztetést igénylő helyiségek esetében alkalmazható, ahol a sugárzás és az igények szinkronban vannak.



45.17. ábra. A falkollektor sémája



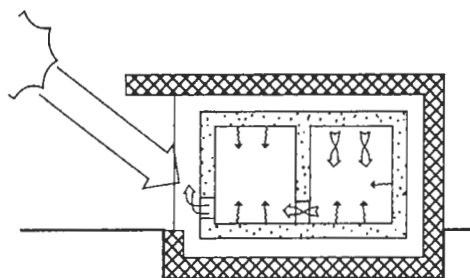
45.18. ábra. A termoszfion rendszer

### 45.3.3. Kihelyezett termoszfion rendszer

A rendszer sémáját a **45.18. ábra** mutatja. A sugárzási energia elnyelése az épületen kívül történik, a légkörzést a kürtőhatás biztosítja (ehhez az elnyelő felületnek a padlónál alacsonyabb szinten kell lennie), hőtárolásra a belső szerkezetek szolgálnak.

### 45.3.4. Barra-Costantini rendszer

Ebben a rendszerben az energiagyűjtésre zárt áramkörben lévő falkollektor szolgál. A levegő nem közvetlenül, hanem a szerkezetekben kialakított légjáratokon át jut a helyiségbe. A szerkezetek részben hőtárolásra szolgálnak, részben pedig úgy működnek, mint a beágyazott padló vagy mennyezet-fűtések (**45.19. ábra**).



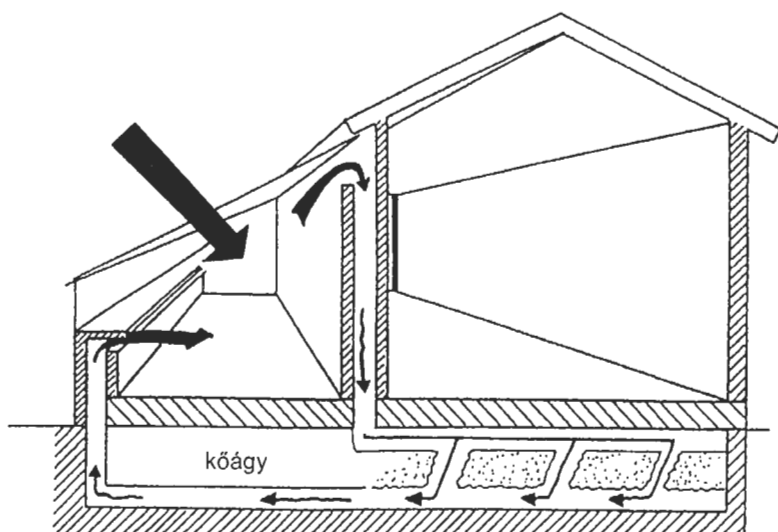
45.19. ábra. A Barra – Costantini rendszer

A szellőztetett légjáratok vízszintes mérete korlátozott, mert a felhajtóerőből származó nyomáskülönbség is az. Ventilátor alkalmazásával ez a korlátozás feloldható.

### 45.3.5. Szellőztetett kőágy

A határolószerkezetek felülete véges, a napi ciklusú hőtárolásban aktívan résztvevő rétegek vastagsága úgyszintén. Ez a helyiség hőtároló-képességét korlátozza, amin csak „kihelyezett” hőtárolóval lehet segíteni. Ennek tipikus, egyszerű kiviteli formája a kőágy: egyszemcsés kővel, durva kavicsal feltöltött, falazott vagy betonozott tér, amelyet többnyire a padló vagy az üvegház alatt, a talajba süllyesztve alakítanak ki (**45.20. ábra**). Ezt napközben meleg (például az üvegházból elszívott) levegővel felmelegítik – ez a levegő azután még min-

dig elegendően nagy hőmérsékletű ahhoz, hogy a helyiség szellőztetésére használják. Éjszaka a kőágban tárolt energiával lehet előmelegíteni a helyiség fűtésére-szellőztetésére szánt levegőt. Minden ilyen típusú rendszer alkalmas arra is, hogy nyáron az éjszakai külső levegővel lehűtsék, napközben pedig ezen a lehűtött kőágyon át juttassanak szellőző levegőt a helyiségbe. A levegő nemcsak a helyiségbe vezethető be, hanem a határolószervezetekben kialakított légjáratokban is keringethető, mint egy beépített sugárzó fűtés hőhordozó közege. A kőág nemcsak nagy hőtároló tömeget, hanem elegendően nagy hőcserélő felületet is biztosít. A tárolt hő távolabbi helyiségekbe is eljuttatható.



45.20. ábra. Szellőztetett kőágas rendszer

A szellőztetett kőágyat a talajjal érintkező felületein célszerű hőszigetelni (ennek ajánlott vezetési ellenállása  $0,4 \text{ m}^2\text{K/W}$ ). A betontechnő légtömörségét hegesztett fóliával vagy más módon biztosítani kell. A töltet egyszemcsés, 20–50 mm közötti szemcsemérettel. Beépítés előtt a kőágyat nagynyomású vízzel kell lemosni. A légcsatornába a belépő és kilépő nyílásoknál légszűrőt kell beépíteni.

A kőág ajánlott térfogata:

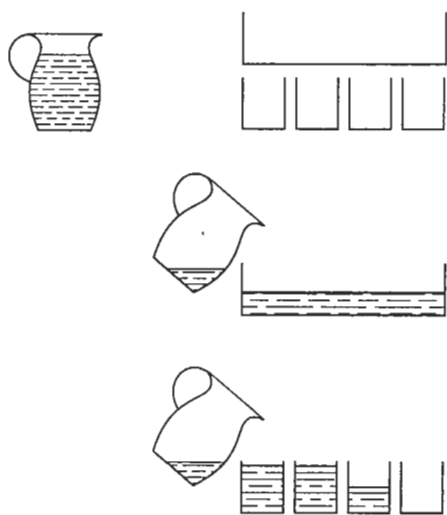
$$V = 0,6 A_u \quad (45.11.)$$

ahol  $A_u [\text{m}^2]$  azon felületek üvegezési felülete, amelyeknek a hőnyereségéből a kőágyat fel akarjuk fűteni.

A kőágyon áthajtott levegő ajánlott térfogatárama:

$$\dot{V}_\ell = 0,05 \cdot V \quad (45.12.)$$

Az áramlási irányban aránylag rövidebb, arra merőlegesen bővebb keresztmetszetű kő-  
 ágyak áramlási ellenállása kisebb, de a túl bő keresztmetszet nem célszerű, mert az egyenletes  
 átöblítés gondot jelenthet. Az áramlásirányú méret ne haladja meg a 2,5 métert, mert a  
 hőmérsékletkülönbség csökkenése miatt azon túl már a hőcsere nem hatékony.



45.21. ábra. A hőtároló kapacitás

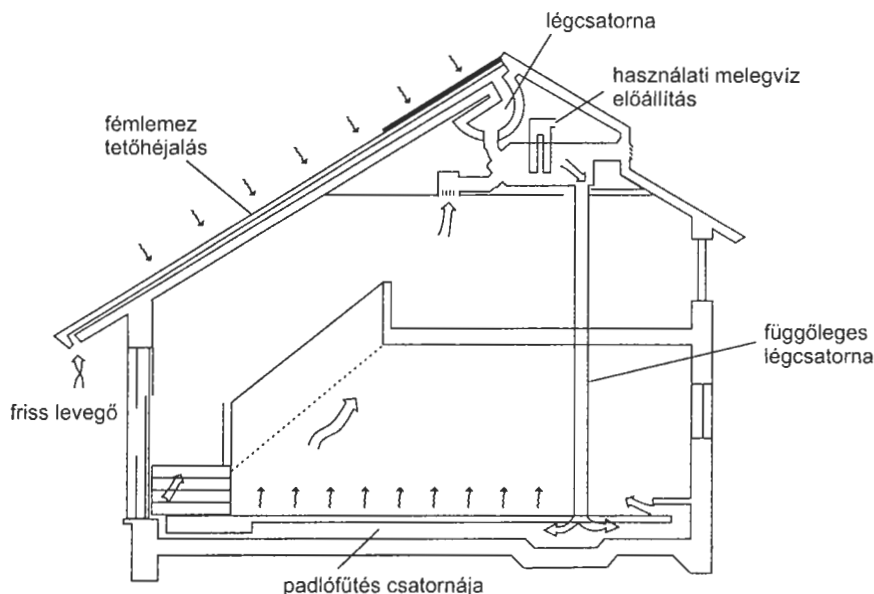
Ha hosszabb időtartamú hőtárolás a cé-  
 lunk, a kőágy térfogatát kisebb, egymástól el-  
 szigetelt tárolóegységekből célszerű kialakí-  
 tani. Ha ugyanis egy nagyobb egységbe adott  
 mennyiségű energiát vezetünk be, annak hő-  
 mérséklete kisebb és ezért fűtési célra alkal-  
 matlan lesz (bár az energia a tárolóban „ben-  
 van”). A kisebb egységeket egymás után fel-  
 töltve a teljesen feltöltött kisebb egységekben  
 az adott mennyiségű energiával magasabb, fű-  
 tési célra alkalmas hőmérsékletszint érhető el.  
 A kérdés lényege egy hasonlattal mutatható  
 be: adott mennyiségű vízzel (az energia meg-  
 felelője) a második esetben magasabb vízszint  
 (a hőmérséklet megfelelője) érhető el (45.21.  
 ábra).

#### 45.3.6. Légg kollek toros rendszerek

E rendszer lényege az, hogy a külső fal, avagy a tetőhéjalás transzparens lefedést kap, a  
 sugárzás elnyelése a mögöttes, átlátszatlan felületen történik. A két felület között, vagy az  
 elnyelő felület mögött áramoltatott levegővel az elnyelt energia nagy részét a szerkezetből  
 mintegy „kimossuk”, az így felmelegített levegőt közvetlenül a helyiségekbe, avagy hőtárol-  
 lókba juttatjuk, az utóbbiakban tárolt energiát később ugyancsak ventilátorral szállított levegő  
 közvetítésével használjuk fel.

Általában igaz az, hogy a sugárzási hőnyereség hasznosításának fontos feltétele a kis  
 tehetetlenségű, jól szabályozható, „rugalmas” kisegítő fűtés.

Ha egy épület hibrid szoláris rendszerrel készül, amelynek a ventilátor, a légcsatorna-  
 hálózat, a befúvó és elszívó szerkezetek úgyis szerves tartozékait képezik, különösen érdemes  
 megfontolni a légfűtés alkalmazását, a két rendszer funkcionális és szerkezeti egyesítését. Így  
 a szoláris rendszerben előmelegített levegő (a kisegítő fűtés fogyasztásának csökkentésével)  
 akkor is hasznosítható, ha borult, hideg időben hőmérséklete nem volna elegendő a közvetlen  
 felhasználásra. Ezen túlmenően a légtechnikai rendszerbe hővisszanyerő építhető be, amely-  
 ben a távozó levegővel a friss levegő további előfűtése újabb megtakarítást eredményez.



45.22. ábra. Az OM légkollektoros rendszer

A légkollektoros rendszerek egy jól bevált változatát, a japán fejlesztésű OM rendszert mutatja a **45.22. ábra**. A légkollektor és a tetőhéjalás egységes szerkezetet képez. A fémlemez tetőhéjalás alatt áramlik felfelé az eresz alatt beszívott friss levegő, vagyis ezen a szakaszon a tetőhéjalás egy fedetlen légkollektort képez. A tető felső sávjában, ahol az áramló levegő hőmérséklete már nagy, egy üvegréteg és az alatta lévő pangó légréteg szigetelő hatása csökkenti a hőveszteséget. A levegő a gerinc alatt húzódó, félhenger alakú légcsatornán át egy kezelő dobozba jut, amely a ventilátor és a szabályozó csappantyúk mellett egy bordáscsöves hőcserélőt is tartalmaz: ez a használati melegvíz felmelegítésére szolgál. A kezelő dobozból a levegő egy függőleges légcsatornán keresztül a légjáratos padlószerkezetbe jut, amely így egyrészt padlófűtésként, másrészt hőtárolóként működik. Ezt követően a levegő padlórácsokon vagy a parapet alatt a helyiségbe jut és onnan a kialakuló csekély túlnyomás hatására a szabadba távozik.

Automatikus vezérléssel télen időközönként rövid időre a levegő áramlási irányát megfordítva a tetőről a hó leolvasztható.

Nyáron a levegő a használati melegvíz hőcserélője után a kezelő dobozból közvetlenül a szabadba jut. Ez a légáramlás az épületben kisebb depressziót idéz elő, ami miatt az épület szellőzése intenzívebbé válik.

## 45.4. Aktív rendszerek

### 45.4.1. Általános leírás

Az aktív rendszerekben az energiagyűjtés feladatát a kollektorok látják el. Ezek általában önálló elemek, amelyek az épületre szerelhetők, de vannak az épület egyes elemeivel szerkezetileg és funkcionálisan integrálható kiviteli változatok is. A kollektorokban hőhordozó közeg kering.

Ha a hőhordozó vagy munkaközeg folyadék, a tárolás tartály(ok)ban történik. A tárolótartályok jellemzően hengerek, álló helyzetűek, így a folyadék hőmérséklet szerinti rétegződésének jelensége jobban kihasználható: a tartály tetejéről a legmelegebb közeg vételezhető, a tartály alján a hőmérséklet a hőátadás szempontjából előnyösen alacsonyabb.

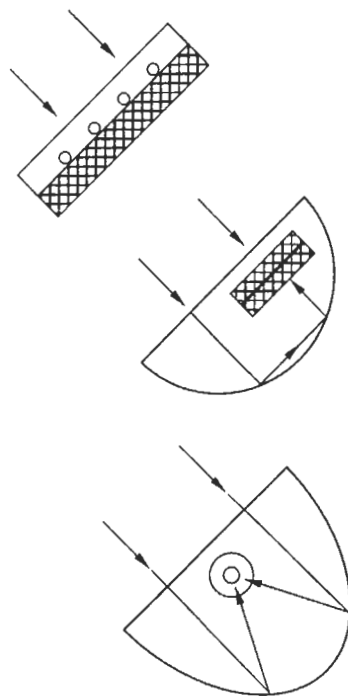
A hőleadók olyanok, mint amilyeneket a központi fűtési rendszerekben kis fűtővízhőmérséklet mellett egyébként is szokásos beépíteni. A hálózat kialakítását és méretezését illetően a szokványos központi fűtési rendszerekhez viszonyítva néhány speciális követelményt is ki kell elégíteni.

### 45.4.2. Energiagyűjtés

Az aktív rendszerek energiagyűjtő elemének szokásos neve: kollektor. Néha – inkább a napi sajtóban – a „napelem” szó használata is előfordul, ez azonban félrevezető (elektromos áram termelésére, fotovoltaiikus (PV) cellára lehet asszociálni). A kollektor alkalmasan kiképzett felületen (elnyelő felület, abszorber) a napsugárzást elnyeli és a hőt erről egy munkaközegnek (víz, fagyálló folyadék, levegő) adja át. Egyes esetekben a sugárzást a kollektor részét alkotó tükröző felületekkel irányítják–koncentrálják az elnyelő felületre.

Az elnyelő vagy a tükröző felületek geometriája meghatározza a kollektor formáját és ez az osztályozás egyik szempontját képezi.

A síkkollektorok elnyelő felülete sík, egyik oldalukat éri a sugárzás. A síkkollektort félhenger alakú tükröző felület elé helyezve mindkét oldal besugározható. A koncentrátorok (parabolikus kollektorok) esetében parabola vezérvonalú, tükröző bevonatú félhenger „gyűjtővonalába” helyezett cső szolgál elnyelő felületként és ebben áramlik a hőhordozó (45.23. ábra).



45.23. ábra. A kollektorok kialakítása

A hőhordozó áramoltatására szolgáló cső koaxiális üvegcsőben helyezhető el, a két cső közötti térben vákuumot létesítve a veszteségek jelentősen csökkenthetők (vákuumcsöves kollektor).

A kollektor lehet rögzített vagy mozgatható, utóbbi esetben egy „napkövető” automatika állítja be az elnyelő vagy tükröző felületet a sugárzás beesési szöge szempontjából legkedvezőbb helyzetbe.

Az egységnyi elnyelő felületre jutó sugárzás a síkkollektorok esetén a legkisebb, ugyanakkor ezek szerkezete a legegyszerűbb. Éghajlati adottságaink mellett a rögzített síkkollektorok fűtési-használati melegvíztermelési célra jól alkalmazhatók, parabolikus kollektorok ilyen célú alkalmazása – nagy beruházási költségük miatt – nem ésszerű.

#### **45.4.3. A síkkollektor szerkezete**

A folyadék munkaközegű síkkollektor energia-gyűjtő eleme általában jó sugárzás-elnyelő tulajdonságú, csőjáratos lemezlap, de felépíthető sík bordázatú csövekből, vagy kiképezhető olyan fémlemezként, amelyre csőkégyöt erősítenek. Igen fontos az elnyelő lemez és a csövek közötti jó fémes kapcsolat: a házilag barkácsolt szerkezeteknek jellemzően ez a gyenge pontja. (Emlékezzünk vissza a „Sugárzó fűtések méretezése” c. fejezet (40.28/b) összefüggésben bevezetett „ $\nu$ ” tényezőre! A napkollektor lényegében „fordított” sugárzó ernyő!) Bizonyos esetekben a csőjáratos lemez műanyagból is készülhet.

Az abszorber hőveszteségét hátoldalának hőszigetelése csökkenti. A hőszigetelésre szálalásvány-, vagy üveggyapot lemezt használnak, 40–80 mm vastagságban. A habosított szigetelőanyagok a magas hőmérséklet miatt nem ajánlhatók.

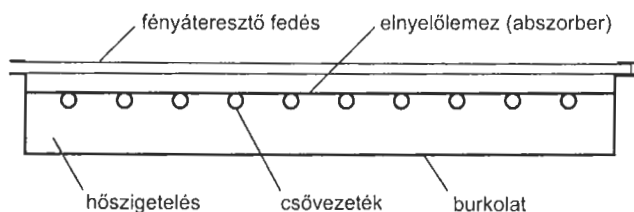
Az abszorber besugárzott felületének konvektív és sugárzási hővesztesége átlátszó lefedéssel (üveg, plexi, polikarbonát, fólia, transzparens szigetelés) mérsékelhető. Különleges megoldásként a lefedés és az elnyelő felület között vákuum hozható létre. (A vákuumos síkkollektor üvegfedése sűrűn alátámasztott és a kollektorházból vákuumszivattyú időszakonként kiszívja a levegőt.)

A lefedés a beeső napsugárzás egy részét is visszaveri. Ezért azokat a jobb minőségű abszorbereket érdemes lefedni, amelyeknek konvektív és sugárzási hővesztesége (részben a nagyobb felületi hőmérséklet miatt, részben a téli időszak hideg külső hőmérséklete miatt) nagyobb, mint a lefedés által visszavert sugárzásból származó veszteség. Kisebb hőmérsékletű kollektorokat, különösen akkor, ha azok csak a nyári félévben üzemelnek (pl. uszodavíz melegítésére szolgáló, műanyag szőnyeg kollektorokat) nem érdemes lefedni.

Adott sugárzásintenzitás és fedés mellett az elnyelő felület és ezzel a hőhordozó hőmérséklete magasabb, ha az elnyelőfelületnek a napsugárzás hullámhossz-tartományában (0–3  $\mu\text{m}$ ) igen nagy a fajlagos elnyelőképessége (abszorpciós tényezője), míg a saját hőmérsékletének megfelelő hullámhossz tartományra (2–50  $\mu\text{m}$ , „hosszúhullámú infra”) vonatkozó fajlagos kisugárzó képessége (emissziós tényezője) kicsi. Az ilyen felületképzést szelektívnek nevez-



zük. A jelenséget átgondolva belátható, hogy a hőtechnikai értelemben „fekete” felület nem feltétlenül azonos a vizuális értelemben vett „fekete” felülettel (45.24. ábra.).

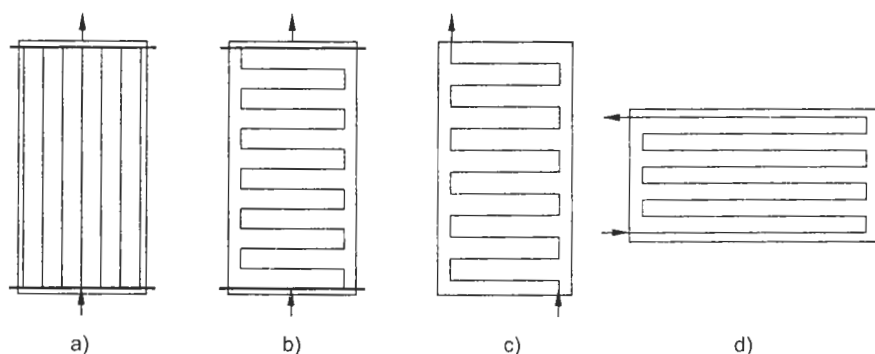


45.24. ábra. A sikkollektorok felépítése

Szelektív bevonatként általában galvanizálással felvitt nikkel-, vagy króm-oxidokat használnak, de kifejlesztettek szelektív tulajdonságokkal rendelkező festéket, ún. „szolárlakkot” is. Az elnyelő felület érdesítése szintén növeli az abszorpciós tényezőt.

A lefedéssel készülő kollektorok üresjáratú hőmérséklete (amikor a hőhordozó közeg nem kering) igen nagy lehet, szelektív bevonatú abszorber esetén elérheti a 180–200 °C-t is. Ezért elnyelőlemeznek fém, réz vagy alumíniumot célszerű alkalmazni. A csővezeték általában vörösréz, melyre az elnyelőlemezt sajtolással, forrasztással vagy ultrahangos hegesztéssel erősítik fel.

A csőjáratok kialakítása lehet csőigýós, vagy párhuzamos csővezetésű (osztó-gyűjtő). A csőigýós kollektor csak szivattyús keringetésű rendszerben, a párhuzamos csővezetésű gravitációs rendszerben is alkalmazható. A csővezetést úgy kell kialakítani, hogy a csőjáratban légzsákok ne keletkezzenek és a kollektor leüríthető legyen. A kollektor csővezetésének jellemző sémái a 45.25. ábrán láthatók.



45.25. ábra. Kollektorok belső csővezetése

a – Osztó-gyűjtő és párhuzamos járatok; b – Osztó-gyűjtő 1 db spirál járattal; c – Spirál járat a hossz tengellyel párhuzamosan; d – Spirál járat a hossz tengellyel párhuzamosan

A kollektor fedésére általában kis vastartalmú, 4 mm vastag edzett biztonsági üveget alkalmaznak. Ennek előnye a jó fényáteresztő képesség és a megbízható, hosszú élettartam. Az edzett üveg a jégverésnek és a hőterhelésnek is jól ellenáll. A külső felület „raszteres”

kialakítása az üveg visszaverő képességét csökkenti, ez főleg a felületre 30 foknál kisebb szögben beeső sugárzás esetén hatásos. A többrétegű, hőszigetelt üvegfedések alkalmazása ritka.

A polikarbonát lemez egy- és többrétegű, valamint kamrás kivitelben kapható. Előnye a kis súly, a szabhatóság és a jó hőszigetelő képesség. Hátránya az, hogy a nagy termikus és sugárzási igénybevétel mellett rövidebb az élettartama. Ezért a polikarbonát lemezt főleg egyszerűbb, nem szelektív abszorberű kollektorok lefedésére alkalmazzák.

A transzparens szigetelés ugyan 30–40%-kal csökkenti az elnyelő felületre jutó sugárzás intenzitását, a hővesztiséget csökkentő hatása azonban rendkívül jelentős, ami a téli félévben üzemelő rendszerek esetében igen kedvező.

A keretszerkezet általában alumínium lemezből mélyhúzott, vagy hajlított kivitelben, alumínium sajtoló profilból szegezve, vagy csavarozva készül. Egyszerűbb kollektorokhoz műanyag, vagy fa dobozt alkalmaznak. A dobozszerkezet feladata a lefedés, az abszorber, a hőszigetelés zárt egységben tartása, a kollektor lezárása, a nedvesség bejutásának megakadályozása. A dobozba szerelten gyártott kollektorok mellett készülnek külön doboz nélküli, közvetlenül a tetőszerkezetbe integrált, héjalás helyett alkalmazott kollektorok is.

A kollektorok általában 2 m<sup>2</sup> körüli felülettel, 1 x 2 m-es méretben készülnek. Ez az a méret, amely szilárdságilag megfelelő, technológiailag gazdaságosan legyártható, a tetőszerkezetre viszonylag egyszerűen felszerelhető és könnyen elszállítható. Nagyobb igények kielégítésére több kollektorból álló kollektor mezőt alakítanak ki.

Ahogy már említettük, a kollektor szerkezetekkel kapcsolatban érdemes visszalapoznunk a sugárzóernyők elemzéséhez is!

#### **45.4.4. A kollektorok hatásfoka**

A hatásfok a kollektor által hasznosított hőmennyiség és a kollektor hasznos felületére napsugárzás útján érkező hőmennyiség hányadosa. Értékét az alábbi két veszteség befolyásolja:

- optikai veszteségek, melyeket a lefedés visszaverő- és áteresztő-képessége, valamint az elnyelőlemez abszorpciós képessége határoz meg. Az optikai veszteségek nem függenek a kollektor hőmérsékletétől;
- hővesztések, melyek nagysága a kollektor és a környezet hőmérséklete közötti különbségtől függ.

A napkollektorok hatásfokát a következő, nemzetközileg elfogadott, paraméteres összefüggés alapján szokás megadni:

$$\eta = \eta_0 - a \cdot X - b \cdot I_G \cdot X^2 \quad (45.13.)$$

ahol

$\eta_0$  zérus hőmérsékletkülönbség melletti, ún. optikai hatásfok,

$a, b$  méréssel meghatározott állandók,

$X = (T_{köz} - T_k) / I_G$  a hatásfok összefüggés független változója [m<sup>2</sup> K/W],

$I_G$  a kollektor felületegységére merőlegesen érkező globális napsugárzás [W/m<sup>2</sup>],

$T_{köz}$  a kollektorokban keringő hőátadó folyadék közepes hőmérséklete [K],

$T_k$  a külső léghőmérséklet [K].

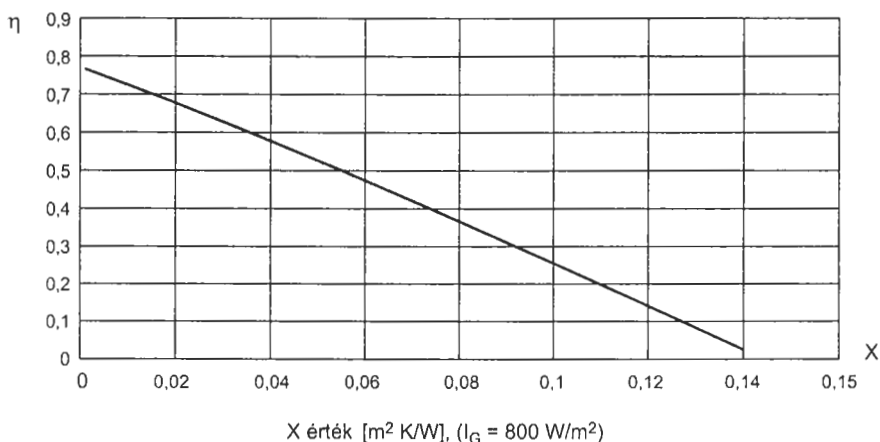
Például egy szelektív abszorberű síkkollektorra a hatásfok számítási összefüggése:

$$\eta = 0,79 - 4,17 \cdot X - 0,011 \cdot I_G \cdot X^2 \quad (45.14.)$$

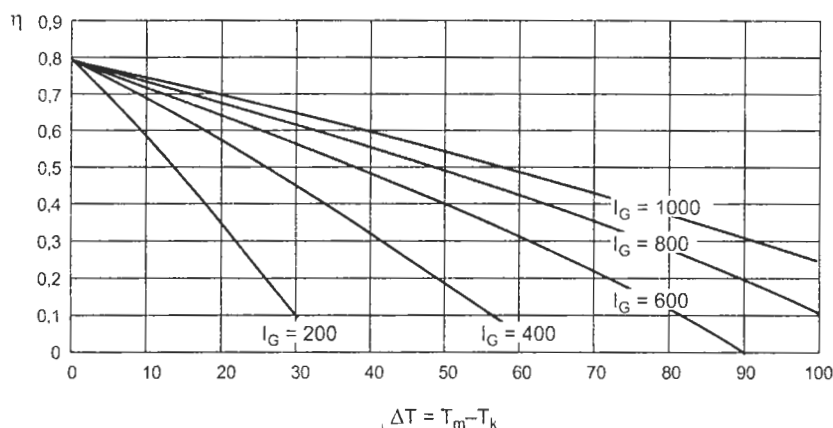
A hatásfok diagramszerű ábrázolása a **45.26.** és **45.27. ábrákon** látható, az  $X$ , valamint a  $\Delta T = T_{köz} - T_k$  függvényében ([16] nyomán).

Különböző típusú kollektorok jellemző hatásfokgörbéit ([16] nyomán) mutatja a **45.28. ábra**.

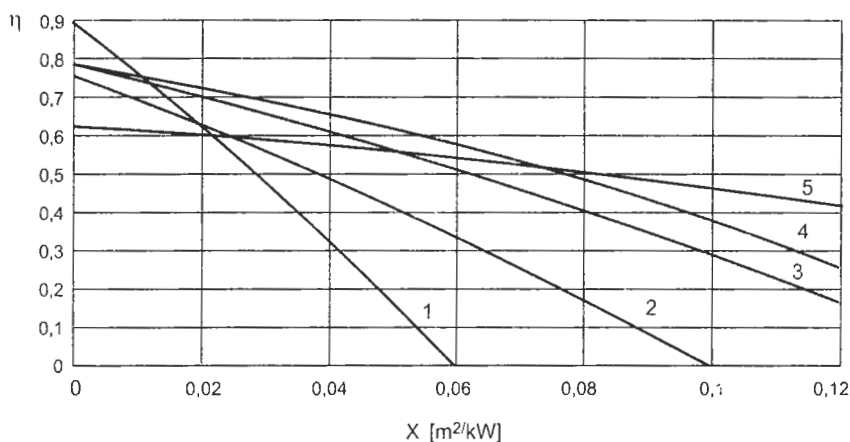
A hatásfok diagramok ismeretében belátható, hogy fűtési célra elsősorban szelektív bevonatú síkkollektorok alkalmazása kézenfekvő. Az ennél egyszerűbb kollektorokkal a téli félévben nem lehet érdemleges teljesítményt elérni, az ennél bonyolultabb változatok alkalmazása gazdaságossági megfontolások miatt jelenleg nem ésszerűek.



45.26. ábra. A kollektorhatásfok az  $X$  tényező függvényében,  $X = (T_{köz} - T_k) / I_G$



45.27. ábra. Kollektorhatások a jellemző hőmérsékletkülönbség függvényében  
(Lefedett napkollektor hatások diagramja  $\eta(X)$  különböző  $I_G$  értékek mellett)



45.28. ábra. Különböző kollektorok hatásfoka  
1 – lefedés nélküli síkkollektor; 2 – nem szelektív síkkollektor; 3 – szelektív síkkollektor;  
4 – vákuumos síkkollektor; 5 – vákuumcsöves kollektor

#### 45.4.5. Hőmérséklet- és nyomásviszonyok a rendszerben

A kollektor hőmérséklete akkor a legnagyobb, amikor a hőhordozó közeg keringetése szünetel. Ez az üresjárási állapot. A jó minőségű szelektív napkollektorok üresjárási hőmérséklete elérheti a  $180\text{ }^\circ\text{C}$ -ot is. Üresjárat mindig előfordul, azt kivédeni nem lehet (pl. áramszünet, keringés kimaradása stb.). Az üresjárat utáni induláskor – rövid ideig – ez a nagy,  $100\text{ }^\circ\text{C}$  fölötti hőmérséklet jelenik meg a teljes rendszerben. Ezt az összes szerkezeti elemnek el kell viselnie! Ezért nem lehet pl. műanyagcsőbetétes flexibilis csövet... stb. alkalmazni.

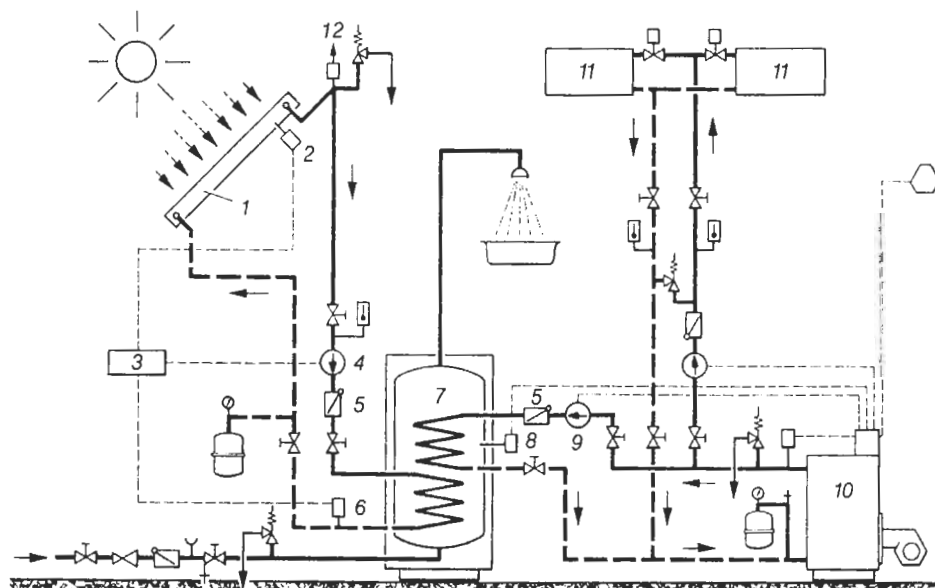
Fokozottan kell ügyelni a hőtágulási lehetőségek biztosítására is. Bizonyos teljesítmény felett gondoskodni kell a kollektorok nyári hűtéséről is.

A nagy közeg-hőmérséklet miatt az üzemi nyomás is nagy. Erre a hőhordozó közeg felforrásának elkerülése érdekében van szükség. Ezért célszerű az üzemi nyomást 4-5 bar értékre beállítani. Így az általánosan alkalmazott fagyálló folyadék-víz keverék forráspontja 170 °C körüli érték lesz. Ekkor a beépített biztonsági szelep lefűvási nyomása 6 bar, az összes szerkezeti elemet ennek megfelelően kell kiválasztani.

Az egész évben üzemelő napkollektoros rendszereket általában fagyálló folyadékkal kell feltölteni. Csak nem-mérgező, propilén-glikol alapú fagyállót szabad alkalmazni, és ekkor is rendszeresen ellenőrizni kell, hogy meghibásodás esetén a fagyálló folyadék az ivóvíz hálózatba ne kerülhessen be. A fagyállós rendszer feltöltése, ürítése és időszakonkénti ellenőrzése nagy körültekintést igényel.

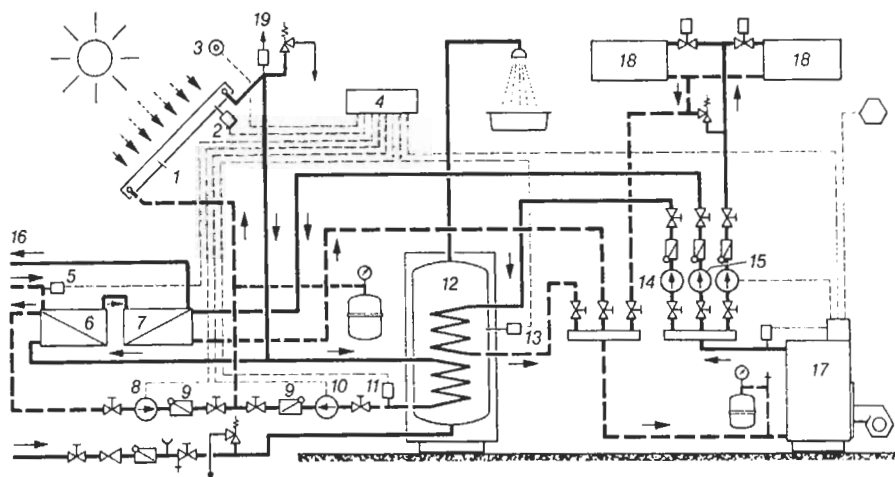
#### 45.4.6. A hálózat

A hálózat kialakítása nagyban függ attól, hogy a rendszer a fűtésen kívül még milyen további célokat (használati melegvíztermelés, úszómedence vízmelegítése) szolgál. Többcélú, összetett rendszerek sémáját példaképpen a 45.29. és 45.30. ábra mutatja.



45.29. ábra. Többcélú aktív szoláris rendszer sémája (fűtés és használati melegvíz termelés)

1 – kollektor; 2 – hőmérséklet érzékelő (kollektorban); 3 – elektronikus hőmérsékletkülönbség szabályozó a szoláris körben; 4 – szoláris kör keringető szivattyúja; 5 – visszacsapó szelep; 6 – hőmérséklet érzékelő a tároló fűtő csőigényjében a szoláris körben; 7 – használati melegvíz tároló; 8 – hőmérséklet érzékelő a tároló fűtő csőigényjében a szoláris körben; 9 – tárolót töltő szivattyú; 10 – kazán; 11 – hőleadók; 12 – légtelenítés



45.30. ábra. Többcélú aktív szoláris rendszer sémája (fűtés, használati melegvíz termelés és uszoda)

- 1 – kollektor; 2 – hőmérséklet érzékelő (kollektorban); 3 – napsugárzás intenzitásának mérése;  
 4 – elektronikus hőmérsékletkülönbség szabályozó a szoláris körben; 5 – hőmérséklet-őr az uszodavíz visszatérőjében; 6 – hőcserélő a szolárkör és az uszodavíz köre között; 7 – hőcserélő a kazánkör és az uszodavíz köre között; 8 – szolárköri keringető szivattyú a kollektor és az uszodai hőcserélő között;  
 9 – visszacsapó szelep; 10 – szolárköri keringető szivattyú a kollektor és a használati melegvíztároló csőkiágójában a szoláris körben; 11 – uszodavíz melegítésre szolgáló víz visszatérő hőmérséklete;  
 12 – használati melegvíz tároló; 13 – használati melegvíz hőmérséklet érzékelője; 14 – töltőszivattyú;  
 15 – keringető szivattyú; 16 – uszodavíz csatlakozás; 17 – kazán; 18 – hőleadók; 19 – légtelenítés

Különös figyelmet érdemel a hálózat és az üzemeltetés néhány kérdése.

A hőhordozó folyadék zavartalan keringetésének előfeltétele az, hogy a hidraulikus rendszerben levegő ne legyen. Ezért a feltöltéskor bekerülő levegő, és a folyadékból a felmelegedés hatására kiváló elnyelt gázok eltávolítását biztosítani kell.

Légtelenítési lehetőséget a rendszer minden magas pontján biztosítani kell. A csővezeték úgy kell tervezni, hogy ezek száma lehetőleg minél kevesebb legyen. A légtelenítés szempontjából a legcélszerűbb megoldás az volna, ha a kollektorokból kilépő csővezeték legmagasabb pontjára lehetne elhelyezni automatikus, vagy abszorpciós légtelenítőt. Ezek azonban az itt fellépő magas hőmérséklet és a hőhordozó közeg esetleges elgázosodása miatt többnyire nem működnek megbízhatóan.

A kollektorokra kézi légtelenítő szelepet (pl. kúpos sárgaréz légtelenítő, vagy golyóscsap) vagy légtelenítő edényt célszerű szerelni, a tető alatti kivezetéssel és elzárócsappal. Célszerű a légtelenítő vezeték elvezetése a rendszer feltöltésének helyére – általában a tárolóhoz a kazánházba. Ebben az esetben ugyanis a feltöltés, a légtelenítés, az üzemi nyomás beállítása egy helyről elvégezhető. Légtelenítő vezetéknek például 6 x 1 mm-es lágy vörösrézcső alkalmazható.

Az abszorpciós, vagy automatikus légtelenítőt a hőcserélő és keringető szivattyú utáni hideg ágba, könnyen elérhető helyre kell beépíteni. Nagyobb rendszerekhez a hatékonyabb

légtelenítést eredményező abszorpciós légtelenítőt célszerű alkalmazni. (Az abszorpciós légtelenítő egy fémforgácshoz hasonló anyaggal töltött zárt edény, mely a rajta átáramló folyadék rendezett áramlását megbontja, és így az oldott gázok könnyebben kiválnak.)

A kollektor hőmérsékletérzékelőt lehetőleg a kollektorházon belül kell elhelyezni, úgy hogy az abszorber-lemez és a belső csőkégyő hőmérsékletét mérje. Ha a kollektorban nincs lehetőség hőmérséklet-érzékelő beépítésére, akkor a kollektorból kilépő csővezeték hőmérsékletét kell mérni, közvetlenül a kollektor után. A hőmérsékletérzékelőt ilyen esetben gondosan hőszigetelni kell.

A keringető szivattyú kiválasztásakor figyelembe kell venni, hogy a szivattyú-katalógusok a jelleggörbéket általában víz közegre adják meg. Ha a kollektorok rendszerében keringetett közeg propilénlikol oldal (melynek viszkozitása a víztől eltérő), akkor korrekciót szükséges alkalmazni. A víznél nagyobb viszkozitás a térfogatáram kb. 20%-os, illetve a szállítomagasság kb. 10%-os csökkenését eredményezi. A szivattyú kiválasztásakor meg kell győződni arról, hogy az alkalmazott szerkezeti elemek (pl. tömítés, járókerék) ellenállnak-e a propilénlikolnak.

A tároló tartályok jellemzően álló hengeres kivitelűek, így a folyadék hőmérséklet szerinti rétegződésének jelensége jobban kihasználható: a tartály tetejéről a legmelegebb közeg vételezhető, a tartály alján a hőmérséklet a hőátadás szempontjából előnyösen alacsonyabb. A beépített hőcserélő lehet behegesztett acélcső, karimán keresztül beépített bordáscsőves csőkégyő. A kollektorkör hőcserélője a tartály alján, a kiegészítő fűtése a tartály tetején helyezkedik el.

A csőhálózat feltétlenül vörösrézből készítenendő akkor, ha a kollektorokban is rézcsövek vannak, egyébként acélcső is alkalmazható. Műanyag csövek magas hőmérsékleten nem használhatók. A csőszakaszok tágulási lehetőségét a fix megfogási helyek és a nyomvonal alkalmas megválasztásával biztosítani kell.

## Épületek kiegészítő fűtése

Magyarország éghajlati feltételei mellett fűtési célú aktív szoláris rendszer alkalmazása akkor lehet ésszerű, ha a következő feltételek mindegyike teljesül:

- az épület fajlagos transzmissziós és szellőzési hővesztesége csekély (jó hőszigetelés, kompakt épületforma, jó légzárás),
- az épület fűtési hőleadóit kis hőhordozó hőmérsékletre tervezték (beágyazott sugárzó fűtés, lapradiátorok),
- a kollektormező elhelyezése jól megoldható (alkalmas méretű és formájú tetőidom, esetleg a kollektormező tartóállványainak felállítására alkalmas lapostető, megfelelő tájolás, dőlés, benapozás),
- a beépített kapacitás nyáron is kihasználható (használati melegvíz, uszodavíz).

A méretezést illetően lényegében csak két szélsőséges változat jöhet szóba

- vagy el kell végezni a rendszer működésének szimulációját a teljes fűtési idényre (ehhez bemenő adatként többek között az úgynevezett teszt referencia évre van szükség, a gépi számítások a piacon kapható bonyolultabb programok valamelyikével – például TRYNSIS – hajtatók végre),
- vagy meg kell elégednünk durva ökölszabályokon alapuló becslésekkel.

Az adott területi korlátok mellett itt csak az utóbbiak említhetők. Ezek szerint a célszerű kollektorfelület:

$$A_k = (0,6 \div 0,8) \cdot \dot{Q}_{mér} \quad (45.15.)$$

vagy

$$A_k = (0,25 \div 0,35) \cdot A_f \quad (45.16.)$$

ahol:

$\dot{Q}_{mér}$  az épület méretezési hőszükséglete [kW],

$A_f$  az épület fűtött alapterülete [m<sup>2</sup>].

A célszerű tároló méret [m<sup>3</sup>]:

$$V = (0,1 \div 0,15) \cdot A_k \quad (45.17.)$$

Előzetes becslésként feltételezhető, hogy e méretekkel az aktív rendszer az idény összes fűtési hőigényének negyedét-harmadát fedezi.

A kollektorok optimális tájolása déli irányú, de ettől a felszerelési hely adottságaitól függően – kis mértékben – el lehet térni keleti/nyugati irányba. A déli iránytól való eltérés a hasznosított napsugárzás csökkenését eredményezheti, melynek mértéke 30°-os eltérésig nem jelentős. Keleti/nyugati tájolás esetén a csökkenés elérheti a 30%-ot. Ha a keleti és a nyugati tájolás között kell választani, a melegebb délutáni léghőmérséklet és délután kisebb valószínűséggel előforduló ködök miatt célszerűbb a nyugati tájolást választani. Az optimális dőlésszögtől való eltérés a kollektorok teljesítményének csökkenését eredményezi. A csökkenés egész éves üzem mellett, vízszintes beépítés esetén ~20%, függőleges beépítés esetén ~35%. Az optimálistól eltérő tájolás esetén a felület ezeknek az adatoknak megfelelően nagyobbra választandó.

Fontos tudnunk, hogy a napkollektorokat gyártó cégek igen részletes és pontos méretezési eljárásokat, célszerűket, segédleteket bocsátanak az alkalmazók rendelkezésére [62].

A napkollektorokat természetesen igen kedvezően lehet használati melegvíz készítésre alkalmazni. E kérdést a következő „Vízellátás csatornázás” kötet tárgyalja majd.



## Irodalom

A 36–45. fejezetek egyesített irodalomjegyzéke

- [1] Archard, P. – Gicquel, R. (Edited):  
*European Passive Solar Handbook*  
CEC, PG-XII., Brussels, 1986.
- [2] ASHRAE Handbook  
*Fundamentals–Systems–Equipment–Application*  
Published by the American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, USA
- [3] Bánhidi, L. – Hamvay, K. – Simon, I.:  
*Korszerű padlófűtések*  
Építésügyi Tájékoztatási Központ, Budapest, 1991.
- [4] Bánhidi, L.:  
*Radiant Heating Systems. Design Application*  
Pergamon Press (Oxford-New York - and other cities), 1991.
- [5] Barótfi, I.:  
*Környezettechnika kézikönyv*  
Környezettechnika Szolgáltató Kft, Budapest, 1990.
- [6] Barótfi, I. szerk:  
*Energiafelhasználói kézikönyv*  
Környezettechnika Szolgáltató Kft, Budapest, 1993.
- [7] BUDERUS  
*Handbuch für Heizungstechnik*  
Beuth Verlag GmbH, Berlin-Wien-Zürich, 1994.
- [8] Büki, G.:  
*Energetika. Egyetemi tankönyv*  
Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1997.
- [9] Cséki, I.:  
*Épületgépészeti zsebkönyv*  
Magyar Mediprint Szakkiadó, Budapest, 1997.
- [10] Cséki, I.:  
*Épületgépészeti tervezési segédlet rézcsöves szerelésekhez I. rész*  
Magyar Rézpiaci Központ, Budapest, 1997.
- [11] Czíkó, M.:  
*Központi fűtés III. A Pollack Mihály Műszaki Főiskola jegyzete*  
Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1993-ban a 22. változatlan kiadás
- [12] Dietzel, F.:  
*Műszaki hőtan*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.

- [13] Gyurcsovics, L:  
*A napenergia hasznosítása az épületgépészetben*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1982.
- [14] Homonnay, Gyné:  
*Fűtéstechika I. A BME Gépészmérnöki Kar jegyzete*  
Tankönyvkiadó, Budapest, 1976.
- [15] Homonnay, Gyné – Molnár, Z.:  
*Fűtéstechika*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.
- [16] Imre, L. – Varga, P.:  
*Napenergia aktív hőhasznosítás. Oktatási segédlet és gyakorlati útmutató*  
Magyar Napenergia Társaság, UNESCO WSSP, 1997.
- [17] Kleemann, M. – Meli, M.:  
*Regenerative Energiequellen*  
Springer-Verlag, 1993.
- [18] Korányi, Z. – Tolnai, B.:  
*Az áramlástan és hőtan úttörői (kézirat)*  
BME, Budapest, 1978.
- [19] Kraft, G.:  
*Heizungstechnik*  
Verlag Technik GmbH, Berlin, 1991.
- [20] Macskásy, Á. – Bánhidi, L.:  
*Sugárzó fűtések*  
Akadémiai Kiadó, Budapest, 1985.
- [21] Macskásy, Á. és szerzőtársai:  
*Központi fűtés I.*  
Tankönyvkiadó, Budapest, 1975.
- [22] Macskásy, Á.:  
*Központi fűtés II.*  
Tankönyvkiadó, Budapest, 1978.
- [23] Menyhárt, J. – Marcsó, S.:  
*Légtechnika I. Főiskolai jegyzet*  
Kossuth Lajos Tudományegyetem Műszaki Főiskolai Kar, Debrecen, 1997.
- [24] Menyhárt, J.:  
*Légtechnikai rendszerek*  
Tankönyvkiadó, Budapest, 1990.
- [25] Mihejev, M. A.:  
*A hőátadás gyakorlati számításának alapjai*  
Tankönyvkiadó, Budapest, 1963.

- [26] Molnár, Z.:  
*Fűtéstechnika II. A BME Gépészmérnöki Kar jegyzete*  
Tankönyvkiadó, Budapest, 1977.
- [27] Müller, H. – Saschkowa, L. – Kassatow, I.:  
*Rationelle Energieverwendung*  
Eurosolar e. V. Bonn, 1997.
- [28] Paturi Felix, R.:  
*A technika krónikája*  
Officina Nova, Budapest, 1991.
- [29] Pierce, M. A.:  
*The Introduction of Direct Pressure Water Heating in Urban and Institutional Communities.*  
University of Rochester, 1993.
- [30] Recknagel, H. – Sprenger, E. – Schramek, E. R.:  
*Fűtés- és klimatechnika 2000*  
Dialóg Campus Kiadó, Budapest-Pécs, 2000.
- [31] Rothe, R.:  
*Matematika gépészmérnökök számára*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1960.
- [32] Sani, M.:  
*A matematika története*  
Tankönyvkiadó, Budapest, 1987.
- [33] Simonyi, K.:  
*A fizika kultúrtörténete*  
Gondolat Kiadó, Budapest, 1978.
- [34] Szokolay, S. V.:  
*Solar Geometry*  
The Fairmont Press, Inc. Lilburn, GA, USA
- [35] Turner, W. C.:  
*Energy Management Handbook*  
The Fairmont Press, Inc. Lilburn, GA, USA, 1993
- [36] Viessmann, H.:  
*Viessmann Heizungshandbuch*  
Gentner Verlag, Stuttgart, 1987.
- [37] Zöld, A. – Szerzői munkaközösség, szerk.:  
*Épületfizika*  
BME Jegyzetellátó, Budapest, 1991.
- [38] *A megújuló energiatermelés lehetőségei és közgazdasági feltételei a mezőgazdaságban*  
Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság, Budapest, 1993.

- [39] *European Directory of Sustainable and Energy Efficient Building*  
James and James Science Publishers Ltd, London, 1997
- [40] Vajda, J.:  
*Gázüzemű infravörös hőszugárzó üzemi jellemzőinek vizsgálata. Mérési útmutató.*  
Pollack Mihály Műszaki Főiskola
- [41] *Harmony with Nature. Active Systeme Proceedings.*  
ISES Solar World Congress, Hungarian Energy Society, 1993.
- [42] *Heating and Air-Conditioning of Buildings Proceedings*  
SITHOK-2 International Congress, Maribor, 1997.
- [43] *Qualitherm 2000 padlófűtési rendszer. Tervezési segédlet*  
Laing Szivattyú Kft.
- [44] Rehau:  
*Padlófűtési rendszer. Műszaki tájékoztató*  
Rehau AG+Co, 1989.
- [45] *The World Directory of Renewable Energy*  
James and James Science Publishers Ltd, London, 1995.
- [46] *Unterrichtsmaterialien zum Thema Energie, Sekunderstufe I. Heft 1 – Heft 6.*  
IZE Frankfurt/Main, 1996.
- [47] *What is OM Solar?*  
OM Solar, Hamamabu, 1995
- [48] Wirsbo Underfloor Heating System Basics  
WIRSBO
- [49] Homonnay, G.:  
*The Development of Heating and District Heating From the Early Ages to their Present Importance*  
ICOHTEC '96 – 23rd Symposium of the International Committee for the History of Technology Abstract of Papers, pp. 163–165
- [50] Homonnay, G. – Halász, E. – Csiha, A.:  
*The Present and Possible Perspective of Hungarian DH*  
Proceedings of SITHOK-2 International Congress. Maribor, 1997. pp. 101–117
- [51] Homonnay, G.:  
*The Modelling of the History of District Heating*  
Proceedings of the International Symposium on District Heating and Cooling Simulation, Reykjavik, 1997. pp. VI/b 3–9.
- [52] AMBI-RAD:  
*Gázüzemű hőszugárzók*
- [53] BENNON:  
*Radiant Tube Heaters*
- [54] CUPROTHERM:  
*Fußbodenheizung*

- [55] EFRA:  
*Underfloor heating*
- [56] FÉG THERM:  
*Padlófűtő rendszerelem*
- [57] GOGAS:  
*Infravörös fűtési rendszer*
- [58] PAKOLE:  
*Sötétsugárzók*
- [59] REHAU:  
*Padlófűtések*
- [60] REZNOR:  
*Gas-Warmluftferzeuger*
- [61] Schwank:  
*Nagyteljesítményű, villamos gyújtású kombinált hőszugárzó*
- [62] Stiebel-Eltron:  
*Solar-Systeme Warmes Wasser mit Sonnenenergie*  
Stiebel-Eltron, 1996.
- [63] WIRSBO:  
*Padlófűtések*
- [64] Homonnay G.:  
*Fűtéstechika II. Főiskolai jegyzet*  
KLTE-MFK, 1996.
- [65] Bánhidi, L. – Homonnay, Gyné – Zöld, A.:  
*Fűtéstechika III. Főiskolai jegyzet*  
KLTE-MFK, 1998.
- [66] Nagy Zs.:  
*A HŐLUX belsőépítészeti hőleadók ismertetője*  
THERMO-TIPP Fűtéstechikai Bt., 1996.
- [67] Mc Quay:  
*Horizontal Water Source Heat Pumps and Cooling Only Units – Standard and Extended Range*  
McQuay Water Source Heat Pumps Design Manual
- [68] Lakatos, J.:  
*Paralel-hajszálcsöves technika – „High-Tech” a fűtés- és hűtéstechikában*  
Magyar Épületgépészet, 1999/5. szám

## 46. Távhőszolgáltatás

Ahogy kötetünk eddigi fejezeteiben a gondolatmenetek, levezetések, és rendszerek bemutatásának során rendre láttuk, a fűtések történetét, fejlesztését végigkíséri az a gondolat, hogy a fűtés fogyasztójának kényelmének, hőkomfortjának egyre fokozottabb biztosítása mellett el kell kerülnünk a különféle veszélyeket, a környezet károsítását, törekedni kell a minél gazdaságosabb és energiatakarékosabb megoldásokra.

Mindezen elvárások mintegy fókuszba gyűjtve, hangsúlyozottan jelentkeznek a távhőszolgáltatás története, fejlődése és alakulása során. A távhőszolgáltatás révén ugyanis:

- a hő előkészítve, szabályozva, közműszerű ellátásként jut a fogyasztóhoz;
- az energiagazdálkodás és energiatakarékosság új távlatai nyílnak meg a kapcsolt hő- és villamosenergia termelés egyre korszerűbb, sokféle változatban és nagyságrendben rendelkezésre álló rohamos fejlődése miatt;
- a kéményépítés elmaradásával elkerülhető a tűzveszély, megoldható a füst- és korommentesítés, a CO, CO<sub>2</sub>, S tartalmú és NO<sub>x</sub> gázok kibocsátásának kézbe tartása;
- a közúti és városi forgalmat nem terheli a tüzelőanyag szállítása;
- nincs szükség tüzelőanyag tárolásra és belső mozgásra.

Mindezen tényezők a világ valamennyi fejlett és meteorológiai szempontból fűtésre szoruló országában a távhőszolgáltatás hatalmas ívű fejlődését hozták magukkal. Mindehhez azt is hozzá kell tennünk, hogy ma már a vezetékes távhűtési rendszerek is egyre inkább elterjedőben vannak, valamint, hogy a környezetvédelmi világegyezmények [1], [4] [6], és az Egyesült Nemzetek klíma tárgyalásai a szakmai-tudományos fórumokon túl a közvélemény számára is világossá teszik a kérdés fontosságát.

E rövid bevezetés után át is térhetnénk a távhőszolgáltatás egyes fejezeteinek leírására, azonban e fejezeteket két probléma csoport miatt igen sajátosan és körültekintően kell és lehet csak ismertetnünk.

**Az első problémacsoport** az a terhes hazai örökség, amit az 1955 és 1985 között megépített távhőszolgáltatási műszaki létesítmények sora jelent. A gondokat ma már kötetekre rúgó tudományos és közérthető cikk, előadás, tanulmány, számos szakmai és politikai-társadalmi-szociológiai elemzés taglalja. Könyvünkben elég annyit rögzítenünk, hogy a tömeges jellegű, blokkos, majd házgyári paneles építkezés, a lakótelepek létrehozása műszakilag igen megfe-

lelt a forróvíz közeggel működő távfűtési rendszerek létesítésének. Ugyanakkor a korszak erőltetett iparosítása kedvezett a gőz hőhordozóval működő ipari hőellátás fejlesztésének. A mai gond az, hogy a forróvíz távhő rendszerek létesítése során:

- igen gyakran csak kazánházakat, fűtőműveket építettek, elmaradt a kapcsolt villamosenergia termelés létesítése, és így a megoldás alapvető gazdaságossága is;
- részben a sokszoros túlméretezés, részben pedig a jövőbeni fejlesztés hamis illúziója miatt a vezetékrendszerek felesleges kapacitással létesültek, így kihasználatlanok maradtak, ami a fajlagos hővesztesség aránytalan növekedéshez vezetett;
- a rendszerek általában nagy térfogattal, nagy felülettel, gyenge minőséggel készültek és a tényezők egyenként és együttesen a veszteségek növekedését eredményezték;
- a belső fűtési rendszerek igen egyszerű, a házgári technológiához illeszkedő kivitele sok esetben lehetetlenné tette a fűtési energia fogyasztás egyedi mérését és szabályozását;
- mindezek miatt az átalánydíjas elszámolás semmilyen értelemben nem ösztönözte a fogyasztókat a takarékosagra, amiből szinte hihetetlen energia tékozlás keletkezett.

Nem tartozik kötetünk tárgyához, de meg kell említenünk, hogy Magyarország még ma, a kötet közreadásának időpontjában, a 2001. év végén is küzd azzal a gonddal, hogy az energiaárak nem érik el a valóságos értéket, a gazdaság hordozza a mesterségesen kicsi energiaárak számtalan problémáját és következményét. A lakosság is igen nehezen fizeti meg az egyre növekvő, de a valóságostól még mindig messze elmaradó távhődíjakat.

Ez a helyzet vezetett ahhoz az anomáliához, hogy a fogyasztók önkényesen leválasztották, illetve leválasztják fűtési rendszereiket a távhőszolgáltatásról. Ezen eljárások megengedhetetlen voltára, tarthatatlanságára még visszatérünk. A távfűtésről szóló rövid fejezetünk bevezetésében tehát rögzítenünk kell, hogy a hazai távhőszolgáltatás helyzetének ismertetését csak mindezen nehézségek tudatában, a javítási lehetőségek és módjának ismeretében szabad csak megkezdennünk.

**A másik problémacsoportot** az okozza, hogy a távhőszolgáltatás nem szorosan vett épületgépészeti feladat. A nagyobb teljesítményű fűtőművek és az erőművek gondolköre feltétlenül erőgépészeti-energetikai képzettséget igényel, a távhővezetékek tervezése mélyépítési feladat, az irányítástechnikai kérdések megoldásához villamosmérnöki tanulmányokra van szükség. A klasszikus értelemben vett fűtéstechikusnak a távhőszolgáltatás koncepcionális kérdéseit kell ismernie, és kezelnie kell valamennyi, a távvezetékre való csatlakozással kapcsolatos gondot, problémát, valamint bizonyos rendszerszemlélettel kell rendelkeznie. Mindezek miatt a kötetben csak egy igen rövid és lényegre törő összefoglalást nyújtunk, hogy olvasóink és a felsőoktatásban résztvevő hallgatóság képet kapjon a rendkívül fontos és sok vitát kiváltó fűtéstechikai kérdés valamennyi vonatáról. Ahogy a további tárgyalás során majd látjuk, a távhőszolgáltatás elemzése annyi társadalomtudományt, annyi szociális gondot, jogi megfontolást igényel, hogy teljeskörű tárgyalása, a múltbéli rendszerek átalakítása, a jelen és jövő megoldásainak kialakítása messze meghaladja a „Fűtéstechika” kötet kereteit.

A tájékoztatás céljából a szokásosnál bővebb irodalomjegyzék készült, és összefoglaltuk a ma még fellelhető szabványokat is, melyek közül mindössze egy van a kötet írásakor is hatályban.

Az „Épületgépészet 2000” sorozat jelenleg tervezett köteteinek megjelenése után szándékozunk majd egy részletesebb távhőszolgáltatási kötetet is készíteni a tervezés, kivitelezés és szolgáltatás feladatkörének bemutatásával annak érdekében, hogy érdeklődő olvasóink szakmai könyvespolcát teljessé tehesük. A következő kis összeállítás semmiképpen sem teszi elengedhetővé a teljes távhőszolgáltatási kötet megjelenését.

## 46.1. A távhőszolgáltató rendszerek csoportosítása

A távhőszolgáltató-rendszerek lehetnek

*rendeltetés szerint:*

- kommunális jellegű távfűtések;
- ipari célú távfűtések.

*hőhordozó szerint:*

- forróvíz-, esetleg melegvíz-távfűtések;
- nagynyomású gőz-távfűtések.

A hőhordozó közegek kötetünk előző fejezeteiben tárgyalt jellegzetességein kívül megállapíthatjuk, hogy a kommunális célú távhőszolgáltatást a legutóbbi időszakban úgyszólván kizárólag forróvízzel oldják meg.

*A forróvíz-hőhordozó előnyei:*

- Villamosenergia termeléssel egybekötött forróvíz termelés (kogeneráció)\* esetén – nagyobb a fajlagos ellenáramú villamosenergia-termelés, mint gőz termelése esetén. Forróvíz-termelés esetén ugyanis az expanzió végnyomását kizárólag a víz hőmérséklete szabja meg, gőztermelésnél viszont számítani kell az utolsó fogyasztóig jelentkező nyomásesésre is.
- A forróvíz hőszállítási körzete és a forróvízhálózatok bővíthetősége lényegesen nagyobb, mint a gőzhálózatoké. A forróvízhálózatokba ugyanis mindig új szivattyúk helyezhetők el, ill. a központi szivattyúk nyomáshatára növelhető, míg gőzhálózatoknál a nyomásesés határt szab a vezetékek meghosszabbításának.
- Forróvíz-rendszereknél megoldható a központi minőségi szabályozás, amit ma már szinte kivétel nélkül kiegészít a térfogatáram szabályozása is. Ez a hőmérséklet-szabályozási lehetőség az erőműben is igen kedvező, mert melegebb külső átlagos hőmérséklet esetén, a turbinákban a gőzt kisebb nyomásig expandáltathatjuk.

\* Gyakran használatos idegen kifejezéssel: „kogeneráció”, azaz „együttes előállítás”



- A forróvíz-hálózat összes éves hővesztesége kisebb, mint a gőzhálózatoké, hiszen a gőz hőmérséklete a külső hőmérséklettől függetlenül állandó.
- A forróvíz-vezetékkel lényegesen egyszerűbben lehet alkalmazkodni a terepviszonyokhoz, mint gőzvezetékkel, nincs szükség a gőzvezetéknek alkalmazandó víztelenítőkre, kondenzedényekre, nyomáscsökkentésre, amelyek meglehetősen nagy beruházási költséget jelentenek és igen sok karbantartást igényelnek.
- A forróvíz-hálózat üzemben tartása kevesebb kezelőszemélyzetet igényel, mint a gőzhálózatoké.
- Az időjárásfüggő hőfogyasztók számára előnyös a minőségi hőmérséklet-szabályozás, a fogyasztók adott esetben közvetlenül, és viszonylag egyszerűen kapcsolhatók össze a távhálózattal.

A nagynyomású gőz alkalmazása a felsorolt tényezők ellenére elkerülhetetlen, mert megfelelő nyomású gőzből *bármilyen szekunder hőhordozó* (fűtési melegvíz, használati melegvíz, különféle nyomású ipari és fűtési gőz) előállítható. Ezért nem képes a forró víz a nagynyomású gőz alkalmazását kiszorítani. Ezenkívül, a gőzzel megtöltött hálózat *tömege és hőtehetetlensége kisebb*, mint a forróvíz-hálózaté. A felfűtés gyorsabb, és a *vezetékjavítási munkák is egyszerűbbek*.

## 46.2. A távhőszolgáltató-rendszerek elemei

A távhőszolgáltató-rendszerek elemei:

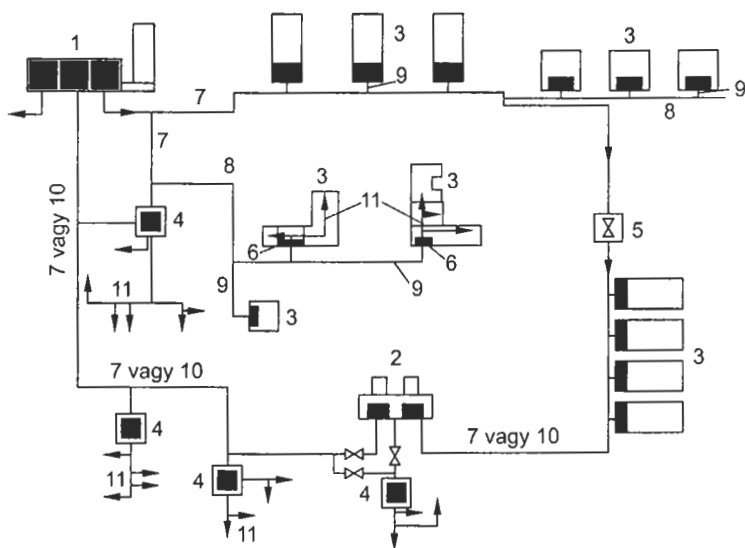
- hőtermelő,
- hőszállító,
- hőfogyasztó alrendszerek.

A hőszállítás során gyakran hőátalakító, vagy a nyomás emelésére szolgáló alközpontokat alkalmazunk. Ezeket az elemeket foglaltuk össze a **46.1. ábrán**, és vizsgáljuk rendre a továbbiakban.

## 46.3. Hőtermelés

A hőtermelés lehetséges

- villamosenergia-szolgáltatással egybekötve (fűtőerőművekben, vagy hőszolgáltató erőművekben);
- kizárólagos hőtermelés formájában (fűtőművek, tömbkazántelemek).



46.1. ábra. Távhőellátó-rendszer elemei [35]

1 – fűtőerőmű; – 2 fűtőmű; 3 – fűtött épületek; 4 – ipari fogadóállomás; 5 – szakaszolás aknában;  
6 – szolgáltatói hőközpont; 7 – távvezeték (gerincvezeték); – 8 elosztóvezeték; – 9 csatlakozó (bekötő)  
vezeték; 10 – kooperációs vezeték; – 11 vezetékrendszer ipartelepen belül

#### 46.3.1. A kapcsolt hő- és villamosenergia termelés

Az „Alapismeretek” kötet „A termodinamika alapjai” és „Energia gazdálkodás” c. fejezeteiben megtaláljuk a kapcsolt villamos energia termelés energetikai előnyeinek teljes elméleti megalapozását. Magunk egy népszerű, könnyen érthető ábrán (46.2. ábra) csak ismételjük a kapcsolt energiatermelés vitathatatlan előnyeinek bemutatását.

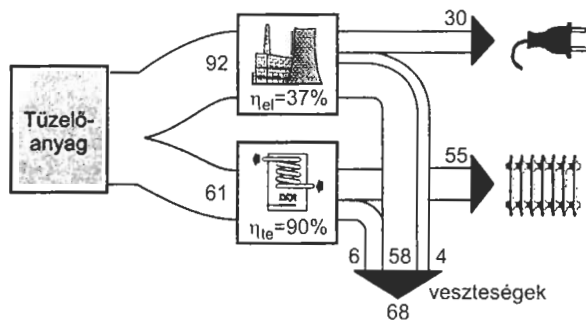
A mai korszerű szemlélet szerint ezt a kapcsolt energiatermelést a következő módszerekkel lehet megoldani:

- gőzturbinával (46.3. ábra) [3],
- gázturbinával (46.4. ábra) [3],
- dugattyús gázmotorral (46.5. ábra) [3],
- kombinált ciklussal (46.6. ábra) [3].

Ahogy fejezetünk bevezetésében hangsúlyoztuk, ezen eljárások értékelésével és részleteivel itt nem foglalkozunk. Mindössze annyit szeretnénk hangsúlyozni, hogy manapság a gázmotorok egyre népszerűbbek és gyorsan terjednek. Ennek oka az, hogy hatásfokuk kis teljesítményen is jó. Teljesítményük néhány száz kW és néhány MW között változik, így kisebb üzemek, nagyobb kórházak és szállodák, kollégiumok, laktanyák hőellátására alkalmas.

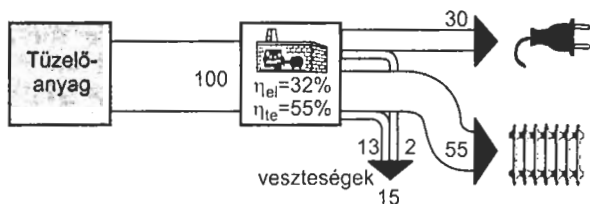
Hagyományos rendszer

(villamos energia a közcélú erőműből/hőenergia a telephelyen)



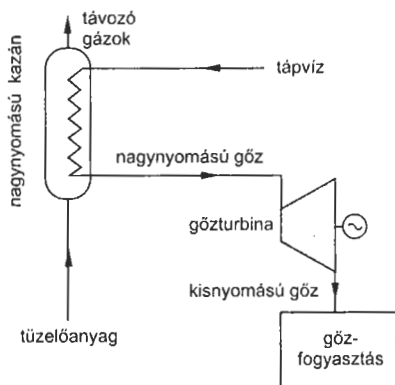
Kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés

(villamos energia és hőenergia a telephelyen)

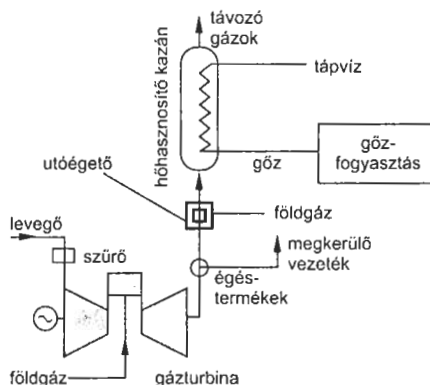


$$\left(1 - \frac{100}{153}\right) 100 = 35\% \text{ primer energiamegtakarítás}$$

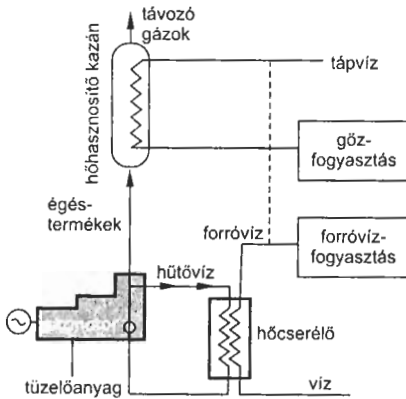
46.2. ábra. Az energiamegtakarítás folyamatábrája [3]



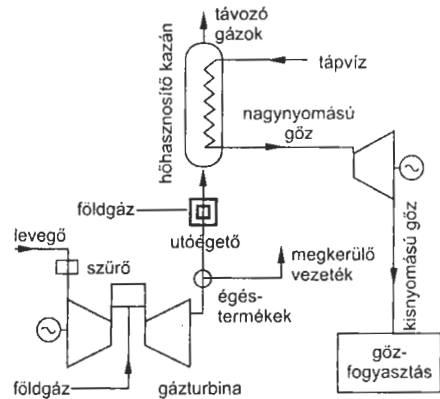
46.3. ábra. Kogeneráció ellennyomásos gőzturbinával [3]



46.4. ábra. Egyszeres ciklusú gázturbinás kogeneráció [3]



46.5. ábra. Dugattyús gázmotoros kogeneráció [3]



46.6. ábra. Kombinált ciklusú gázturbinás kogeneráció [3]

A következő, **46.7. ábrán** az egyidejű távfűtési és távhűtési megoldást mutatjuk be. Ebben az esetben a gázmotor hőszivattyút hajt, a megoldás tehát igen példamutató az energetika szemszögéből nézve és ezzel megoldott a korszerű irodaházak téli-nyári hőellátása is (trigeneráció)\* (Lásd még kötetünk „Hőszivattyúk alkalmazása a fűtéstechikában” c. fejezetét is!).

Valamennyi ábrát megrajzolhatjuk abban a formában is, hogy a gőzelvétellel hőcserélőben forróvizet állítunk elő, ezzel tehát a forróvíz és gőztermelés erőművi termelését foglaltuk össze.

A kapcsolt villamosenergia termelés energetikai hatékonyságát az „Alapismeretek” kötet „Energiagazdálkodás” c. fejezetének (11.19.) és (11.20.) összefüggése szerint kétféle mutató együttesével jellemezhetjük, nevezetesen:

$$\mu = \frac{Q \cdot E}{Q_{ti}}$$

úgynevezett „mennyiségi” hatásfokkal, ahol

$Q$  a termelt hőenergia,

$E$  a termelt villamos energia,

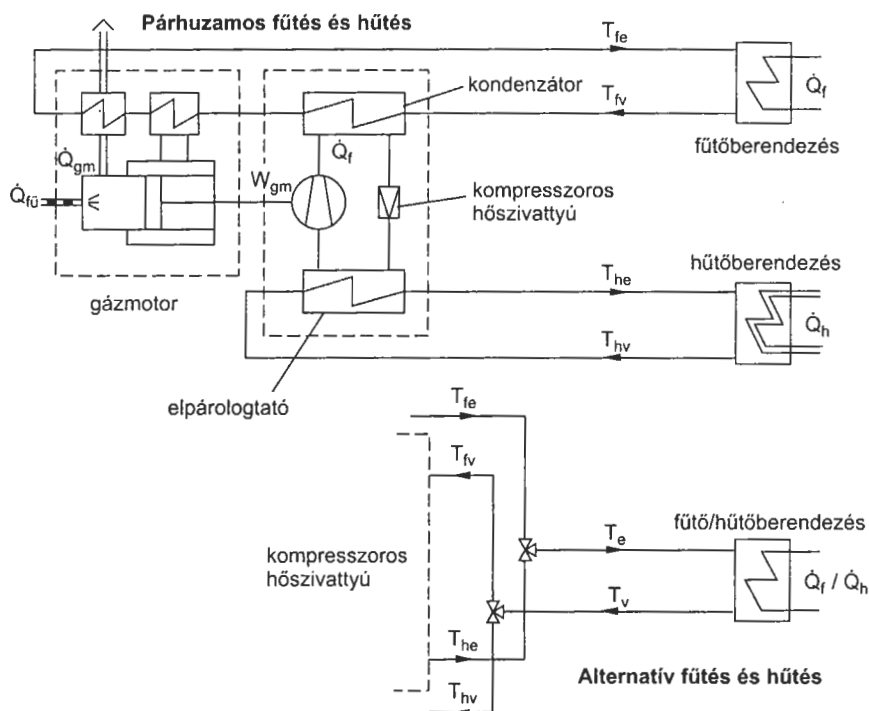
$Q_{ti}$  a bevitt tüzelőanyag által képviselt energia,

valamint a

$$\sigma = E/Q$$

a kapcsolt villamos energia termelési mutatóval [44].

\* Az „trigeneráció” szó „hármass fejlesztést” jelent, azaz a villamosenergia, a fűtési- és hűtési energia együttes fejlesztését. Tömör magyar kifejezést a fogalomra nem is ismerünk.



46.7. ábra. Távfűtés és távhűtés gázmotor hajtású kompresszoros hőszivattyúból [8]

$\dot{Q}_{\text{rű}}$  – tüzelőanyaggal bevitt teljesítmény;  $\dot{Q}_{\text{gm}}$  – a gázmotor égéstermékével hasznosított teljesítmény;  
 $W_{\text{gm}}$  – a kompresszor teljesítménye;  $\dot{Q}_f$  – fűtési teljesítmény;  $\dot{Q}_h$  – hűtési teljesítmény;  $T_{fe}, T_{fv}$  – fűtési előremenő és visszatérő hőmérséklet;  $T_{he}, T_{hv}$  – hűtési előremenő és visszatérő hőmérséklet

### 46.3.2. Hőtermelés fűtőműben

A fűtőművi kazánokat és a kazánházak általános felépítését kötetünk „Ipari jellegű és tömbfűtőművekben alkalmazott kazánok” valamint „Kazánházak, kazántelegek” c. fejezeteiben láttuk. Ezért itt mindössze annyit jegyzünk meg, hogy a fűtőmű tervezésénél a következő helyigényekkel kell számolnunk:

- kazántér a megfelelő számú kazán számára;
- szivattyútér, vízelőkészítés, nyomástartás és a tágulás felvétele, a hőáram és a vízáram elosztása;
- villamos kapcsolótér a szabályozó- és mérőberendezésekkel;
- javító- és karbantartó műhely;
- tartózkodó és szociális helyiségek;
- tüzelőanyag tárolás és mozgatás;
- külön megfontolás sorozatot igényel a kémény és a füstcsatlakozások elhelyezése, amiről a korábbiakban a vonatkozó fejezetekben már szintén szóltunk.

Itt említjük meg, hogy a forróvíz rendszerek keringető szivattyúi ma már kivétel nélkül fordulatszám szabályozással készülnek, a szabályozás megoldható tirisztorral, vagy frekvenciaváltással [8], [14], [16].

### 46.3.3. A hőtermelés néhány különleges megoldása és eleme

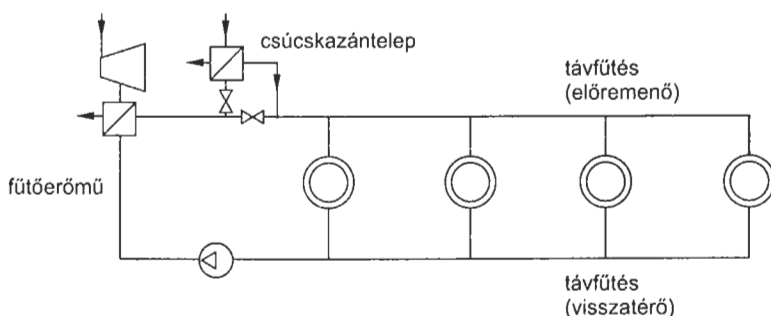
Ahogy ezt már hangsúlyoztuk, e fejezetet a sajátos fűtéstechikai feladatkörhöz tartozó kérdések szemelvény- gyűjteményeként állítjuk össze. Ezért itt néhány, kiragadott, de igen fontos problémát említünk még meg a hőtermelés témaköréből.

#### Fűtőerőmű és fűtőmű együttműködése

E megoldásra számtalan példát látunk, különös tekintettel arra, hogy az időjárásí szélsőségekhez tartozó hőenergia csúcsigényeket nem lehet villamosenergia-termeléssel egybekötve kielégíteni, hiszen ezeket a beépített teljesítményeket csak az év igen kis hányadában lehet kihasználni. Ezt a gondolatkört jól illusztrálja kötetünk „Hőszivattyúk alkalmazása a fűtéstechikában” c. fejezete, ahol a monovalens és bivalens üzemet mutattuk be.

A fűtőerőművek és csúcstelepek együttműködésének két fő változata lehetséges.

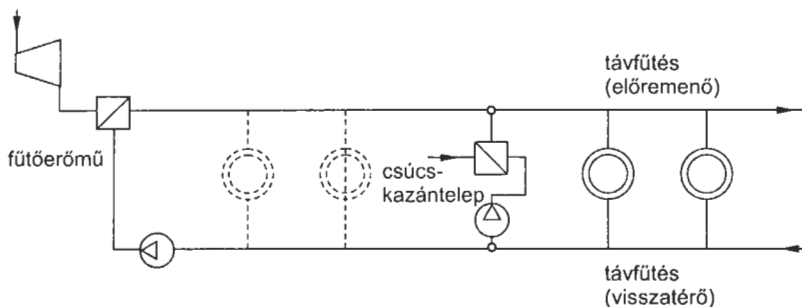
A *csúcskazánokat* is a *fűtőerőműbe* telepítjük, s azok csúcsban tovább melegítik a fűtőturbínák gőzével már előmelegített vizet (46.8. ábra).



46.8. ábra. Csúcskazán fűtőerőműben [8]

E soros kapcsolású változat előnyei:

- a minőségi hőmérséklet-szabályozás lehetősége;
- a rendszer egyszerűsége, hidraulikai stabilitása;
- a csúcskazánok és az erőmű közös telephelyének jó kihasználási lehetősége.



46.9. ábra. Csúcskazán a fűtőerőműtől külön telepítve [8]

A csúcskazánok a *fűtőerőműtől külön* települnek (46.9. ábra).

E párhuzamos kapcsolású változat előnyei:

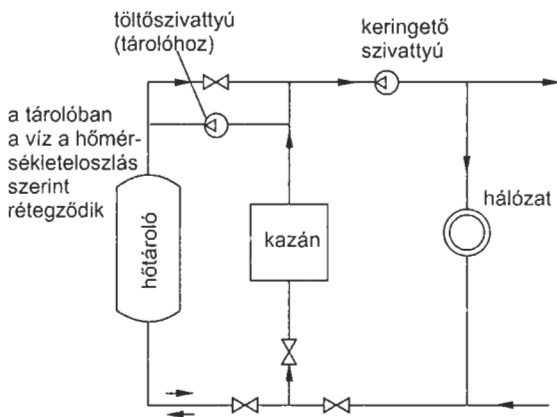
- a folyamatos kiépítés és telepítés lehetősége,
- meglevő csúcskazántelemek bevonása az erőműrendszerbe.

### Szemétegető művek

A kommunális igények teljes körű kielégítése történhet úgy, hogy a lakossági hulladékot szemétegető műben semmisítik meg. A szemétegető villamos energiát és hőt is termel. Természetesen ebben az esetben általában mindig szükség van úgynevezett támasztóláncra, vagy csúcsgigényeket fedező kazántelepre. Ez az elgondolás érthető módon a legkorszerűbb energetikai megoldást nyújtja.

### Hőtárolók alkalmazása

A tárolók alkalmazása ebben az esetben még kézenfekvőbb, mint a központi fűtések esetében, hiszen maga a távhálózat is nagy hőkapacitást képvisel. A fejlett távhőszolgáltatással rendelkező országokban, például Dániában nem is létesítenek már forróvíz termelő központot tároló nélkül. A kapcsolási megoldást a 46.10. ábra mutatja.



46.10. ábra. Tároló elhelyezése forróvíz távhőszolgáltató rendszerben [39]

## Nyomás tartása a forróvíz rendszeren

Mivel a forróvíz hőmérséklete értelemszerűen nagyobb, mint  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , e rendszereknél a tágulási tartály szerepe hatványozottan érvényesül a központi fűtésekben megismert megoldásokhoz képest. (ld. „Szivattyús melegvízfűtések” c. fejezet) A távhőszolgáltató rendszerekben a tágulás és nyomástartás megoldása komplex biztonságtechnikai feladat.

A vonatkozó műszaki szabályozás [47] a nyomástartás feladatát a következőképpen definiálja: „A nyomástartás feladata, hogy zárt hidraulikai (forróvíz) körökben a véletlenszerű nyomásviszonyok helyett a nyomásmező irányítottan, előre tervezhető módon alakuljon ki. Ez az állapot üzem közben, üzemszünetben és tranziens üzemviszonyok között is maradjon fenn, kellő üzembiztonsággal, megfelelő tűrési határok között. Üzem közben a nyomástartással meghatározott állandó nyomású pontra épül fel a szivattyú és a hálózat jelleggörbétől függő nyomáskép. Távhalózatok nyomástartásának általános követelményei:

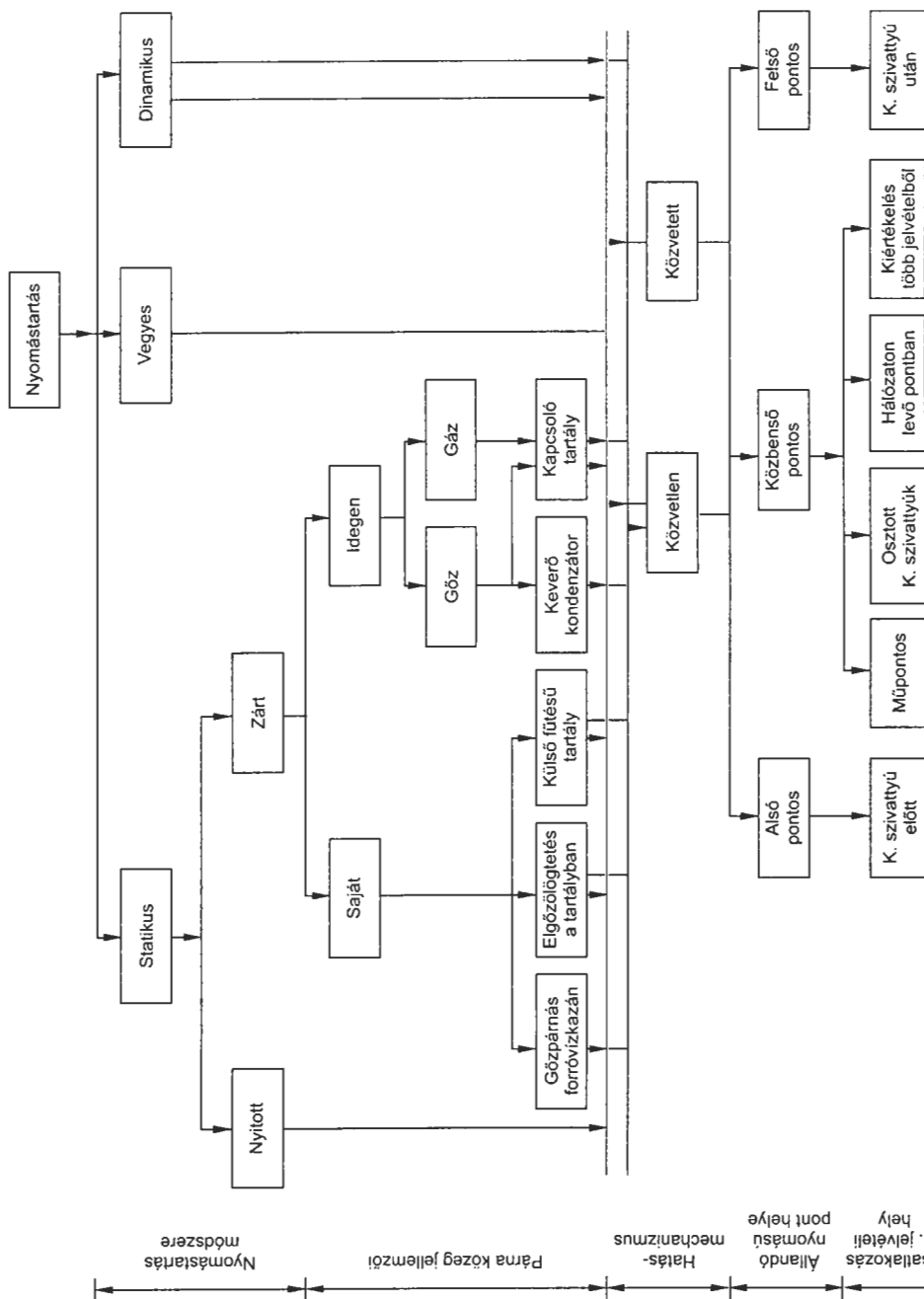
- Minden időpontban és a hálózat minden pontjában akadályozza meg a gőzképződést. Ez azt jelenti, hogy minden időpontban, illetve üzemállapotban és a hálózat minden pontjában a nyomás nagyobb legyen, mint az adott pontban a hőhordozó legnagyobb hőmérsékletéhez tartozó telítési nyomás.
- Üzemállapottól függetlenül a hálózat egyetlen pontjában sem szabad túllépni a mértékadó nyomást.
- Az üzemben, illetve üzemszünetben bekövetkező térfogatváltozásokat (kontrakció, expanszió, vízvesztés, víznyereség) a nyomástartó rendszernek kompenzálnia kell” [47], [48].

Fentiek miatt a távhőszolgáltatási szakkönyvek egész külön fejezetet szentelnek e kérdés ismertetésének. Magunk itt csak a lehetséges megoldások összefoglalását mutatjuk be (**46.11. ábra**).

Elvileg a kérdés megoldható:

- zárt, gázpárnás tartállyal,
- a nyitott tartály többféle változatával,  
zárt, gázpárnás tartállyal, a kazánban létesített és fenntartott gőzpárnával,
- szivattyúval [36].





46.11. ábra. Nyomástartás módjai [47] (K. szivattyú = Keverő szivattyú)

#### 46.3.4. A hőtermelés létesítését megalapozó számítások

Ahogy ezt az eddigiekből láthatjuk, a távhőszolgáltatás hőtermelési kapacitását igen sokféleképpen lehet megoldani és e megoldások mindegyike súlyos beruházási költségvonattal jár. Mai szemléletünk szerint tehát a hőtermelést csak igen megalapozott gazdaságossági számítások alapján lehet megtervezni, ahol a beruházási, üzemeltetési, területrendezési és fejlesztési, környezetvédelmi, valamint energiagazdálkodási kérdéseket egyaránt figyelembe kell venni. Kötetünkben sem elvileg, sem gyakorlatilag nincs mód és hely arra, hogy e számítási módszereket részletezzük, de felhívjuk a figyelmet az eljárás nélkülözhetetlen voltára [12], [16], [17], [20], [27], [28].

#### 46.4. Hőszállítás

A hőtermelőt és hőfogyasztót a hőszállító csővezetékrendszer köti össze.

A vezetékhálózat elrendezése szerint lehet:

- sugaras vezeték (**46.12/a ábra**). Ez a leginkább elterjedt megoldás, a hőközpontot és a fogyasztókat – különféle vezetékelhelyezési szempontokat kielégítve – a lehető legrövidebb vezetékekkel kötjük össze.
- körvezeték (**46.12/b ábra**). Ez kétségtelenül drágább és több vezetékköltséget igénylő elrendezés, előnye azonban a hőellátás biztonsága és az aránylag rövid házi csatlakozó vezeték. Nagyfokú biztonságot és igen rövid házi csatlakozó vezeték építés lehetőségét biztosítja a **46.12/c** és **46.12/d ábrán** bemutatott megoldás. Ezt nagy kiterjedésű, nagy hősűrűségű berendezésekhez alkalmazzák, esetleg kétoldali hőellátással.

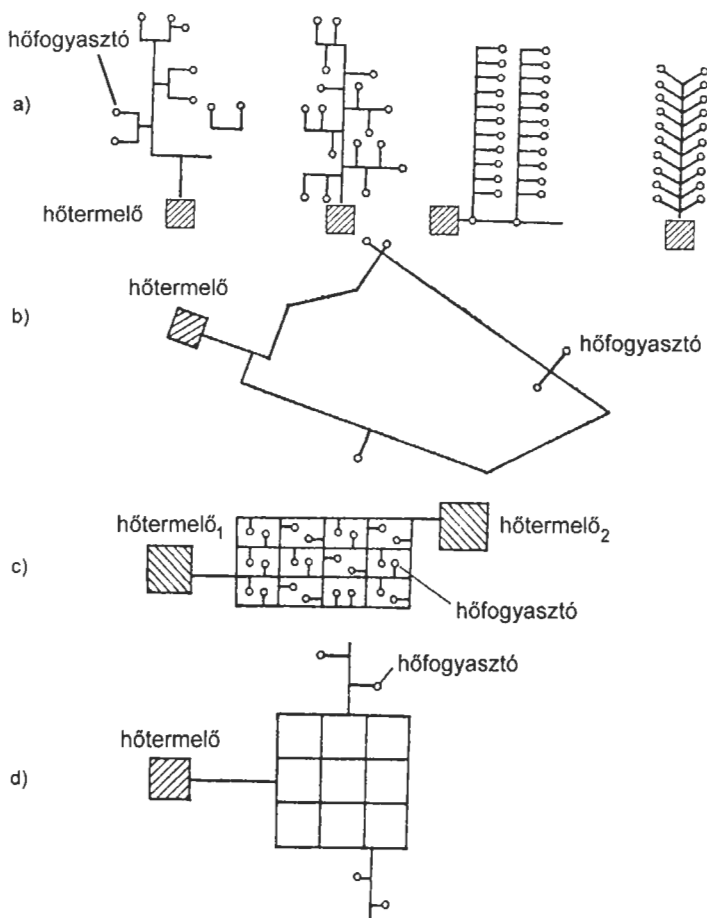
Természetesen létezik e rendszerek kombinációja is, körvezetékrendszerből kinyúló hosszabb sugaras csápokkal.

Az egyes vezetékszakaszok funkciója szerint megkülönböztetünk:

- kooperációs vezetéket, amely két hőforrást köt össze,
- gerincvezetéket vagy távvezetéket, amely hőfogyasztó csoportokat lát el,
- elosztó-csatlakozó-bekötő és
- épületen belüli elosztóvezetéket (ld. 46.1. ábra).

A hőhordozó szerint pedig

- forróvíz-
- gőz- vagy
- egyéb (esetleg olaj-) vezetékekről beszélünk.



46.12 ábra. Csővezeték rendszerek [35]

a) Sugaras vezetékrendszerek; b) Körvezeték; c) Körvezeték kétoldali táplálással;  
d) Körvezeték sugaras csápokkal

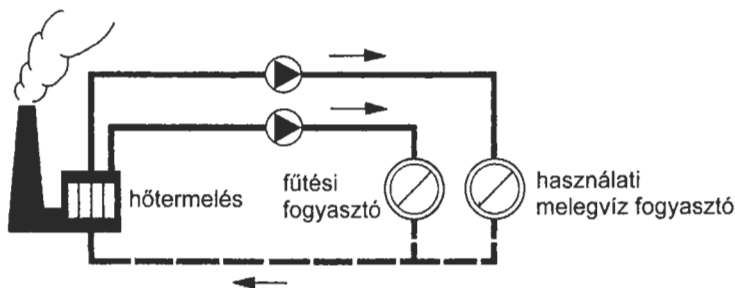
#### 46.4.1. Forróvíz-távvezeték

##### Forróvíz-hálózatok osztályozása

A forróvíz-vezetékrendszereket a párhuzamosan haladó vezetékszálak száma szerint osztályozzuk, és négy-, három-, kétvezetékes (esetleg egyvezetékes) rendszereket ismerünk.

E rendszerek kialakításához az vezetett, hogy a forróvíz-távfűtések általában kétféle hőigény kielégítésére készülnek, *változó előremenő hőmérsékletű* fűtővizet szolgáltatnak a külső hőmérséklet függvényében változó fűtési igények kielégítésére, és *állandó hőmérsékletű vizet* a használati melegvíz-fogyasztás, ill. a technológiai vízigények fedezésére. E kétféle

igény különbözőségét az is fokozza, hogy a fűtési hőszükséglet napi 24 órán belüli lefutása, nagymértékben eltér a csúcsszerűen jelentkező használati vagy technológiai vízfogyasztás lefutásától. A *fűtési igény* ugyanis 24 órán belül általában *állandó*, míg a *használati melegvíz-igény* reggel és este *csúcsszerűen* jelentkezik (ld. kötetünk „Szivattyús melegvízfűtések” c. fejezete).



46.13. ábra. Háromvezetékes rendszer [7]

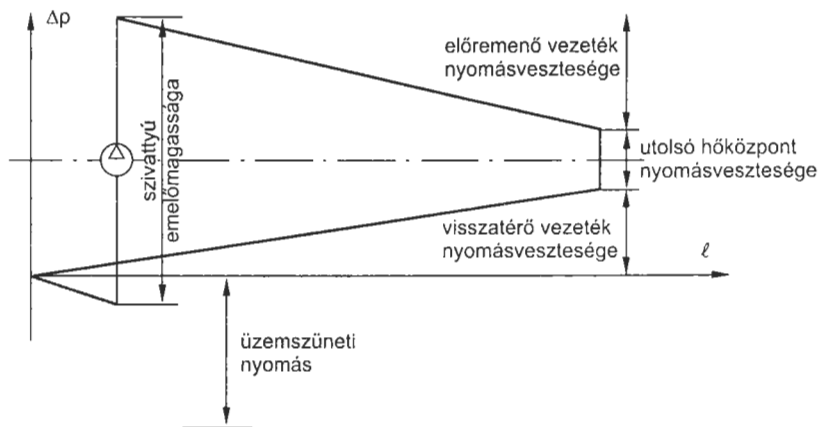
### Forróvíz-hálózatok nyomásviszonyai

A forróvíz-rendszeren kétféle nyomást különböztetünk meg: üzemszüneti és üzemi nyomást.

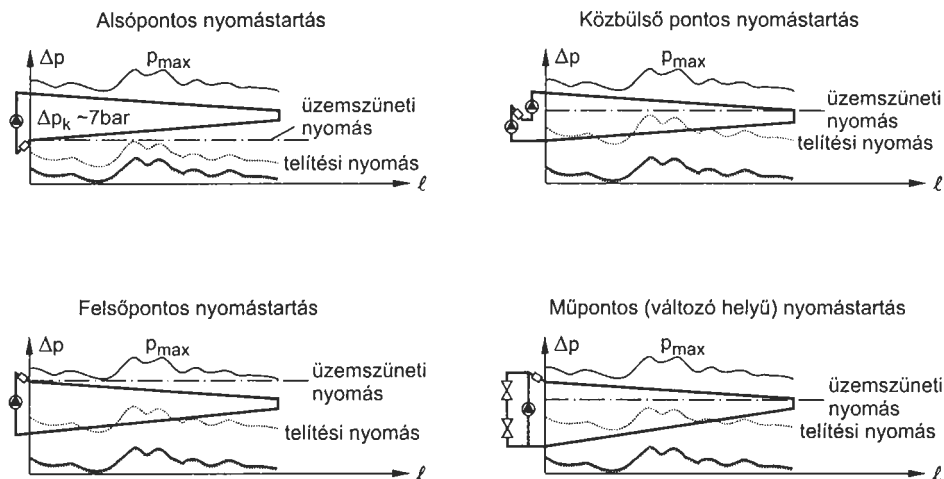
Az üzemszüneti nyomás az előremenő forróvíz-hőmérséklet függvénye, és az elgőzölgés megakadályozására szolgál. Ahogy láttuk az üzemszüneti nyomást magasra helyezett *nyitott* tartállyal, *zárt* nyomótartállyal, *gázpárnával*, ill. *szivattyúval* lehet biztosítani.

Az üzemi nyomást a *keringetőszivattyú* biztosítja.

A távfűtőrendszerek nyomásviszonyait a melegvízfűtésekhez hasonlóan, nyomásdiagramokban vizsgáljuk. Ilyen nyomásdiagram-példasort mutat be a 46.14 és 46.15. ábra.



46.14. ábra. Forróvíz rendszer nyomásábrája  
Fogalmak [33]

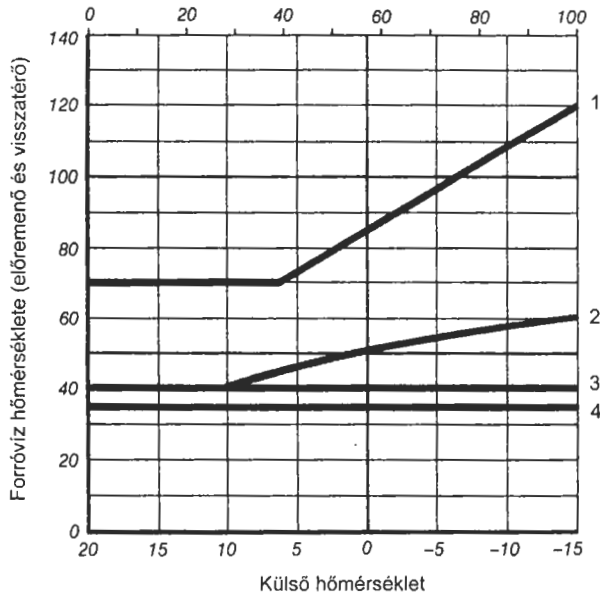


46.15. ábra. Állandó (üzemszüneti) nyomás lehetséges esetei  
 $\ell$  – a vezeték hossza;  $\Delta p$  – nyomáskülönbség

### Néhány igen fontos, korszerű kérdés

- Kapcsolódva a hőtermelőknél említett gazdaságossági számítás szükségességére, a távvezetékek létesítésével és üzemeltetésével kapcsolatban igen fontos a hősűrűség felmérésének és elemzésnek kérdése. Természetesen, minél kisebb a hősűrűség, annál nehezebb gazdaságos forróvíz távvezetékot létesítenünk. A hősűrűséget szokás „vonalmenti” azaz 1 folyóméter vezeték hosszra vetített, illetve „terület-menti”, azaz  $1 \text{ km}^2$ -re vetített hőáram-sűrűséggel jellemezni.
- A forróvíz távvezetékben az igen kedvezőtlen körülmények együttállása esetén létrejöhethet a nyomáshullám jelenségének bekövetkezése. Mivel a nyomáshullám a csövek, csőkapcsolások és a kompenzátorok szakadásához, töréséhez vezethet, ezt a jelenséget feltétlenül el kell kerülni. Részletezésre itt nincs módunk, de adott esetben a vonatkozó szakirodalmat feltétlenül tanulmányozni kell [11], [15], [36], [37].
- A forróvíz hálózatokat ma már szinte kivétel nélkül kombinált minőségi és mennyiségi szabályozással működtetik. A minőségi szabályozás (ahogy ezt kötetünk „A fűtési rendszer szabályozása” c. fejezetében láttuk), a víz hőmérsékletének szabályozását jelenti a külső hőmérséklet függvényében. A távhőszolgáltatás esetében azonban ez a kérdés rendszerint bonyolultabb, mint a központi fűtésnél, hiszen e rendszer általában egyidejűleg ellátja hőenergiával a használati meleg víz termelést és a légtechnikai rendszereket is. Ilyen, minőségi szabályozási példát látunk a 46.16. ábrán.

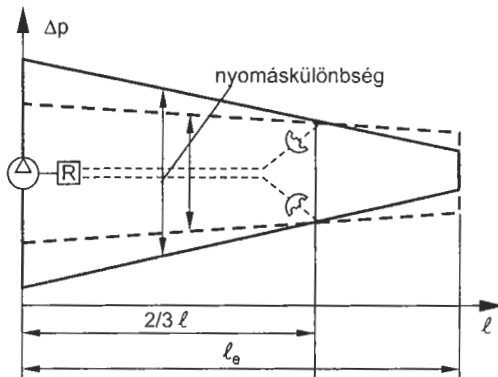
Meg kell említenünk, hogy a klasszikus szóhasználat szerint ez a megoldás lényegében vezérlés, hiszen az előremenő hőmérsékletet egy, a belső hőmérséklettől független paraméter, a külső hőmérséklet szabja meg.



46.16. ábra. Hőmérséklet szabályozási görbe

- 1 – az előremenő hőmérséklet lefutása; 2 – a visszatérő hőmérséklet lefutása, ha kizárólag fűtési felhasználó létezik; 3 – visszatérő hőmérséklet lefutása helyiségek szellőztető rendszereinek üzemeltetése esetén; 4 – a visszatérő hőmérséklet lefutása használati melegvíztermelés esetén

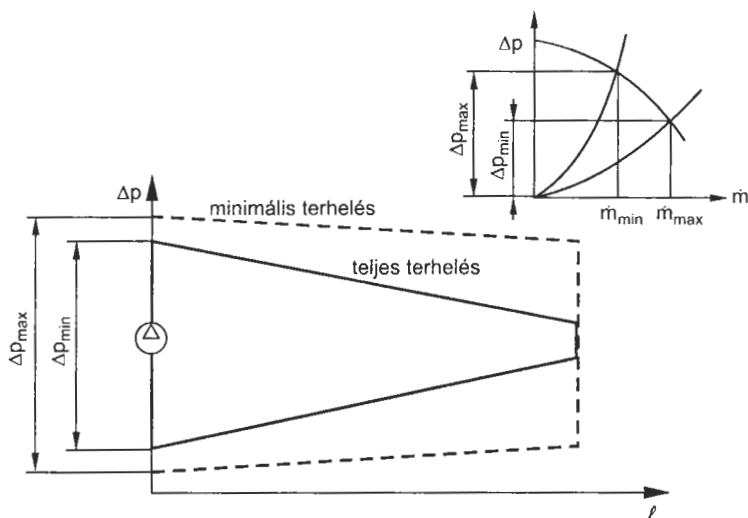
A visszacsatolás lehetőségét, azaz a hőfogyasztás figyelembevételét a mennyiségi szabályozás jelenti, ahol az egyes házi fogyasztók által felhasznált térfogatáram függvényében a teljes térfogatáramot is szabályozzuk. Erre hivatkoztunk az előbbieken, a fordulatszám szabályozású keringető szivattyúk alkalmazásánál, valamint ilyen nyomásábrát mutat a 46.17/a és 46.17/b ábra.



46.17/a ábra. Fordulatszám-szabályozós szivattyú alkalmazása [36]

Megjegyezzük még, hogy a mennyiségi szabályozás különösen lényeges a kapcsolt villamosenergia termelés esetében. Itt ugyanis a visszatérő víz hőmérséklete erősen befolyásolja a megtermelhető villamos energia mennyiségét is, tehát sokkal súlyosabb kérdéssről van szó annál, mintha pusztán a visszatérő vezetéken létrejövő veszteséggel foglalkoznánk.

Természetesen e nagyteljesítményű rendszereknél igen fontos kérdés a keringető szivattyú éves energiafogyasztása is, ami a mennyiségi szabályozással lényegesen csökkenthető.



46.17/b ábra. A távhálózati nyomásdiagram alakulása változó mennyiségű rendszer esetén [36]

#### 46.4.2. Gőz-távvezeték

##### A gőzhálózatok osztályozása

A gőz-távvezetéseket osztályozhatjuk a

- párhuzamosan haladó vezetékszálak száma szerint és
- a gőz állapotjelzői szerint.

A párhuzamosan haladó vezetékszálak száma szerint ismerünk 4-, 3-, 2-, 1-vezetékes rendszereket. (Ma már teljesen elavultnak tekintendő az úgynevezett 1 vezetékes rendszer.)

A 4- és 3-vezetékes rendszerek kialakításához az vezetett, hogy ha a nagynyomású gőzt egyidejűleg fűtési és ipari célra vagy egyéb, egész éven át szükséges célra, pl. meleg víz előállítására használjuk, akkor indokolt két gőzvezeték alkalmazása.

Ha ugyanis csak egy vezeték alkalmazunk, a teljes gőzszükséglet esetén is megközelítőleg ugyanakkora a vezeték hővesztesége, mint télen a teljes gőzszükséglet szállításakor, mivel a gőz hőmérséklete mindkét esetben azonos. Ezt a nyári nagy *hőveszteséget* lecsökkenthetjük akkor, ha külön, csak a nyári gőzszükségletnek megfelelő az egyik vezeték, a másik pedig csak a *téli-nyári különbozati gőzszükséglet* szállítására szolgál. Mindkét vezeték üzeme esetén ugyan e két vezeték hővesztesége valamivel nagyobb, mint egy megfelelő vezetéké, de hosszú időre tervezett berendezésnél gazdaságosabb a vezeték megosztása.

Előfordul és célszerű a gőzvezeték megosztása tisztán fűtési hálózatban is, elsősorban szabályozási okokból. E megfontolás alapján a gőzvezeték megosztása történhet 1:1 arányban, amikor két szabályozási fokot kapunk, vagy 1:2 arányban, amikor az előbbinél is gazdaságosabb, három féle szabályozási fokozat áll rendelkezésre.

Nagy fontosságú, különleges rendeltetésű fogyasztók esetén, pl. kórháznál, biztonsági okokból két gőzvezetékot alkalmaznak, hogy az egyik vezetékben előforduló hiba esetén se álljon le a fűtés. Ez a megoldás célszerűen összekapcsolható a központi szabályozás céljából történő megosztással [49].

Két gőzvezeték esetén alkalmazhatunk két külön, vagy egy közös kondenzvezetékot. Két külön kondenzvezetékre általában csak akkor van szükség, ha a kondenzátumok különféle nyomásúak. Így alakul ki a négy- vagy háromvezetékes rendszer.

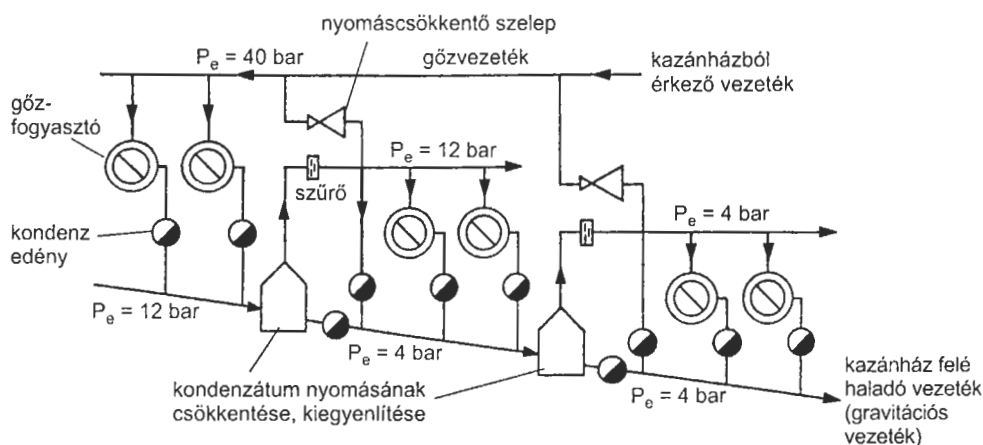
A kétvezetékes rendszer egy gőz- és egy kondenzvezetékéből áll. Ez a megoldás terjedt el leginkább, hagyományosnak és általánosan alkalmazottnak tekinthető. A gőz és kondenzvezetés lehetséges elrendezési módjait a 46.18. ábrarozat mutatja be.

Megjegyezzük, hogy a magasan elhelyezett táptartályra általában csak sziládr tüzelésű kazánok esetében van szükség, míg az olaj- és gáztüzelésű kazánokba automatikus, szivattyús visszatáplálás a szokott megoldás.

A gőz állapotjelzői szerint megkülönböztetünk telített és túlhevített gőzvezetékot.

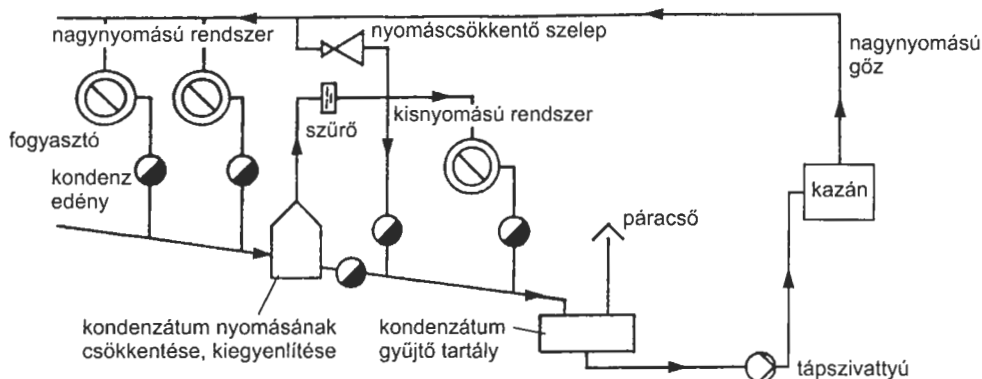
Tekintve, hogy a fogyasztók túlnyomórészt *telített* gőzt igényelnek, általánosságban telített gőzt szállítunk a távvezetékben is. Rendkívül sok előnyt jelent azonban, ha megoldható a túlhevített gőz szállítása a telített gőz helyett.

**Túlhevített** gőz szállítása esetén ugyanis lényegesen kevesebb víztelenítési helyre van szükség, a lecsapódásból eredő igen kis mennyiségű kondenzátumot nem szükséges a kazánházba visszavezetni, így csökken a beruházási költség, és a lecsapódás csökkenésével az üzemeltetési költség, valamint a kevés számú víztelenítési hely következtében a karbantartási költség is.

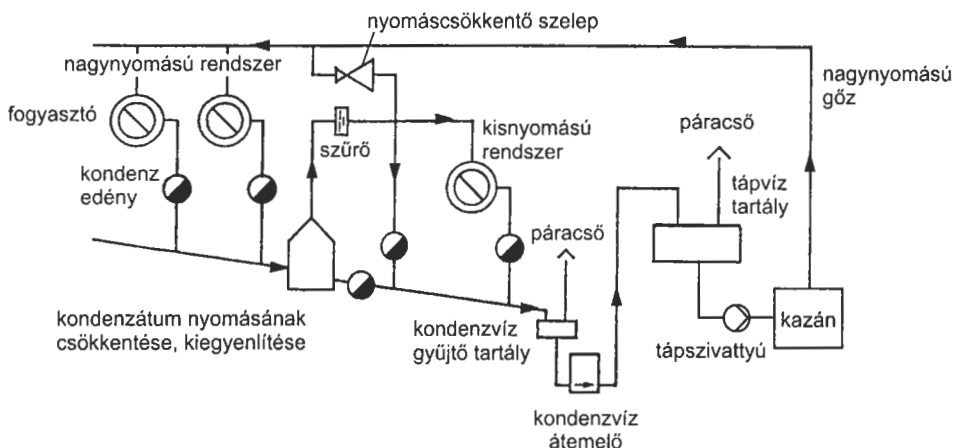


46.18/a ábra. Különböző nyomású vezeték és fogyasztók

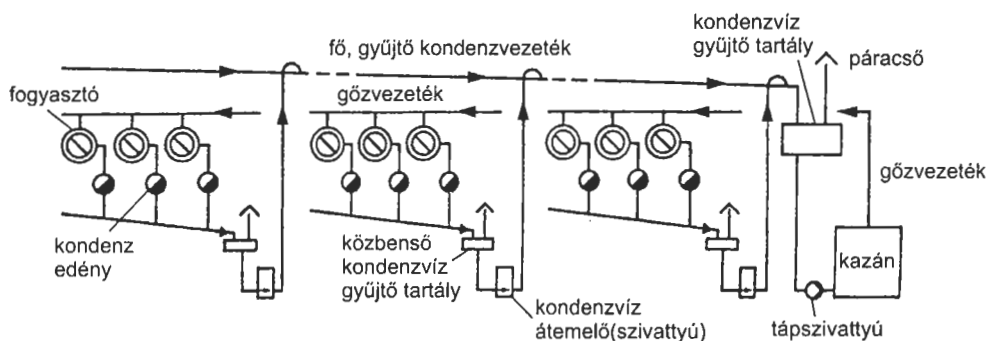




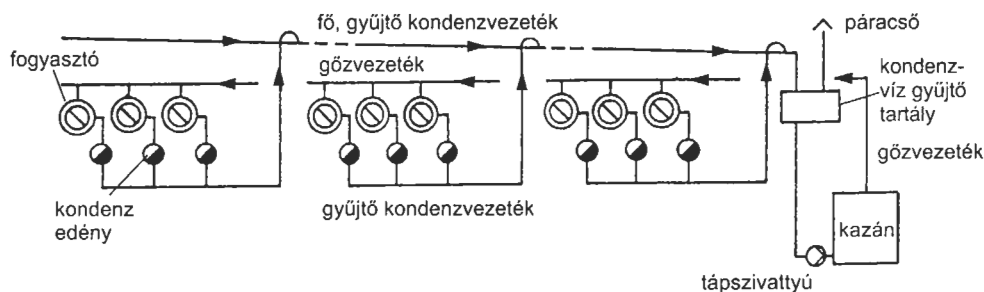
46.18/b ábra. Fogyasztók 2 nyomáson, szivattyús kondenzvíz visszavezetés



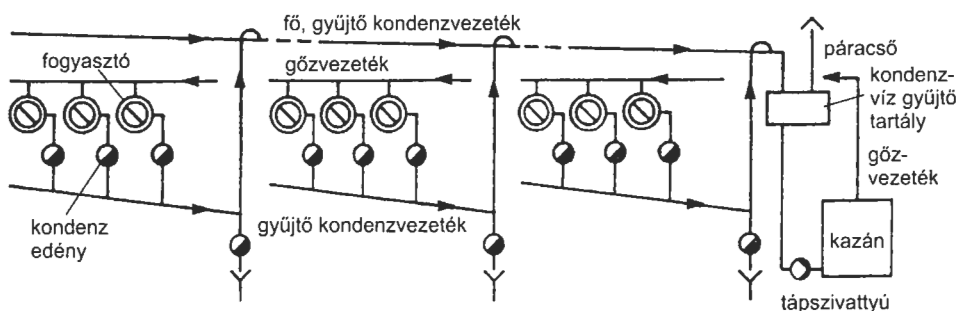
46.18/c ábra. Fogyasztók 2 nyomáson, kondenzvíz átemelés magas tartályba



46.18/d ábra. Magasan haladó kondenzvezeték fogyasztó csoportonként alkalmazott átemeléssel



46.18/e ábra. A kondenzátumot saját nyomása emeli a gyűjtő vezetékbe (kizárólag folyamatos üzemre ajánlott!)



46.18/f ábra. Az „e” ábra megoldása víztelenítéssel kiegészítve

## 46.5. Hőtávvezetékek szerkezeti megoldása

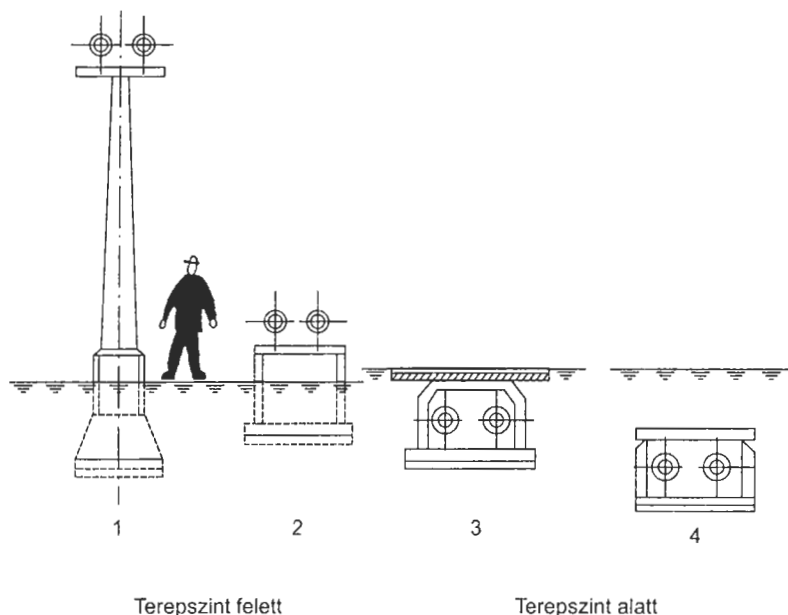
### 46.5.1. Hőtávvezeték fektetési módjai

A vezetékek alkotóelemeit, a csöveket és azok összekapcsolását, a szerelvényeket, a hőtágulás felvételét és a szigetelési módokat kötetünk „Csövek és szerelvények”, valamint a „Csővezetékek hőszigetelése” c. fejezetében összefoglaltuk. Ezért itt már csak a vezetékek komplex fektetési-szerelési módjaival foglalkozunk.

A távfűtési csővezetékek beruházásának, tervezésének és szerelésének módszere több tényező függvénye, ezek

- a terepviszonyok,
- a távlati területi fejlesztés,
- a rendeltetési cél,
- a gazdaságosság,
- a beruházási keretösszeg.

A csővezeték elhelyezhető mélyvezetésben terepszint alatt és magasvezetésben terepszint felett (46.19. ábra).



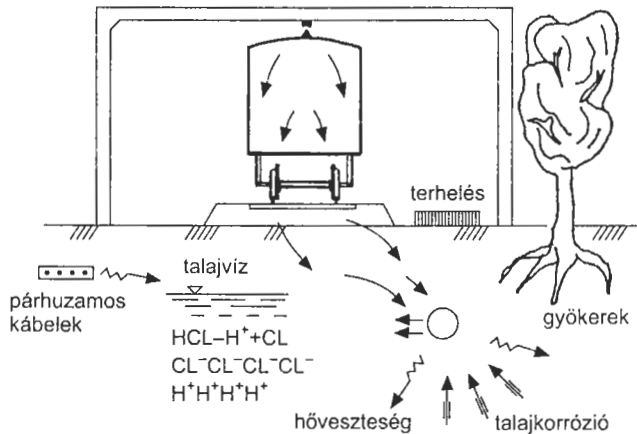
46.19 ábra. Csőelhelyezési módok

1 – oszlop, vagy épület oldalfala (terepszint felett); 2 – bak, zsámoly; 3 – kéregvezetés; 4 – mélyvezetés

#### 46.5.2. Csővezetés terepszint alatt

A terepszint alatti vezetés módszereinek kialakításakor a következő szempontokat vesszük figyelembe:

- a hőszigetelés mértéke és módja feleljen meg a műszaki-gazdaságossági követelményeknek;
- a csőtávvezeték élettartama legalább 50 év legyen;
- a vezetéknek teljesen vízzáró külső szigetelő burkolata legyen;
- a hőszigetelés korróziót nem okozó anyagból készüljön, és a külső vízzáró védőburokkal azonos időállóságú legyen;
- a vezeték korrózió ellen védett legyen [50];
- a csővezeték építési szervezése zárja ki a nehéz testi munka szükségességét, elemei előre gyárthatók és fektetése, szerelése gépesíthető legyen;
- a fűtővezeték védett legyen a növényzet gyökerei, külső terhelés, más vezetékek hatása és kóboráram ellen (46.20. ábra).



46.20. ábra. Terepszint alatti fűtővezetéseket érő káros hatások

A terepszint alatti fűtő-távvezeték elhelyezhető védőcsatornában vagy védőcsatorna nélkül, közvetlenül a talajban.

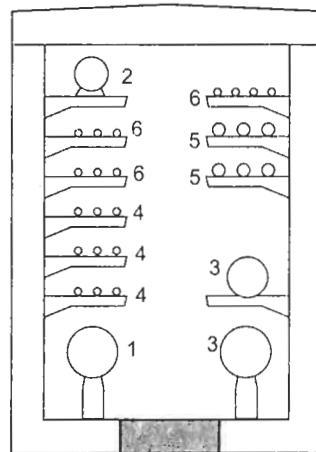
### Hőtávvezeték védőcsatornában

A védőcsatornák *járható, kúszható* és kizárólagos *védő célzatú* kivitelben készülhetnek.

*Járható* védőcsatornában, közmű-alagútban természetesen nemcsak a fűtővezeték, hanem a közelben lévő egyéb párhuzamos közművezetéseket is elhelyezhetjük (46.21. ábra).

Járható védőcsatornát alakíthatunk ki, ha

- négyenél több csővezeték, esetleg több közmű vezetékét kell közös védőcsatornában elhelyezni;
- fokozott üzembiztonságot kell megvalósítani;
- az építés befejezés után fel nem bontható terep alatt halad a fűtővezeték (pl. városi terek, nagyforgalmú utak stb.)
- a talajvíz ellen védeni kell a vezeték.



46.21. ábra. Közműalagút-szelvény belső elrendezése

1 – vízvezeték; 2 – gázvezeték; 3 – távfűtő vezeték;

4 – elektromos kábelek; 5 – postai kábelek; 6 – üzemi kábelek

A kúszható védőcsatorna a járható védőcsatornából magassági méretében, és az elhelyezett vezetékek számában különbözik.

A védőcsatorna geometriai méreteit a csövek, a szigetelés és esetleg a szerelvények mérete szabja meg.

A közműalagút építését és létesítését szigorú előírások szabályozzák.

A lakótelep-építkezések fénykorában elterjedt az ún. „KAF” (közműalagút–közműfolyosó) rendszer.

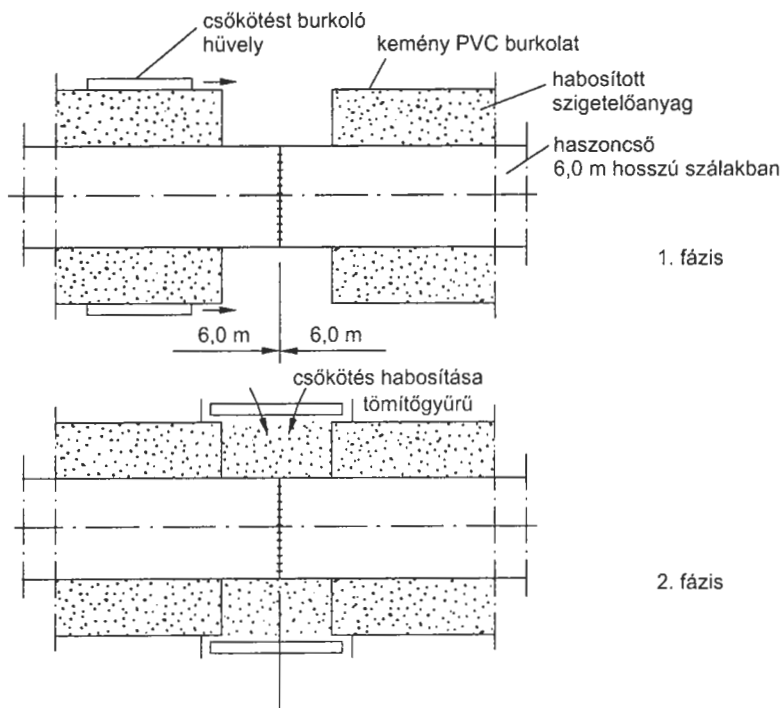
Mivel a közműalagút igen költséges, lehetőség szerint a távhálózat egy részét a lakóépületek pincéiben, alagsoraiban vezették, ahol közműfolyosót alakítanak ki. Ehhez hasonlóan, mai korunkban a nagy parkolóházakat is közművek vezetésére használják.

A kizárólagos **védő** célzatú **csatornát** világszerte és nálunk is a nagy ipartelepeken és a sűrűn betelepített városi belterületeken alkalmazzák.

A védőcsatorna általában betonból készül és mechanikai, valamint nedvesség elleni védelmet nyújt. A különféle alakú beton védőcsatornában hőszigetelt csővezetéseket helyeznek el [51].

Ma már kevés kivétellel **előregyártott védőcsöves** rendszereket készítenek. Az előregyártott védőcső készülhet különféle műanyagokból, vagy esetleg acélból. A védőcső és a haszoncső közötti teret tölti ki a hőszigetelés, és a gyártó cégek

- egyfelől megoldást adnak a csőkapcsolásra,
- másfelől teljes rendszereket gyártanak, azaz íveket, könyököket, szerelvénycsatlakozásokat és kompenzátorokat is ajánlanak a csővezetéki rendszerhez (46.22. ábra) [33].



46.22. ábra. Előregyártott védőcsöves rendszer és a csövek kapcsolási vázlata [33]

Ezek az előregyártott védőcsöves rendszerek ma már szinte egyeduralkodónak mondhatók. Tanulmányozásuk döntő jelentőségű akkor is, ha kötetünkben nincs több terünk az ismertetésre.

#### 46.5.3. Csővezetés terepszint felett

A terepszint feletti csővezetékek tartószerkezeteit anyaguk, statikai megoldásuk és magassági helyzetük szerint osztályozhatjuk.

**Anyaguk** szerint beszélhetünk:

- acél- és
- vasbeton szerkezetekről.

A csővezetékek, ill. csőhidak **tartószerkezeti megoldásukat** illetően lehetnek:

- önhordók,
- felfüggesztettek,
- külön szerkezettel alátámasztottak.

Ez utóbbi csoportba sorolhatók a közúti, vasúti esetleg gyalogjáróhidakon átvezetett csővezetékek is.

**Statikai** megoldásuk szerint lehetnek:

- határozott szerkezetek–kéttámaszúak, valamint csuklós több támaszúak, ún. *Gerber*-tartósak;
- határozatlan szerkezetek–folytatólagos több támaszúak.

**Magassági** helyzetük szerint megkülönböztetünk:

- oszlopokat,
- bakokat,
- zsámolyokat.

A magasvezetés elemeinek villámvédelméről minden esetben gondoskodni kell, és a vezetékrendszert megfelelő figyelmeztető táblákkal kell ellátni, hogy az illetékteleneket a csővezetéktől – főleg ha azok gyalogjáróval vannak ellátva – távol tartsuk. A zsámolyra helyezett vezetékeket célszerű szögessdrót kerítéssel körülvenni, hogy azokat a rágcsálóktól megóvjuk.

## 46.6. Hőtávvezetékek tervezése

### 46.6.1. A hőtávvezetékek tervezési előmunkálatai

Az előmunkálatok a következők:

- terepfelderítés és a vezetékek kitűzése;
- talajfeltárás, talajmechanikai vizsgálatok;
- a talajvíz vizsgálata;
- korróziós mérések;
- az érintett föld alatti vezetékek feltárása.

A felsorolás egyben a munkálatok sorrendjét is jelenti.

A terepfelderítés és csővezetékvonallal kitűzése után az előzetes nyomvonalat 1:1000, vagy 1:500 méretarányú, geodéziai felmérés, vagy légi fotogrammetria alapján készített térképeken tüntetik fel.

Az 1:1000, esetleg 1:500 méretarányú térképnek tartalmaznia kell az 1 m magasságú rétegvonalakat, valamint lakótelepek esetén 1:1000 vagy 1:500 méretarányban a területre jellemző jelenlegi és várható beépítettségi fokot, a területre jellemző várható és hektáronkénti lakossűrűséget, a már meglevő vagy tervezés alatt levő fontosabb föld alatti közműveket vagy más létesítmények helyét, mélységét és jellemző méreteit, amelyek a föld alatt vonuló távhálózatok vonalvezetésére, mélységére hatással lehetnek (pl. víz-, gáz-, szennyvízvezetékek csatornái).

Ipartelepek esetében az 1:1000 vagy 1:500 léptékű térképnek tartalmaznia kell a távhálózattal ellátandó üzemrészek fűtési és technológiai igényét.

Talajmechanikai kérdésekben a szakirodalomra utalunk és csupán felsoroljuk, hogy szükséges a talajvíz szintjének, nyomásviszonyainak, megjelenési módjának, kémhatásának, agresszivitásának, mozgásának tisztázása és rögzítése [52].

### 46.6.2. Hőtávvezetékek elrendezése

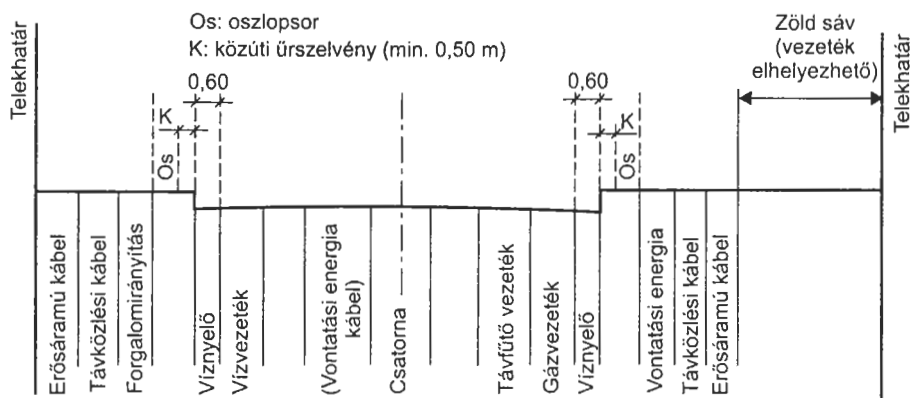
Az előbbi pontban rögzítettek figyelembevételével, a csőtávvezetékét úgy helyezzük el, hogy a terület rendeltetésszerű használatát csak a legszükségesebb mértékben korlátozza, és megfeleljen a korszerű közműelhelyezés szempontjainak (46.23. ábra).

A fűtő-távvezetékek *településen belüli* elhelyezésekor tekintetbe kell venni a meglevő és tervezett közműveket:

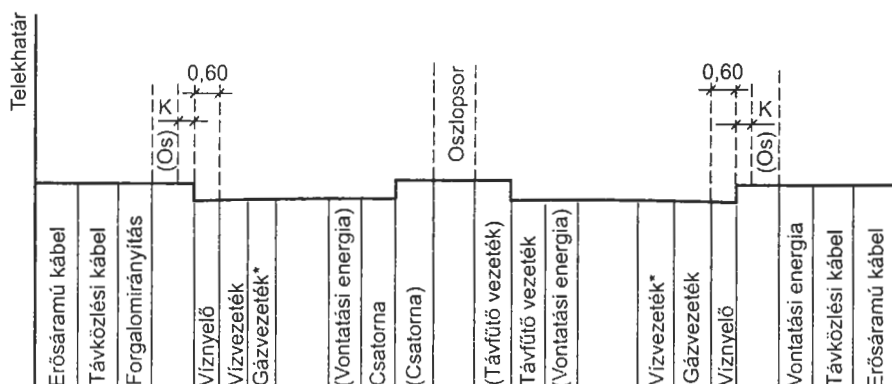
- erősáramú kábelek;
- erősáramú szabadvezetékek;
- távközlési kábelek;
- távközlési légvezetékek, légkábelek;

- helyi közlekedési vállalatok kábelei és szabad vezetékei;
- jelző-, mérő- és működtető vezetékek és forgalomirányító berendezések kábelei;
- közvilágítás gáz- és elektromos vezetékei;
- kőolaj vagy más folyékony tüzelőanyag vezetékei;
- gázellátás vezetékei;
- vízellátás vezetékei;
- vízelvezetés vezetékei.

### Egypályás úttest



## Osztottpályás úttest



46.23. ábra. Közművek egyedi elhelyezése az úttest alatt az MSZ 7487:80 szerint  
(a zárójelben megadott vezetékek alternatív lehetőségek)

A távvezetékeket lehetőleg az útkoronán kívül, vagy kiemelt szegélyek esetén, azokon kívül kell elhelyezni. Csak ha az útkoronán kívüli elhelyezés nem valósítható meg, akkor helyezhető el a távvezeték a szegély alatt.



Távolsági csőhálózatok településeken belüli terveinél a közműveken túlmenően figyelembe kell vennünk:

- a város (község) rendezési tervét vagy ennek hiányában a megfelelő önkormányzati hivatal által rendelkezésre bocsátott mintakeresztszelvényt, ill. területfelhasználási tervet,
- a közműfejlesztési tervet,
- a vízfolyások érintése esetén a vízjogi engedélyt,
- földgáz- és olajvezetékek érintése esetében a bányaműszaki engedélyt,
- közigazgatási engedélyezési határozatokat,
- az országos szabványokat, műszaki előírásokat és építési kivitelezési szabályokat.

Ha a csőtávvezeték *külterületen* halad, akkor azt lehetőleg valamely kiépített közúttal párhuzamosan vezessük, ahhoz a megengedhető távolságon belül minél közelebb. Ily módon mind a csőanyag szállítását és szerelését, mind a üzemeltetést megkönnyítjük.

A *vízfolyásokat, vasutakat* és egyéb meglévő vezetékeket lehetőleg merőlegesen keressztezzük.

A távvezeték *közforgalmú hidakon, közúti aluljárókban* és híd szerkezeteken lehetőleg ne vezessük.

Általában már tervezés közben, az összes érdekelt bevonásával hatósági *engedélyezési eljárást* kell kezdeményezni, *helyszíni bejárással*.

#### 46.6.3. Hőtávvezetékek méretezése

A hőtávvezetékek méretezésével kapcsolatban ismét felhívjuk a figyelmet a gazdaságosság kérdéseire, a gazdaságossági vizsgálatok és az optimalizálás fontosságára. Ezek sorában különösen jelentős:

- a gazdaságos hőfoklépcső,
- a gazdaságos szivattyú emelőmagasság,
- a gazdaságos csőátmérő és
- a gazdaságos szigetelési vastagság megállapítása.

Mindezekről már szóltunk a méretezés elvi kérdéseit taglaló fejezetben, ezért ezekkel itt nem foglalkozunk. A sajátos távfűtés méretezési kérdések megismeréséhez a speciális szakirodalom tanulmányozására van szükség [5], [8], [11], [12], [17], [23], [33], [35], [36], [53], [54].

A fontosabb összefüggéseket valamennyi elavult és korszerű mértékegységgel a **46.1. táblázatsorozatban** foglaltuk össze.

A hőáram meghatározása

46.1/a táblázat

$\dot{Q} = C_1 \cdot x$	$C_1$	$x$	Mértékegység			
$\dot{Q}$ , kcal/h	$3,6 \cdot 10^3$	$\dot{V} \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta t$	$\dot{V}$ , m <sup>3</sup> /s	$\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	$c$ , kcal/kg °C	$\Delta t$ , °C
	1,0		$\dot{V}$ , m <sup>3</sup> /s			
	$3,6 \cdot 10^3$	$\dot{m} \cdot c \cdot \Delta t$	$\dot{m}$ , kg/s	$c$ , kcal/kg °C		$\Delta t$ , °C
	1,0		$\dot{m}$ , kg/h			
$\dot{Q}$ , W	1,0	$\dot{V} \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta t$	$\dot{V}$ , m <sup>3</sup> /s	$\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	$c$ , J/kg K	$\Delta t$ , K
	1,0	$\dot{m} \cdot c \cdot \Delta t$	$\dot{m}$ , kg/s	$c$ , J/kg K		$\Delta t$ , K
$\dot{Q}$ , kJ/h	$3,6$	$\dot{V} \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta t$	$\dot{V}$ , m <sup>3</sup> /s	$\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	$c$ , J/kg K	$\Delta t$ , K
	$10^{-3}$		$\dot{V}$ , m <sup>3</sup> /h			
	$3,6$	$\dot{m} \cdot c \cdot \Delta t$	$\dot{m}$ , kg/s	$c$ , J/kg K		$\Delta t$ , K
	$10^{-3}$		$\dot{m}$ , kg/h			

A térfogatáram meghatározása

46.1/b táblázat

$\dot{V} = C_2 \cdot y$	$C_2$	$y$	Mértékegység			
$\dot{V}$ , m <sup>3</sup> /s	$2,78 \cdot 10^{-4}$	$\frac{\dot{Q}}{\rho \cdot c \cdot \Delta t}$	$\dot{Q}$ , kcal/h	$\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	$c$ , kcal/kg °C	$\Delta t$ , °C
	1,0		$\dot{Q}$ , W		$c$ , J/kg K	$\Delta t$ , K
	$2,78 \cdot 10^{-4}$		$\dot{Q}$ , kJ/h			
	1,0	$w \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$	$d$ , m		$w$ , m/s	
$\dot{V}$ , m <sup>3</sup> /h	$10^{-6}$		$d$ , mm			
	1,0	$\frac{\dot{Q}}{\rho \cdot c \cdot \Delta t}$	$\dot{Q}$ , kcal/h	$\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	$c$ , kcal/kg °C	$\Delta t$ , °C
	$3,6 \cdot 10^3$		$\dot{Q}$ , W		$c$ , J/kg K	$\Delta t$ , K
	$10^3$		$\dot{Q}$ , kJ/h			
	$3,6 \cdot 10^3$	$w \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$	$d$ , m		$w$ , m/s	
	$3,6 \cdot 10^{-3}$		$d$ , mm			

## A tömegáram meghatározása

46.1/c táblázat

$m = C_3 \cdot z$	$C_3$	$z$	Mértékegység		
$\dot{m}$ , kg/s	$2,78 \cdot 10^{-4}$		$\dot{Q}$ , kcal/h	$c$ , kcal/kg °C	$\Delta t$ , °C
	1,0	$\frac{\dot{Q}}{c \cdot \Delta t}$	$\dot{Q}$ , W	$c$ , J/kg K	$\Delta t$ , K
	$2,78 \cdot 10^{-4}$		$\dot{Q}$ , kJ/h		
	1,0	$\frac{d^2 \cdot \pi}{4} w \cdot \rho$	$d$ , m	$w$ , m/s	$\rho$ , kg/m <sup>3</sup>
	$10^{-6}$		$d$ , mm		
$\dot{m}$ , kg/h	1,0		$\dot{Q}$ , kcal/h	$c$ , kcal/kg °C	$\Delta t$ , °C
	$3,6 \cdot 10^3$	$\frac{\dot{Q}}{c \cdot \Delta t}$	$\dot{Q}$ , W	$c$ , J/kg K	$\Delta t$ , K
	$10^3$		$\dot{Q}$ , kJ/h		
	$3,6 \cdot 10^3$	$\frac{d^2 \cdot \pi}{4} w \cdot \rho$	$d$ , m	$w$ , m/s	$\rho$ , kg/m <sup>3</sup>
	$3,6 \cdot 10^{-3}$		$d$ , mm		

## A sebesség meghatározása

46.1/d táblázat

$w = C_4 \cdot u$	$C_4$	$u$	Mértékegység		
$w$ , m/s	1,0			$d$ , m	
	$10^6$	$\frac{\dot{V}}{d^2 \pi / 4}$	$\dot{V}$ , m <sup>3</sup> /s	$d$ , mm	
	$2,78 \cdot 10^{-4}$			$d$ , m	
	$2,78 \cdot 10^2$		$\dot{V}$ , m <sup>3</sup> /h	$d$ , mm	
	1,0			$d$ , m	
	$10^6$	$\frac{\dot{m}}{\rho \cdot \frac{d^2 \pi}{4}}$	$\dot{m}$ , kg/s	$d$ , mm	
	$2,78 \cdot 10^{-4}$			$d$ , m	
	$2,78 \cdot 10^2$		$\dot{m}$ , kg/h	$d$ , mm	
	$2,78 \cdot 10^{-4}$		$\dot{Q}$ , kcal/h	$d$ , m	$c$ , kcal/kg °C
	$2,78 \cdot 10^{-2}$			$d$ , mm	
	1,0	$\frac{\dot{Q}}{\delta^2 \pi / 4 \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta t}$	$\dot{Q}$ , W	$d$ , m	$\rho$ , kg/m <sup>3</sup>
	$10^6$			$d$ , mm	
	$2,78 \cdot 10^{-1}$		$\dot{Q}$ , kJ/h	$d$ , m	$c$ , J/kg K
	$2,78 \cdot 10^5$			$d$ , mm	
					$\Delta t$ , K

Az átmérő meghatározása

46.1/c táblázat

$d = C_S \cdot v$	$C_S$	$v$	Mértékegység				
$d, m$	$1,0 \cdot \frac{4}{\pi}$	$\frac{\dot{V}}{w}$	$\dot{V}, m^3/s$	$w, m/s$			
	$1,67 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{4}{\pi}$		$\dot{V}, m^3/h$				
	$1,0 \cdot \frac{4}{\pi}$	$\frac{\dot{m}}{p \cdot w}$	$\dot{m}, kg/s$	$\rho, kg/m^3$			
	$1,67 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{4}{\pi}$		$\dot{m}, kg/h$				
	$1,67 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{4}{\pi}$	$\frac{\dot{Q}}{p \cdot c \cdot \Delta t \cdot w}$	$\dot{Q}, kcal/h$	$c, kcal/kg \text{ } ^\circ C$	$\Delta t, ^\circ C$	$w, m/s$	
	$1,0 \cdot \frac{4}{\pi}$		$\dot{Q}, W$	$\rho, kg/m^3$			
	$5,2 \cdot 10^{-1} \cdot \frac{4}{\pi}$		$\dot{Q}, kJ/h$	$c, J/kg \text{ K}$	$\Delta t, K$		
	$d, mm$	$1,0^3 \cdot \frac{4}{\pi}$	$\frac{\dot{V}}{w}$	$\dot{V}, m^3/s$	$w, m/s$		
		$1,67 \cdot 10 \cdot \frac{4}{\pi}$		$\dot{V}, m^3/h$			
		$1,0^3 \cdot \frac{4}{\pi}$	$\frac{\dot{m}}{p \cdot w}$	$\dot{m}, kg/s$	$\rho, kg/m^3$		
		$1,67 \cdot 10 \cdot \frac{4}{\pi}$		$\dot{m}, kg/h$			
$1,67 \cdot 10 \cdot \frac{4}{\pi}$		$\frac{\dot{Q}}{p \cdot c \cdot \Delta t \cdot w}$	$\dot{Q}, kcal/h$	$c, kcal/kg \text{ } ^\circ C$	$\Delta t, ^\circ C$	$w, m/s$	
$1,0^3 \cdot \frac{4}{\pi}$			$\dot{Q}, W$	$\rho, kg/m^3$			
$5,2 \cdot 10^2 \cdot \frac{4}{\pi}$			$\dot{Q}, kJ/h$	$c, J/kg \text{ K}$	$\Delta t, K$		

#### 46.6.4. Felügyeleti rendszerek, intelligens csővezetékek

A korábbi rendszereknél a szivárgási jelenségek észlelése, valamint a hőszigetelés elégtelensége, romlása a távhővezetékek legérzékenyebb műszaki, üzemeltetési és karbantartási kérdései közé tartozott. Ma a már említett előregyártott, védőcsöves csővezetékeket olyan mérőrendszerrel látják el, ahol például előre beépített ellenálláshuzalokkal mérhető a

hőszigetelő képesség romlása. A csővezetékek szigetelésébe épített mérőhuzalokat bekötik a távhőrendszer távfelügyeleti rendszerébe. E mai megoldásokkal így egyben nagymértékben lecsökkent annak az igen elmélyült és terjedelmes vizsgálat-sorozatnak a jelentősége is, melyet a távvezetékek hőveszteségének pontos megállapítására fordítottunk, hiszen a hőveszteség üzem közben mérhető [5], [22], [23], [24], [51], [52].

## 46.7. Hőfogyasztók

A távhőellátó rendszer szempontjából hőfogyasztó a fűtött épület, illetve a különféle ipari fogyasztók. Ezek hőkapcsolását, és méretezési szempontjait az épületeken belüli fűtési hálózatokkal együtt kötetünk szivattyús fűtésekkel kapcsolatos különféle fejezetei tárgyalják.

## 46.8. A hazai hőszolgáltatás néhány fontos kérdése

A távhőszolgáltatásról szóló fejezetünk bevezetésében említettük, hogy a hazai hőellátási ágazat súlyos problémákkal küzd a múlt terhes öröksége miatt. E gondok kiküszöbölése érdekében mind az állami vezetés, mivel az önkormányzatok, mind a hazai szakember gárda dolgozik azért, hogy a távhőszolgáltatás meglévő értékei a jövőben is alkalmazhatók, használhatók, sőt adott esetben fejleszthetők legyenek. E törekvés egyik eleme az a jogi szabályozás, mellyel mintegy körülbástyázzák a távhőszolgáltatást, mint megoldást annak érdekében, hogy a fogalmak szintjén és az elszámolási kérdések rendezésével is elősegítsék a környezetbarát hőellátás megmentését és fejlesztését.

Természetesen egy, az állandó megújulást igénylő jogi szabályozás szövegének idézése szokatlan és nem is egészen tárgyyszerű egy hosszabb élettartamra számító tan- és szakkönyv keretében. A hazai távhőszolgáltatást azonban szinte filozófiai mélységben kellett és kell folyamatosan megújítani, mert az 1990-ig fennálló rendszer azt a tévhitet ébresztette, hogy a „távhőellátás” az állam részéről kötelezően „jár” mindazoknak, akik az így fűtött objektumokban laknak. Minderről persze, azok a lakók, tulajdonosok, akik mindezt szinte elszenvedik, egyáltalán nem tehetnek. Mivel a félreértések a fogalmak, valamint a díjfizetés körül csoportosulnak, e két törvényi fejezetből, mint „újrafogalmazásból” idézünk itt.

**46.8.1. A jogi keret [42]**

**„1998. évi XVIII. törvény  
a távhőszolgáltatásról, egységes szerkezetben a végrehajtására kiadott 1/1999. (I. 1.)  
Korm. rendelettel”**

**Fogalommeghatározások**

Tszt. 3. § (1) E törvény alkalmazásában

a) *távhő*: az a hőenergia, amelyet a hőtermelő létesítményből (geotermikus energiát termelő létesítményből) hőhordozó közeg (gőz, melegített víz, felszín alatti víz) alkalmazásával, távhővezetéken a fogyasztási helyre eljuttatnak;

b) *távhőtermelő*: az a gazdálkodó szervezet, amely távhő termelésére engedélyt kapott;

c) *távhőszolgáltató*: az a gazdálkodó szervezet, amely meghatározott településen (településrészen) a távhő szolgáltatására engedélyt kapott;

d) *távhőszolgáltatás*: az a közüzemi szolgáltatás, amely a fogyasztónak a hőtermelő létesítményből vagy geotermikus energiát kitermelő létesítményből távhővezetéken keresztül történő hőellátásával valósul meg;

e) *engedélyező*: az a közigazgatási szerv, amely az e törvény szerinti engedélyeket kiadja;

f) *engedélyes*: a távhőtermelő és a távhőszolgáltató;

g) *hőtermelő létesítmény*: az erőmű hőtermelő létesítménye, a fűtőmű, a kazántelep (kazán), a hulladékégető-mű, a hulladékhőt és megújuló energiát hasznosító hőtermelő berendezés;

h) *geotermikus energiát kitermelő létesítmény*: geotermikus energia energetikai célú kitermelését szolgáló létesítmény;

i) *távhővezeték-hálózat*: az a csővezeték-rendszer – a hozzá tartozó műtárgyakkal, hálózati szerelvényekkel, kapcsolódó automatikákkal, műszerekkel, elektromos berendezésekkel együtt –, amely a hőhordozó közegnek a hőtermelő létesítménytől, illetőleg a geotermikus energiát kitermelő létesítménytől a csatlakozási pontig történő szállítására szolgál;

j) *hőközpont*: a hőhordozó közeg kiadására, elosztására, fogadására, átalakítására, illetőleg a távhő átadására szolgáló technológiai berendezés. A hőközpont lehet termelői hőközpont, szolgáltatói hőközpont és fogyasztói hőközpont:

ja) *termelői hőközpont*: a távhő termelőjénél távhőellátás céljából a hőhordozó közeg kiadására, továbbítására, elosztására, átalakítására, mérésére szolgáló technológiai berendezés,

jb) *szolgáltatói hőközpont*: több épület vagy építmény hőellátása céljából az ellátandó épületeken kívül, esetleg azok egyikében elhelyezett, a hőhordozó közeg fogadására, átalakítására, elosztására, mérésére szolgáló technológiai berendezés,

jc) *fogyasztói hőközpont*: egy épület vagy építmény hőellátása céljából abban elhelyezett, a hőhordozó közeg fogadására, átalakítására, mérésére szolgáló technológiai berendezés;

*k) hőfogadó állomás:* egy épület vagy építmény távhőellátása céljából abban elhelyezett, a hőhordozó közeg fogadására, mérésére, átalakítás nélküli továbbítására szolgáló technológiai berendezés\*;

*l) csatlakozási pont:* a szolgáltatói és a fogyasztói berendezés határán (találkozási pontján) beépített elzáró szerelvénynek a fogyasztó felé eső oldala, elzáró szerelvény hiányában a fogyasztási helyet magában foglaló ingatlan (épület, építmény, telek) tulajdoni határa;

*m) fogyasztói vezetékhálózat:* az a csővezeték-rendszer, amely a hőnek hőhordozó közeg által a csatlakozási ponttól a felhasználó berendezésekhez való továbbítását szolgálja;

*n) felhasználó berendezés:* a fogyasztó által használt hőleadó készülékek és hőhasznosító berendezések;

*o) szolgáltatói berendezés:* a hőtermelő létesítmény, a geotermikus energiát kitermelő létesítmény, a távhővezeték-hálózat, a szolgáltatói hőközpont, az elszámolás alapjául szolgáló, a távhőszolgáltató tulajdonában lévő mérőeszköz, a hőközpont primer oldali főelzárói és mennyiség-szabályozói;

*p) fogyasztói berendezés:* a fogyasztói hőközpont, hőfogadó állomás, a fogyasztói vezetékhálózat, a felhasználó berendezés és a fogyasztó által felszerelt fűtési és használati melegvíz-mérők, költségmegosztók;

*r) fogyasztó:* az a természetes vagy jogi személy, jogi személyiséggel nem rendelkező gazdálkodó szervezet vagy ezek közössége, aki (amely) a távhőszolgáltatóval távhőszolgáltatásra vonatkozóan szerződéses jogviszonyba kerül. A fogyasztó lehet lakossági fogyasztó és egyéb fogyasztó:

*ra) lakossági fogyasztó:* a lakóépület és a vegyes célra használt épület tulajdonosa vagy az ilyen épületben levő lakás és nem lakás céljára szolgáló helyiség (épületrész) tulajdonosa, bérlője, használója vagy azok közössége,

*rb) egyéb fogyasztó:* az *ra)* pontban nem említett épület vagy az ilyen épületben (építményben) lévő helyiség (épületrész) tulajdonosa vagy azok közössége;

*s) fogyasztási hely:* az az épület, illetve épületrész, amelynek távhővel történő ellátására a szerződéses jogviszony létrejött;

*t) üzletszabályzat:* a működési engedélyt kiadó közigazgatási szerv által jóváhagyott szabályzat, amely a helyi szolgáltatási sajátosságok figyelembevételével szabályozza a távhőszolgáltató működését, és meghatározza a távhőszolgáltató kötelezettségeit és jogait;

*u) szabályozatlan vételezés:* mérés nélküli szolgáltatás esetén a szerződéses jogviszony nélküli távhőfogyasztás és a távhő más fogyasztótól való elvonása (hőelvonás).

A „Mérés, elszámolás, díjfizetés,” című fejezet kimondja, hogy:

„...Tsz. 43. § (1) Új távhőszolgáltató rendszer létesítésekor vagy meglévő rendszer esetében az önkormányzat rendeletében meghatározott időpontig, de legfeljebb a törvény hatálybalépésétől számított öt éven belül, továbbá ez időtartam alatt is a meglévő rendszer átalakításakor meg kell valósítani a távhőfogyasztás hőközpontonkénti és hőfogadó állomásonkénti vagy épületrészenkénti mérését, szabályozását és mérés szerinti elszámolását.

\* A törvény ezen pontjait a „Hőközpontok” c. fejezetben is idéztük, ami ellentmond kötetünk szikár szerkesztési elvének, a gondolatmenet logikája azonban megköveteli ezt a kis ismétlést.

(2) Meglévő távhőszolgáltató rendszer átalakítása, bővítése esetén az áttérés költségei a hőközpontban, illetve a hőfogadó állomáson elhelyezett mérőeszközig bezárólag a szolgáltatót terhelik. ...”

És ezzel remélhetőleg pont kerül az igen elhúzódó problémakör és vita végére, mely arról szólt, kell-e fizetni, és ha igen mennyit kell fizetni a távhőszolgáltatásért, valamint, hogy kinek a tulajdona a lakásban lévő fűtési rendszer?

Az erre a kérdésre adandó válasz, valamint a paneles épületek rekonstrukciós szabályzatának előkészítése érdekében állítottuk össze a következő, talánkisség rendhagyó fejezetet. A fejezet összeállítójának legszebb reménye, hogy a tartalom hamarosan elévül, és a következő kiadásban már értelmét veszti.

#### 46.8.2. Mire figyelmezteti a műszaki fejlesztést a jogi keret és tapasztalat?

Az utóbbi 3-4 esztendő során a kötet szerzőjének különleges tapasztalati összegzésre nyílt módja. A tények sora ugyanis, mely szerint

- a megváltozott gazdasági környezetben a lakosság nagy része igen nehezen küzd meg a távhőszolgáltatás díjának befizetésével;
- a fogyasztóknak nincs módja (az eredeti, még át nem alakított létesítmények esetében) a fűtést szabályozni, kikapcsolni, vagy adott esetben többletet fogyasztani;
- lélektanilag még nehezen elfogadható a lakosság számára a készenléti díj, melyet fogyasztás nélkül is fizetnie kell;
- valamint, hogy Magyarországon a gáz, mint energiahordozó nagyon kedvelt és elterjedt, valamint még mindig viszonylag olcsó és hogy
- egyes körzetekben bizonyos feltételek mellett az éjszakai villamosenergia ára is kedvezőbb, mint a távhőszolgáltatás díja

sok esetben vezetett oda, hogy a fogyasztók „leváltak” a távfűtésről, és abban a hitben, hogy nem fogyasztanak hőt, megtagadták a díjfizetést. Ez a helyzet perek sokaságához vezetett, és e perek műszaki-jogi tapasztalatait érdemes a távhőszolgáltatás fejlesztési irányainak kitűzése érdekében összegeznünk.

Az átalakítások a következő megoldásokat alkalmazták:

- a fogyasztók saját lakásukban egyszerűen leszereltették, vagy kikapcsolhatóvá tették a fűtőtesteket. Mivel ez az eset átkötőszakasz nélküli, függőleges egycsöves fűtéssel ellátott épületben történt, a fogyasztó „eltúrte”, hogy a környező lakások és a csövek fűtsék a lakását;
- a fogyasztó gázkonvektorokat, illetve villamos hőtárolós konvektorokat szereltetett fel. Ez az eset persze, csak abban különbözik az előzőtől, hogy a fogyasztó elvileg fenntarthatja az előírt belső hőmérsékletet; de a gázkonvektor esetében fennáll a környezet szennyezésének kérdése, valamint a homlokzatok esztétikai jellegű rombolása;



- a fogyasztó saját, gázfűtésű, fali fűtőkészüléket szereltetett fel, és az eredeti, távhőrendszerhez csatlakozó belső rendszert központi fűtéssé alakította. Itt az eddigieken túlmenően teljes mértékben helytelen az eredetileg kémény nélkül létesített ház egyetlen lakásához kéményt telepíteni, valamint szintén fennáll a környezet szennyezése;
- a fogyasztó éjszakai árammal működő mennyezetsugárzó fűtést létesített, és ismét a környező lakások, valamint a saját lakásában áthaladó csövek hőleadását hasznosította;
- végül a lakó beépítette a saját lakása feletti tetőtérrel, és abban egyedi villamos fűtést létesített, megint csak kihasználva azt, hogy a távhőrendszer túlfűtést biztosít.

Mindezen esetekhez képest a belső rendszer egységességének szempontjából kevésbé helyteleníthető, ha az egész lakóközösség tetőtéri kazánházat létesít. Ebben az esetben is fennáll azonban a távhőrendszer beépített értékének elpazarlása, az a tény, hogy a leválasztott épület hőfogyasztása nem szolgálja az ellennyomású villamos energia termelés lehetőségét, a környezet károsítása és az energiaellátási tervszerűtlenség [3], [9], [13], [29], [31], [32], [33], [34], [43].

Összefoglalva a fenti átalakításokkal kapcsolatos szakvélemények lényegét:

- Természetesen nem tételezzük fel, hogy adott esetben az átalakítók („leválók”) nem működtetik az egyedi gáz, vagy a villamos fűtést, illetve részben, vagy egészben leszerelik, eltávolítják a lakásukon áthaladó közös elosztó csövek hőszigetelését; a szakvélemények hitelességének kedvéért mégis meg kell jegyeznünk, hogy ennek minden lehetősége adott. A jelenlegi tulajdonos eladhatja, vagy bérbe adhatja a lakásokat. Ha a lakásban lakó jelenlegi potenciális, feltételezett bérlők, vagy esetleges új tulajdonosok elutaznak, vagy valamilyen egyéb okból nem használják a lakást, azonnal fennáll annak lehetősége, hogy a lakást teljesen fűtetlenül hagyják. Ebben az esetben a lakás a teljes fűtést a határoló lakásoktól, illetve, a rajta áthaladó csövektől kapja.
- Ha nem számolunk ilyen szélső esettel, akkor is kap bizonyos hőáramot az átalakított („leválasztott fűtésű”) lakás:
  - folyamatosan a lakáson áthaladó csövektől és
  - időszakosan a határoló lakásoktól, de
  - az egyébként fűtött közös helyiségektől is.

E fűtési rendszereket tehát általánosságban nem lehet (igen kevés kivételtől eltekintve) függetleníteni. Azt is szükséges itt megjegyeznünk, hogy tökéletes hőszigetelés nincs, a szigetelési hatásfok  $\Phi 20$  mm cső esetén a legjobb esetben is csak kb. 80% körül mozog. (Ez azt jelenti, hogy a szigetelt cső hőleadása egyenlő a szigeteletlen csővezeték hőleadásának  $100-80=20\%$ -ával (ld. kötetünk „Csővezetékek szigetelése” c. fejezetét).

- Egycsöves fűtésnél a felső elosztó vezeték lehülése döntően befolyásolja a rákapcsolt függőleges rendszerrel ellátott hőleadók működését. Méretezési ellenőrzés nélkül elvileg ezt az elosztó vezetékét áthelyezni, átalakítani nem szabad. Más kérdés, hogy egyes esetekben esetleg a különféle hatások (padlástér szigetelése, a vezeték szigetelésének megváltoztatása) kompenzálják egymást, valamint a szinte mindig fennálló túlméretezés

miatt nem jelentkezik gond a belső hőmérséklettel kapcsolatban a gyakorlat során, de a műszaki tartalom miatt az eljárás elvileg nem megengedhető.

- Ahogy ezt kötetünkben több fejezetben is hangsúlyoztuk, a távhőszolgáltatás, de egyetlen épület központi fűtése is rendszer. E rendszer egyensúlyát elvileg akkor is megbontjuk, ha adott esetben az elosztó vezeték átalakítása semmiféle gyakorlati gondot, problémát nem okoz, sőt észre sem lehet venni. Ezt sugallja az is, hogy egy társasház központi fűtése közös tulajdon, attól függetlenül, hogy melyik rész, vagy elem kinek a lakásában van. Mindezek miatt e rendszer egységét csak műszakilag egységes megoldással, a rendszer teljes műszaki áttekintésével lehet megoldani, nem lehet egyéni eljárást alkalmazni, és ezt a tényt jogi-financiális beleegyezésekkel (például a tulajdonos-vagy bérlőtársak aláírása) nehéz megvédeni, vagy áthidalni.
- A fogyasztó minden esetben szerződést köt a szolgáltatóval. E szerződés szabályozza a távhőszolgáltatás körülményeit és feltételeit. A mindkét fél által aláírt szerződés fent idézett törvény értelmében kimondja, hogy: „A Szolgáltató előzetes hozzájárulásával szabad új fogyasztói berendezést – a Fogyasztó által beszerzett és tulajdonát képező mérő-eszköz kivételével – létesíteni, meglévő berendezést áthelyezni, átalakítani, vagy megszüntetni. Az új, az áthelyezett, az átalakított vagy a bővített fogyasztói berendezés csak a Szolgáltató hozzájárulásával helyezhető üzembe.”
- Bármilyen jóhiszeműen is járt el tehát az átalakító, („leválasztó”), általában mégis megszegi a szolgáltatóval megkötött szerződését.
- Panelépület esetében gyakorlatilag nincs belső hőszigetelés. Ennek eredménye a helyiségek közötti hőmérsékletkülönbség esetén az igen nagymértékű belső hőáramlás. Ezen épületek eredeti tervezése szerint belső hőáramlás lényegében nincs, a fűtés célja az időben és térben azonos, állandó egyenletes belső hőmérséklet tartása. Itt kell megemlítenem, hogy a 253/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet (OTÉK) 78.§ (2) bekezdésében előírja, hogy házigyári panelos szerkezetű, középmagas és magas épületben helyiségenkénti vagy önálló rendeltetési egységenkénti fűtőberendezés csak tartalék fűtés céljára létesíthető.
- Feltétlenül szükséges annak a fizikai ténynek egyértelmű rögzítése, hogy a „kikapcsolás” abban az értelemben, amit ez a szó sugall, nevezetesen a fűtési energiaáram teljes megszüntetése műszakilag nem valósítható meg – eltekintve attól az egyetlen esettől, hogy egy komplett építmény teljes egészének az energiaellátását szüntetik meg.
- Fontos jogi érv továbbá, hogy a közvetlen rendszerű távhőszolgáltató rendszer minden alkotóeleme a lakóközösség közös tulajdonát képezi, nem része az öröklakásnak, így tehát felszálló, bekötővezeték, stb. nem szigetelhető, nem szüntethető meg, radiátorokat nem lehet leszerelni.

Az irodalomjegyzékben felsorolt szakvéleményekben mindezeket számításokkal is igazoltuk. Ezen felül az utóbbi évek kutató-fejlesztő munkája is azt igazolja, hogy nincs más út, mint

- a fűtési rendszerek szabályozhatóvá tétele,
- a fogyasztás szerinti mérés megvalósítása,
- a fegyelmezett, ellenőrzött üzemmenet megvalósítása és
- ugyanakkor bizonyos mértékű „hőkút” biztosítása.

Ez utóbbi azt jelenti, hogy a hőközpontban minden külső hőmérsékletnél kissé nagyobb teljesítményt kell biztosítani, mint amivel éppen csak hogy az előírt 20 °C belső hőmérséklet biztosítható. Ha ugyanis a fogyasztó szabályoz és fogyasztás szerint mér, akkor adott esetben azt is megkívánhatja, hogy például 24 °C-ot is biztosíthasson egyes esetekben a tulajdonában lévő, vagy általa bérelt lakásban.

Mindezzel lényegében ki is jelöltük az utat a távhőszolgáltatás megmentésére. Ha hasonló feladat megoldásának szükségességével találkozunk, lapozzunk vissza e kötet megfelelő fejezeteihez. Magunk azon igyekeztünk, hogy az olvasó könyvünk forgatása során lehetőleg minden felmerülő kérdésére választ kapjon.

## Irodalom

- [1] Bakoss, G. – Zsebik, A.:  
*A lakossági energiafelhasználás növelésének környezeti hatásai*  
Energiahatékonyság, energiapiac és környezetvédelem az ezredfordulón  
Proceedings Nemzetközi Konferencia, Eger, 1999.
- [2] Bánhidi L. – Csoknyai I.:  
*Távfütt lakások részleges fűtés kikapcsolásának következményei*  
Tanulmány, 1996.
- [3] Bertók T.:  
*Kapcsolt hő-és villamosenergia-termelés gázmotorokkal*  
Energiahatékonysági és Energetikai Környezetvédelmi Ügynökség Kht.  
kiadványa „Csináljuk jól” sorozat füzetek
- [4] Billiard, F.:  
*The Kyoto Protokol: What are its Consequences in the Field of Refrigeration and Air Conditioning?*  
International Congress on Heating and Air Conditioning of Buildings  
Sithok-Maribor, Proceedings, 1998.
- [5] Böhm, B.:  
*Heat Losses from Buried District Heating Pipes.* Doktori értekezés  
Dán Műszaki Egyetem, 1997.
- [6] Brown, M. (Szerk.):  
*Cogeneration and On-Site Power Production*  
James and James Science Publishers London a 2000-2001. év kiadványai
- [7] BUDERUS  
*Handbuch für Heizungstechnik* (33. Auflage)  
Beuth Verlag GmbH, Berlin-Wien-Zürich, 1994.
- [8] Büki, G.:  
*Energetika*  
Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1997.
- [9] Csoknyai, I.:  
*Egyéni fogyasztók központos hőellátásból való kizárásának következményei.*  
Műszaki szakértés  
Dunaqua-therm Rt., 1998.
- [10] Fazekas, A. I.:  
*Kapcsolt hő-és villamosenergia termelés korszerű kérdései*  
Energiaüzemeltetés (Az Energiaüzemeltetési Tudományos Egyesület szakfolyóirata)  
2000. június hó
- [11] Fox, U.:  
*Alapvető épületgépészeti számítások*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985.

- [12] Garbai, L. – Halász, Gyné:  
*Valószínűség számítás és matematikai statisztikai módszerek alkalmazása a fűtéstechikában*  
Magyar Épületgépészet XLIX. évf. 7. szám p. 3–7.
- [13] Garbai, L.:  
*Lakások központi fűtésből és távhőellátásból való kikapcsolásának következményei*  
Tanulmány, 1997.
- [14] Garbai, L.:  
*Magyarországi lakóépületek fűtésének helyzete és az energiafelhasználás hatékonysága*  
Energiagazdálkodás (Az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület szakfolyóirata)  
2000. április hó
- [15] Gruber, J. – Blahó, M.:  
*Folyadékok mechanikája*  
Tankönyvkiadó, Budapest, 1963.
- [16] Halász, Gyné, – Kónya, T. – Csiha, A.:  
*Nyíregyháza város távhőellátása, kapcsolata más energiarendszerekkel*  
Jelen és a lehetséges jövőképek  
Fűtés- és Légtechnikai Konferencia, Budapest, 1997.
- [17] Halász, Gyné:  
*Táv hőellátó rendszerek vizsgálata matematikai modellek alkalmazásával, különös tekintettel a fűtési fogyasztói hálózatok optimális szabályozásának kérdéseire*  
Doktori értekezés tézisei, Budapest, 2000.
- [18] Homonnay, Gyné:  
*Szakvélemény a Dunaujvárosi Városi Bíróságon*  
4.P.21383/97 szám alatt folyó perben
- [19] Homonnay, Gyné:  
*Szakvélemény a Kiskunfélegyházi Városi Bíróságon*  
5.P.20.461/1998 szám alatt folyó perben
- [20] Homonnay, Gyné – Csiha A. – Szilágyi S. – Halász Gyné:  
*A Fényes udvari lakótelep távfűtéses épületeinek fűtés korszerűsítése*  
Tanulmány, Debrecen, 1996.
- [21] Homonnay, Gyné – Csiha, A.:  
*Siklós város távhőellátása*  
Szakvélemény, 2000.
- [22] Homonnay, G. – Hoffmann, A.:  
*Wärmeverluste von Fernheiznetzen bei periodischen Temperaturänderungen*  
HLH 22. (1971) Nr. 12.
- [23] Homonnay, G.:  
*Fernheizungen*  
Verlag C.F. Müller, Karlsruhe, 1977.

- [24] Homonnay, G.:  
*Heat Losses from Buried District Heating Pipes*  
Doktori értekezés bírálata, Dán Műszaki Egyetem, 1998.
- [25] Homonnay, G.:  
*Heating and District Heating on the Threshold of year 2000.*  
Gépészet '98 Proceedings Volume 2. 1998.
- [26] Homonnay, G.:  
*Modelling the History of District Heating*  
*District Heating and Cooling Simulation*  
International Symposium Reykjavik, Proceedings, 1997.
- [27] Homonnay, G.:  
*The Development of Heating and District Heating from the early Ages to their Present Importance*  
ICOHTEC Conference, Budapest, 1996.
- [28] Homonnay, G. – Halász, E. – Csiha, A.:  
*The Present and Possible Perspective of Hungarian District Heating*  
International Congress on Heating and Air Conditioning of Buildings.  
Sithok-Maribor Proceedings, 1997.
- [29] Homonnay, Gyné:  
*Szakvélemény a Budapesti Központi Kerületi Bíróságon*  
25.P.91362/97 szám alatt folyó perben
- [30] Homonnay, Gyné:  
*Szakvélemény a Dunakeszi Városi Bíróságon*  
20.072/1999. szám alatt folyó perben
- [31] Homonnay, Gyné:  
*Szakvélemény a Dunakeszi Városi Bíróságon*  
20.256/1999. szám alatt folyó perben
- [32] Homonnay, Gyné:  
*Szakvélemény a Szegedi Városi Bíróságon*  
22.P.20.383/1996. szám alatt folyó perben
- [33] Homonnay, Gyné:  
*Távhőellátás I-II. Főiskolai jegyzet*  
Pollack Mihály Műszaki Főiskola, Pécs, 1988.
- [34] Homonnay, Gyné – Csiha, A. – Szilágyi, S. – Kónya, T. – Halász, Gyné:  
*Tanulmány készítése Nyíregyháza város energiakoncepció kidolgozásához*  
Debrecen, 1997.
- [35] Homonnay, Gyné – Molnár, Z.:  
*Fűtéstechnika*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.

- [36] Kiss, R. (főszerk.):  
*Táv hőellátási zsebkönyv*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1977.
- [37] Korach, M.:  
*Táv hőellátási hálózatok magas- és mélyépítése*  
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978.
- [38] Lepp, I.:  
*Energy in Finland*  
ETY-Lehnder Oy, Helsinki, 1999.
- [39] Schramek, E. R. (Recknagel-Sprenger):  
*Taschenbuch für Heizung+Klimatechnik 2000* (69. Auflage)  
R. Oldenbourg Verlag, München-Wien, 1999.
- [40] SPIRAX-SARCO GmbH:  
*A gőz és kondenztechnológia alapjai*  
Levelező tanfolyam kiadványa, Konstanz, 1990.
- [41] Stróbl, A.:  
*A kapcsolt energiatermelés jelene és jövője Magyarországon*  
Energiagazdálkodás (Az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület szakfolyóirata)  
2000. június hó
- [42] Táv hő törvény.  
Az 1998. évi XVIII. törvény a távhőszolgáltatásról, egységes szerkezetben a végrehajtásra kiadott 1/1999. (I.1.) Korm. rendelettel  
Lezárva: 2000. október 31.
- [43] Zöld, A.:  
*A fűtési szolgáltatás szüneteltetésének és kikapcsolásának műszaki következményei*  
Tanulmány, 1997.
- [44] *Hőellátás energetikai mutatóinak meghatározása* MI-09-85.0013:1988  
Ipai Minisztérium Műszaki Irányelvek G-24 (Ma nincs érvényben!)
- [45] *Táv hőellátás adatai* MI-09-85.0019:1989  
Műszaki irányelvek G-24 (Ma nincs érvényben!)
- [46] *Táv hőellátási rendszertervek tartalmi követelményei*  
MSZ-09-85.0010:1986  
Ipai Ágazati Szabvány G-24 (Ma nincs érvényben!)
- [47] *Táv hőrendszer nyomástartása*  
MI-09-85.0002:1986  
Műszaki Irányelvek G-24 (Ma nincs érvényben!)
- [48] *Forróvíz hőhordozójú távhőrendszerek biztonságtechnikai követelményei*  
MSZ-09-0011:1988  
Ipai Ágazati Szabvány G-24 (Ma is kötelező erejű!)

- 
- [49] *Erőművek rendszerstruktúrájának, bemenő és kilépő energiáinak meghatározása.*  
*Gőzközegű erőművek* MI-09-85.0014/1:1988  
Ipari Minisztérium Műszaki Irányelvek G-24 (Jelenleg nincs érvényben!)
- [50] *Táv hővezetékek védelmi rendszerei*  
*Mélyvezetősű távhálózatok korrózióvédelme* MI-09-85.0006/3:1989  
Műszaki Irányelvek G-24 (Jelenleg nincs érvényben!)
- [51] *Táv hőhálózatok létesítése. Táv hővezetés vasbeton védőcsatornában*  
MI-09-85.0012/2:1989  
Műszaki Irányelvek G-24 (Jelenleg nincs érvényben!)
- [52] *Táv hővezetékek védelmi rendszerei*  
*Hővédelem* MSZ-09.85-0006/1:86  
Ipari Ágazati Szabvány G-24 (Jelenleg nincs érvényben!)
- [53] *Forróvíz távfűtések névleges jellemzőinek meghatározása*  
MSZ-09-85.0007:1986  
Ipari Ágazati Szabvány G-24 (Jelenleg nincs érvényben!)
- [54] *Forróvíz távfűtések névleges hőterhelésének meghatározása*  
MSZ-09-85.0008:1986  
Ipari Ágazati Szabvány G-24 (Jelenleg nincs érvényben!)



## A fűtéstechnika területét érintő fontosabb szabványok

### Általános szabványok

<i>Jelzet</i>	<i>Cím</i>
MSZ EN ISO 12241:1999	Épületekben és ipari létesítményekben lévő csövek, csatornák és más berendezések hőszigetelése. Számítási szabályok (ISO 12241:1998)
MSZ ISO 4067-1:1998	Műszaki rajzok. Rendszerek. 1. rész: A vízellátás, a fűtés, a szellőzés és a vízelvezetés rajzjelei
MSZ EN 1443:2001	Égéstermék-elvezető berendezések. Általános követelmények
MSZ EN 1457:2001	Égéstermék-elvezető berendezések. Kerámia béléscsövek.
MSZ EN 1859:2001	Követelmények és vizsgálatok
MSZ EN 1859:2001	Égéstermék-elvezető berendezések. Fém égéstermék-elvezető berendezések. Vizsgálati módszerek.
MSZ 261-1,2,3:1984	Csőtartó szerkezetek. -1: Általános előírások, -2: Kengyelek, -3: U alátámasztás
MSZ 261-4:1985	Csőtartó szerkezetek. Csőbilincs egy és két füllel
MSZ 261-5:1986	Csőtartó szerkezetek. Kettős csőbilincs
MSZ 261-6, 7, 8:1988	Csőtartó szerkezetek. -6: Függesztő csőbilincs, -7: Csőbilincs kétszáras felfüggesztéshez, -8: Függesztő gerenda
MSZ 11423-4:1986	Gázfűtőkészülékek. Szivattyús vízmelegítő fűtésre
MSZ 12623:1985	Gáz- és olajtüzelésű berendezések kezelési osztályba sorolása
MSZ 12627:1984	Gáz- és olajtüzelésű berendezések tetőtéri telepítése
MSZ 14181:1985	Léghevítők vizsgálata
MSZ 21875-2:1990	Munkahelyek fűtésének és szellőztetésének munkavédelmi követelményei. A szennyező anyagok eltávolítása a munkahelyi légtérből
MSZ-04-140-3:1987	Épületek és épülethatároló szerkezetek hőtechnikai számításai. Fűtési hőszükségletszámítás
MSZ-13-180:1991	Fűtési és melegvíz keringető szivattyúk zajteljesítmény-szintjének és rezgésebbesség-szintjének laboratóriumi vizsgálata és statisztikai értékelése

### ICS 91.140.10

### Központi fűtési rendszerek

MSZ EN 215-1:1992	Termosztatikus radiátorszelepek műszaki követelményei és vizsgálata
MSZ EN 297:1997, MSZ EN 297:1994/A5:2000	Gáztüzelésű központi fűtési kazánok. B11 és B11BS típusú, legfeljebb 70 kW névleges hőteljesítményű, atmoszférikus égőkkel felszerelt kazánok
MSZ EN 303-1:2000	Fűtőkazánok. 1. rész: Blokkégős fűtőkazánok. Fogalom-meghatározások, általános követelmények, vizsgálatok és megjelölés
MSZ EN 303-2:2000	Fűtőkazánok. 2. rész: Blokkégős fűtőkazánok. Porlasztásos olajégővel felszerelt kazánok egyedi követelményei

MSZ EN 303-3:2000	Fűtőkazánok. 3. rész: Gáztüzelésű központi fűtési kazánok. Kazántest blokkégővel
MSZ EN 303-4:2000	Fűtőkazánok. 4. rész: Blokkégős fűtőkazánok. A legfeljebb 70 kW leadott teljesítményű, 3 bar legnagyobb nyomású blokkégőkkel felszerelt kazánok egyedi követelményei. Fogalommeghatározások, egyedi követelmények, vizsgálatok és megjelölés
MSZ EN 303-5:2000	Fűtőkazánok. 5. rész: Szilárd tüzelőanyagokkal üzemelő, kézi és automatikus betáplálású, legfeljebb 300 kW leadott névleges hőteljesítményű fűtőkazánok. Fogalommeghatározások, követelmények, vizsgálatok és megjelölés
MSZ EN 303-6:2000	Fűtőkazánok. 6. rész: Blokkégős fűtőkazánok. A legfeljebb 70 kW hőteljesítményű, porlasztásos olajégőkkel felszerelt, kombinált üzemű, háztartási meleg vizet előállító kazánok egyedi követelményei
MSZ EN 304:1994 (MSZ EN 304:1992/A1:2000)	Fűtőkazánok. Olajporlasztásos égővel ellátott fűtőkazánok vizsgálata
MSZ EN 442-1:1998	Radiátorok és konvektorok. 1. rész: Műszaki előírások és követelmények
MSZ EN 442-2:1998 (MSZ EN 442-2:1996/A1:2000)	Radiátorok és konvektorok. 2. rész: Vizsgálatok és teljesítményadatok
MSZ EN 442-3:1998	Radiátorok és konvektorok. 3. rész: A konformitás értékelése
MSZ EN 483:2000 (MSZ EN 483:1999/A2:2001)	Gáztüzelésű központi fűtési kazánok. C típusú, legfeljebb 70 kW névleges hőterhelésű fűtőkazánok
MSZ EN 488:1998	Földbe fektetett távhőhálózatok gyárilag szigetelt, kötött köpenyű csőrendszerei. Poliuretán hőszigetelésű és polietilén külső köpenyű acél haszoncsövek előreszigetelt elzáró szerelvényei
MSZ EN 489:1998	Földbe fektetett távhőhálózatok gyárilag szigetelt, kötött köpenyű csőrendszerei. Poliuretán hőszigetelésű és polietilén külső köpenyű acél haszoncsövek csökötései
MSZ EN 525:2001	Gáztüzelésű, legfeljebb 300 kW hőterhelésű, közvetlen tüzelésű, kényszerkonvekciós, nem háztartási, léghevítő készülékek helyiségek fűtésére
MSZ EN 625:1998	Gáztüzelésű központi fűtési kazánok. Különleges követelmények a legfeljebb 70 kW hőterhelésű meleg vizes kombinált kazánok üzemeltetésére
MSZ EN 656:2000	Gáztüzelésű központi fűtési kazánok. B típusú, legalább 70 kW, de legfeljebb 300 kW névleges hőterhelésű fűtőkazánok
MSZ EN 677:2000	Gáztüzelésű kazánok. A legfeljebb 70 kW névleges hőterhelésű kondenzációs kazánok különleges követelményei
MSZ EN 832:1999	Épületek hővédelme. A fűtési energiaszükséglet számítása. Lakóépületek
MSZ EN 834:2000	Fűtési költségelosztók a helyiségfűtő radiátorok hőfogyasztásának meghatározásához. Villamos hálózatról táplált készülékek
MSZ EN 835:2000	Fűtési költségelosztók a helyiségfűtő radiátorok hőfogyasztásának meghatározásához. A párolgáshő alapján működő, nem villamos hálózatról táplált készülékek
MSZ EN 1148:2000	Hőcserélők. A távfűtés víz-víz hőcserélői. Vizsgálati eljárások a teljesítményadatok meghatározására
MSZ ENV 12977-3:2001	Termikus napenergia-hasznosító rendszerek és részegységeik. Öntevékeny kivitelezésű rendszerek. 3. rész: A napenergia-hasznosító rendszerek tárolóedényei műszaki adatainak meghatározása

MSZ EN 50165:2000	Nem villamos háztartási és hasonló jellegű készülékek villamos berendezései. Biztonsági követelmények
MSZ EN 60335-2-73:1998	Háztartási és hasonló jellegű villamos készülékek biztonsága. 2. rész: Rögzített merülőforralók egyedi előírásai (IEC 335-2-73:1994, módosítva)
MSZ EN 60335-2-88:2000	Háztartási és hasonló jellegű villamos készülékek biztonsága. 2. rész: Fűtő-, szellőző- vagy légkondicionáló rendszerekben használatos légnedvesítők egyedi előírásai (IEC 60335-2-88:1997)
MSZ 7400-6:1980	Kazánok és nyomástartó edények biztonsági szerelvényei. Nyomástartó edények folyadékszintjelzői
MSZ-09-85.0011:1988	Forróvíz hőhordozójú távhőrendszerek biztonságtechnikai követelményei
MSZ-09-85.0021:1989	Kényszeráramlású forróvízkazánok távhőrendszerei alkalmazásának követelményei
MSZ EN 12098-1:2000	Fűtési rendszerek szabályozása. 1. rész: Külsőhőmérséklet-szabályozású felszerelés meleg vizes fűtési rendszerekhez
MSZ EN 12599:2000	Épületek szellőztetése. Vizsgálati és mérési módszerek beszerelt szellőztetési és légkondicionálási rendszerek átvételéhez
MSZ 7400-5:1988	Kazánok és nyomástartó edények biztonsági szerelvényei. Gőz- és forróvíz-kazánok vízállásmutatói
<b>ICS 91.140.40</b>	<b>Gázellátó rendszerek</b>
MSZ EN 437:1999 (MSZ EN 437:1993/A2:2000)	Vizsgálógázok. Vizsgálónyomások. Készülékkategóriák
MSZ EN 449:1999	Cseppfolyósított gázzal üzemelő készülékek előírásai. Égéstermék-elvezetés nélküli háztartási helyiségfűtő készülékek (beleértve a diffúziós katalitikus égésű fűtőkészüléket)
MSZ EN 1359:2001	Gázmérők. Membrános gázmérők
MSZ CR 1749:2001	A gázkészülékek égéstermék-elvezetési módszer (típusok) szerinti osztályozásának európai rendszere
MSZ 7048-1:1983	Körzeti gázellátó rendszerek. Fogalommeghatározások, csoportosítás, általános követelmények
MSZ 7048-2:1983	Körzeti gázellátó rendszerek. Fogyasztói és csatlakozóvezetékek
MSZ 7048-3:1983	Körzeti gázellátó rendszerek. Elosztóvezetékek védőtávolságai
MSZ 7050-1:1986	Gázüzemű berendezések létesítése. Elgőzölögtető berendezés telepítése
MSZ 7050-5:1985	Gázüzemű berendezések létesítése. Kistartályos gázellátás
MSZ 11414-1:1984	Gázelosztáshoz tartozó berendezések. Éktolózárok beépítési követelményei
MSZ 11414-4:1980	Gázelosztáshoz tartozó berendezések. Rugós gömbszelep
MSZ 11414-3:1987	Gázelosztáshoz tartozó berendezések. Vízugyjtők és vízzsákak
MSZ 11418-1:1982	Gáz- és olajtűzelésű berendezések szerelvényei. Nyomáskapcsoló
MSZ 11418-2:1982	Gáz- és olajtűzelésű berendezések szerelvényei. Hőmérséklet-kapcsoló
MSZ 11425-2:1982	Ipari gázellátó rendszerek. Gázvezetékek és szerelvények követelményei és vizsgálata
MSZ 11425-3:1982	Ipari gázellátó rendszerek. Biztonsági és szabályozó-berendezések követelményei
MSZ-09-96.0128:1983	Gázellátás szerelvényei. Hőmérséklet-határolók
MSZ-09-96.0161:1990	Gázüzemű berendezések. Párhuzamosan kapcsolt, állópalackos rendszerű, pébégáz ellátórendszer

**ICS 23.020.10**

MSZ EN 976-1:2000

**Helyhez kötött konténerek és tartályok**

Föld alatti, üvegszál erősítésű műanyag (GRP) tartályok. Fekvő, hengeres tartályok köolajalapú folyékony üzemanyagok atmoszférikus tárolására.

MSZ EN 976-2:2001

1. rész: Szimpla falú tartályok követelményei és vizsgálati módszerei  
Föld alatti, üvegszál erősítésű műanyag (GRP) tartályok. Fekvő, hengeres tartályok köolajalapú folyékony üzemanyagok atmoszférikus tárolására.

MSZ EN 977:2001

2. rész: Szimpla falú tartályok szállítása, kezelése, tárolása és telepítése  
Föld alatti, üvegszál erősítésű műanyag (GRP) tartályok. Az egyik oldalán folyadékkal érintkező tartályfal vizsgálati módszere

MSZ EN 978:2001

Föld alatti, üvegszál erősítésű műanyag (GRP) tartályok. Az alfa és a béta tényezők meghatározása

MSZ ENV 1993-4-2:2000

Eurocode 3: Acélszerkezetek tervezése. 4-2. rész: Silók, tartályok és csővezetékek. Tartályok

MSZ EN 13081:2001

Szállítótartályok veszélyes anyagokállítására. A szállítótartályok szerelvényei. A helyhez kötött tartály és a szállítótartály gázvezeték-csatlakozói

MSZ EN 13082:2001

Szállítótartályok veszélyes anyagokállítására. A szállítótartályok szerelvényei. Gázlefejtő szelep

MSZ 9909-1:1993

Fekvő, hengeres acéltartályok éghető folyadékok és olvadékok tárolására. Szimpla és dupla falú föld alatti tartályok

MSZ 9909-2:1994

Fekvő, hengeres acéltartályok éghető folyadékok és olvadékok tárolására. Szimpla és dupla falú föld feletti tartályok

MSZ 9909-3:1998

Fekvő, hengeres acéltartályok éghető folyadékok és olvadékok tárolására. Szerelvények, tartozékok, elhelyezés és telepítés

MSZ 9909-4:1998

Fekvő, hengeres acéltartályok éghető folyadékok és olvadékok tárolására. Tartályvizsgálat

MSZ 9910:1988

Föld feletti, álló, hengeres, merevtetős acéltartály éghető folyadékok és olvadékok tárolására

MSZ 9910-2:1993

Föld feletti, álló, hengeres acéltartályok éghető folyadékok és olvadékok tárolására. Szerelvényezési, biztonságtechnikai és környezetvédelmi előírások

MSZ 9910-3:1998

Föld feletti, álló, hengeres acéltartályok éghető folyadékok és olvadékok tárolására. Időszakos ellenőrző vizsgálat

**23.040.01**

MSZ EN 1333:2000

**Csővezetékek és elemeik általában**

Csővezetékek elemei. A PN fogalom-meghatározása és kiválasztása

MSZ EN ISO 6708:2000

Csővezetékek elemei. A DN (névleges átmérő) fogalom-meghatározása és kiválasztása (ISO 6708:1995)

**Nemzetközi szabványok**

MSZ EN 26553:1992

A kondenzvíz-leválasztók megjelölése

MSZ EN 26554:1992

Karimás kondenzvíz-leválasztók építési hosszúsága

MSZ EN 26704:1993

A kondenzvíz-leválasztók osztályozása

MSZ EN 26948:1992

A kondenzvíz-leválasztók gyártásának és működési jellemzőinek vizsgálata

MSZ EN 27841:1994

Vizsgálati módszerek a kondenzvíz-leválasztók gőzvesztességének meghatározására

MSZ EN 27842:1994

Vizsgálati módszerek a kondenzvíz-leválasztók áramlásának meghatározására

**Regionális (európai) szabványok**

MSZ EN 19:1994	Az ipari szerelvények megjelölése
MSZ EN 88:1994; MSZ EN 88:1991/A1:1999	Nyomásszabályozó gázkészülékekhez 200 mbar bemenő nyomásig
MSZ EN 126:1999	Kombinált gázszelep gáztüzelésű berendezésekhez
MSZ EN 161:1994; MSZ EN 161:1991/A1:2000, MSZ EN 161:1991/A2:2000	Automatikus elzárószelepek gázégőkhöz és gázkészülékekhez
MSZ EN 331:2000	Kézi működtetésű gömbcsapok és zárt házú kúpos csapok épületek gázvezeték-szereléséhez
MSZ EN 334:2001	Gáznyomás-szabályozók 100 bar bemenő oldali nyomásig
MSZ EN 558-1:1998	Ipari csőszerelvények. Fémszerelvények építési hosszúsága karimás csővezetékrendszerekbe való beépítésre. 1. rész: PN-jelölésű szerelvények
MSZ EN 558-2:1998	Ipari csőszerelvények. Fémszerelvények építési hosszúsága karimás csővezetékrendszerekbe való beépítésre. 2. rész: Osztály szerinti jelölésű szerelvények
MSZ EN 593:2000	Ipari csőszerelvények. Fém pillangószelepek
MSZ EN 736-1:2000	Csőszerelvények. Szakkifejezések. 1. rész: A szerelvénytípusok fogalom-meghatározásai
MSZ EN 736-2:2000	Csőszerelvények. Szakkifejezések. 2. rész: A szerelvények elemeinek fogalom-meghatározásai
MSZ EN 736-3:2000	Csőszerelvények. Szakkifejezések. 3. rész: Fogalommeghatározások
MSZ EN 13611:2000	Biztonsági és szabályozóeszközök gázégőkhöz és gázkészülékekhez. Általános követelmények
MSZ EN 1854:2000	Gázégők és gázkészülékek nyomásérzékelő eszközei
MSZ EN 1984:2000	Ipari csőszerelvények. Acél tololárazak
MSZ ENV 1954:1999	Gázkészülékek biztonsági elektronikus egységeinek viselkedése belső és/külső zavarok hatására
MSZ EN 12067-1:2000	A gáz-levegő arány szabályozói gázégőkhöz és gázkészülékekhez. 1. rész: Pneumatikus típusok
MSZ EN 12078:2000	Nullanyomás-szabályozó gázégőkhöz és gázkészülékekhez
MSZ EN 12334:2001	Ipari csőszerelvények. Öntöttvas visszacsapó szelepek
MSZ EN 12351:2000	Ipari csőszerelvények. Karimás csőszerelvények védőkupakjai
MSZ EN 12567:2000	Ipari csőszerelvények. Zárószerelvények cseppfolyósított földgázhoz. Megfelelőséget és alkalmasságot igazoló vizsgálatok
MSZ EN 12569:2000	Ipari csőszerelvények. Vegyipari és petrokémiai csőszerelvények. Követelmények és vizsgálatok
MSZ EN 12570:2000	Ipari csőszerelvények. A működtetőelem méret-meghatározásának módszere
MSZ EN 12627:2000	Ipari csőszerelvények. Acélszerelvények tompakötésű hegesztőtoldatai
MSZ EN 12760:2000	Csőszerelvények. Acélszerelvények hegesztőtokes toldatai
MSZ EN 12982:2000	Ipari csőszerelvények. Tompakötéssel beheszeszhető szerelvények méretei

**1990 után megjelent nemzeti szabvány**

MSZ 1688:1992	Termosztatikus radiátorszelepek csatlakozó méretei, anyagai, megjelölése és megnevezése
---------------	---

<b>ICS 97.100</b>	<b>Háztartási, és nem háztartási, kereskedelmi és ipari fűtőkészülékek</b>
MSZ EN 1:2000	Kéménybe köthető olajkályhák elpárologtató égővel
MSZ EN 416-1:2000; MSZ EN 416-1:1999/A1:2001; MSZ EN 416-1:1999/A2:2001	Gáztüzelésű, egyégős, felülről sugárzó, csöves fűtőkészülékek. 1. rész: Biztonság
MSZ EN 419-1:2000; MSZ EN 419-1:1999 /A1:2001, MSZ EN 419-1:1999 /A2:2001	Gáztüzelésű, nem háztartási, felülről sugárzó, világító fűtőkészülékek. 1. rész: Biztonság
MSZ EN 461:2000	Cseppfolyósított gázzal üzemelő készülékek előírásai. Égéstermék-elvezetés nélküli, legfeljebb 10 kW fűtőtéljesítményű nem háztartási légfűtők
MSZ EN 613:2001	Egyedi, gáztüzelésű, konvekciós fűtőkészülékek
MSZ EN 621:2001	Gáztüzelésű, legfeljebb 300 kW hőterhelésű, kényszerkonvekciós, nem háztartási, léghevítő készülékek atmoszférikus gázégővel és/vagy természetes égéstermék-elvezetéssel, helyiségek fűtésére
MSZ EN 624:2000	Propán-bután gázzal üzemelő készülékek előírásai. Propán-bután gázzal üzemelő helyiségfűtő berendezés járművek és hajók szigetelt légtereibe való beszerelése
MSZ EN 777-1:2000; MSZ EN 777-1:1999/A1:2001, MSZ EN 777-1:1999/A2:2001	Gáztüzelésű, többégős, felülről sugárzó, csöves sötétsugárzó-rendszerek nem háztartási célra. 1. rész: D rendszer, biztonság
MSZ EN 777-2:2000; MSZ EN 777-2:1999/A1:2001; MSZ EN 777-2:1999/A2:2001	Gáztüzelésű, többégős, felülről sugárzó, csöves sötétsugárzó-rendszerek nem háztartási célra. 2. rész: E rendszer, biztonság
MSZ EN 777-3:2000; MSZ EN 777-3:1999/A1:2001; MSZ EN 777-3:1999/A2:2001	Gáztüzelésű, többégős, felülről sugárzó, csöves sötétsugárzó-rendszerek nem háztartási célra. 3. rész: F rendszer, biztonság
MSZ EN 777-4:2000; MSZ EN 777-4:1999/A1:2001; MSZ EN 777-4:1999/A2:2001	Gáztüzelésű, többégős, felülről sugárzó, csöves sötétsugárzó-rendszerek nem háztartási célra. 4. rész: H rendszer, biztonság
MSZ EN 778:2000	Legfeljebb 70 kW hőterhelésű, gáztüzelésű, kényszerkonvekciós, háztartási léghevítő készülékek természetes égéslevegő-ellátással és/vagy égéstermék-eltávolítással
MSZ EN 1020:2000	Legfeljebb 300 kW hőterhelésű, gáztüzelésű, kényszerkonvekciós, nem háztartási léghevítő készülékek kényszer-égéslevegőellátással és/vagy – égéstermék eltávolítással
MSZ EN 1196:2000	Háztartási és nem háztartási, gáztüzelésű léghevítők. A kondenzációs léghevítők kiegészítő követelményei
MSZ ENV 1259-1:1998	Egyégős gázüzemű, fej feletti, sugárzó fűtőcsövek és nem háztartási, gázüzemű, fej feletti világító hősugárzók. 1. rész: Követelmények és vizsgálati módszerek a takarékos energiafelhasználáshoz. Radiometriás A-módszer
MSZ ENV 1259-2:1998	Egyégős gázüzemű, fej feletti, sugárzó fűtőcsövek és nem háztartási, gázüzemű, fej feletti világító hősugárzók. 2. rész: Követelmények és vizsgálati módszerek az energiafelhasználáshoz. Radiometriás B-módszer
MSZ ENV 1259-3:1998	Egyégős gázüzemű, fej feletti, sugárzó fűtőcsövek és nem háztartási, gázüzemű, fej feletti világító hősugárzók. 3. rész: Követelmények és vizsgálati módszerek az energiafelhasználáshoz. Radiometriás C-módszer

MSZ EN 1319:2000	Gáztüzelésű, kényszerkonvekciós, legfeljebb 70 kW nettó hőterhelésű, háztartási helyiségfűtők légbefúvással, ventilátoros égőkkel
MSZ EN 1596:2001	Cseppfolyósított szénhidrogéngázzal üzemelő készülékek előírásai. Helyhez nem kötött, hordozható, nem háztartási, kényszerkonvekciós, közvetlen tüzelésű léghevítő készülékek
MSZ EN 12669:2000	Közvetlen gáztüzelésű hőlégfűvők növényházi és nem háztartási helyiségek pótűtéséhez
MSZ EN 13410:2001	Gáztüzelésű, felülről sugárzó fűtőkészülékek. Szellőztetési követelmények a nem háztartási alkalmazáshoz
MSZ EN 50165:2000	Nem villamos háztartási és hasonló jellegű készülékek villamos berendezései. Biztonsági követelmények
MSZ EN 60240-1:1998	Ipari fűtésre szánt villamos infravörös sugárzók jellemzői. 1. rész: Rövidhullámú infravörös sugárzók (IEC 240-1:1992)
MSZ EN 60335-2-53:1991/A51:2000; MSZ EN 60531:2001	Háztartási villamos hőtárolós kályhák. A használati jellemzők mérési módszerei (IEC 60531:1999, módosítva)
MSZ EN 60675:2000; MSZ EN 60675:1995/A1:2000	Háztartási, közvetlen működésű, villamos helyiségfűtők. A használati jellemzők mérési módszerei (IEC 675:1994)
MSZ EN 60704-2-2:1999	Vizsgálati módszer háztartási és hasonló jellegű villamos készülékek zajkibocsátásának meghatározására. 2. rész: Ventilátoros fűtőberendezésekre vonatkozó előírások (IEC 704-2-2:1985)
MSZ EN 60704-2-5:1999	Vizsgálati módszer háztartási és hasonló jellegű villamos készülékek zajkibocsátásának meghatározására. 2. rész: Hőtárolós kályhákra vonatkozó előírások (IEC 704-2-5:1989)
MSZ 7044:1987	Égéstermék-elvezetők és tartozékaik gázfogyasztó készülékekhez
MSZ 11423-3:1986	Gázfűtőkészülékek. Infrásugárzó
MSZ 11423-4:1986	Gázfűtőkészülékek. Szivattyús vízmelegítő fűtésre
MSZ 11423-6:1986	Gázfűtőkészülékek. Kombinált, szivattyús fűtő-vízmelegítő készülék
MSZ 11423-7:1987	Gázfűtőkészülékek. Külső fali zárt égésterű gázfűtőkészülék csatlakoztatása, szélvédő és védőrács
MSZ-04-803-22:1990	Építő- és szerelőipari épületszerkezetek. Ipari kémények, kazánok, kemencék és hőhasznosítók
MSZ-04-803-24:1990	Építő- és szerelőipari épületszerkezetek. Helyszínen készített cserépkályhák
MSZ-09-96.0714:1986	Szilárdtüzelésű kályhák. Fogalommeghatározások és csoportosítás
MSZ-09-96.0715:1986	Szilárdtüzelésű kályhák. Követelmények
MSZ-09-96.0716:1986	Szilárdtüzelésű kályhák. Vizsgálatok