



Épületgépészeti

tervezési segédlet

rézcsöves szerelésekhez

II. rész



MAGYAR RÉZPIACI KÖZPONT

	Bevezetés	75
1.	Általános számítások	77
1.1.	A csővezeték izzadása (harmatpont)	77
1.2.	Rézcső hőleadása	78
2.	Vízhálózat méretezése	79
2.1.	Vízmennyiség meghatározása	79
2.2 .	Veszteségek meghatározása	79
2.3 .	A feladat kiszámítása	81
2.3.1.	Táblázatos méretezés	82
2.3.2.	Nomogramos méretezés	83
3.	Központi fűtés méretezése	87
3.1.	Radiátor hőleadó, kétcsöves fűtés	87
3.1.1.	Táblázatos méretezés	89
3.1.2.	Nomogramos méretezés	92
3.2.	Radiátor hőleadó, egycsöves fűtés	92
3.3.	Felületi fűtések	92
3.3.1.	Padlófűtés	94
3.3.2.	Falfűtés	97
4.	Gázhálózat méretezése	101
4.1.	Térfogatáram meghatározása	101
4.2.	Az elhasználható nyomás meghatározása	110
4.2.1.	Gázvezeték méretezése táblázat segítségével	110

4.2.2.	Gázvezeték méretezése nomogram segítségével .	114
5.	Olajellátás méretezése	122
6.	Préslevegő hálózat méretezése	125

Az „Épületgépészeti tervezési segédlet rézcsöves szerelésekhez” című könyv I. része megjelent már 1997-ben, és a rézcsövekkel tervező épületgépész mérnökök rendkívül hasznos útmutatójának bizonyult. Végre itt a II. rész, mely az I. részben szereplő táblázatokhoz és nomogramokhoz ad útmutatást. Gyakorlott tervezőknek ez a II. rész csak két helyen fog újat adni, mégpedig a falfűtéseknel, ugyanis ez még nem szerepelt az I. részben, valamint a gázellátásnál szerepelnek olyan részek, melyek nincsenek benne az I. részben. Kezdő tervezőknek és tanulóknak nagy segítséget jelentenek a kidolgozott példák, melyekre mankóként lehet támaszkodni.

Minden feladattípusra készítettünk példát, de például vízellátásnál csak a hidegvízre végeztünk számításokat, mert melegvízre pontosan ugyanúgy kell használni a segédletet, mint hidegvízre, ezért azt elhagyjuk. Fűtésnél is csak az egyik közepes fűtővíz-hőmérsékletre dolgoztunk ki példát, de a többire pontosan ugyanúgy kell a számításokat végezni.

A segédletben alkalmazott jelöléseknél kettősség mutatkozik, melyért szíves elnézésüket kérjük. A kettősség abban mutatkozik meg, hogy a hőmérsékletek jelölésénél egyszer „t”, másszor „ ν ” szerepel, illetve a fajlagos súrlódási veszteségek jelölésénél egyszer „s’” vagy „s'''”, máskor pedig „R” szerepel. Ezek az eltérések abból adódnak, hogy egyes jelölések (t, s', s''') magyar jelölések, míg más jelölések (ν , R) a német segédletekből adódnak. Így legalább megismerik mindkét jelölésmódot.

A különböző jelölések után megadtuk azok mértékegységét is, viszont az olyan jelöléseknél, ahol nincs mértékegység, ott „1” szerepel dimenzióként.

Reméljük, rézcsöves tervezési segédletünk II. része is az I. részhez hasonló népszerűsége tesz szert a tervezők körében, és hasznos segítő társuk lesz munkájuk során.

1. | ÁLTALÁNOS SZÁMÍTÁSOK

1.1.

A csővezeték izzadása (harmatpont)

A segédlet 22. oldalán található nomogramban három példa szerepel.

Az első példában (folyamatos vonal) meghatározzuk, hogy amennyiben $v=20\text{ °C}$ a levegő hőmérséklete és a csőben $v=10\text{ °C}$ hőmérsékletű víz áramlik. A csővezeték egyszerű műanyagbevonatos rézcső. A levegő és a szállított víz között a hőmérsékletkülönbség 10 K . A bal oldalon 10 K -nél húzunk egy függőlegest a cső vonaláig, majd ott vízszintesen megyünk jobbra. A $v=20\text{ °C}$ -nál jobb oldalon is húzunk egy függőlegest és a két egyenes metszéspontjánál leolvassuk, hogy $\varphi=60\%$ relatív nedvességtartalom esetén már izzadni kezd a cső.

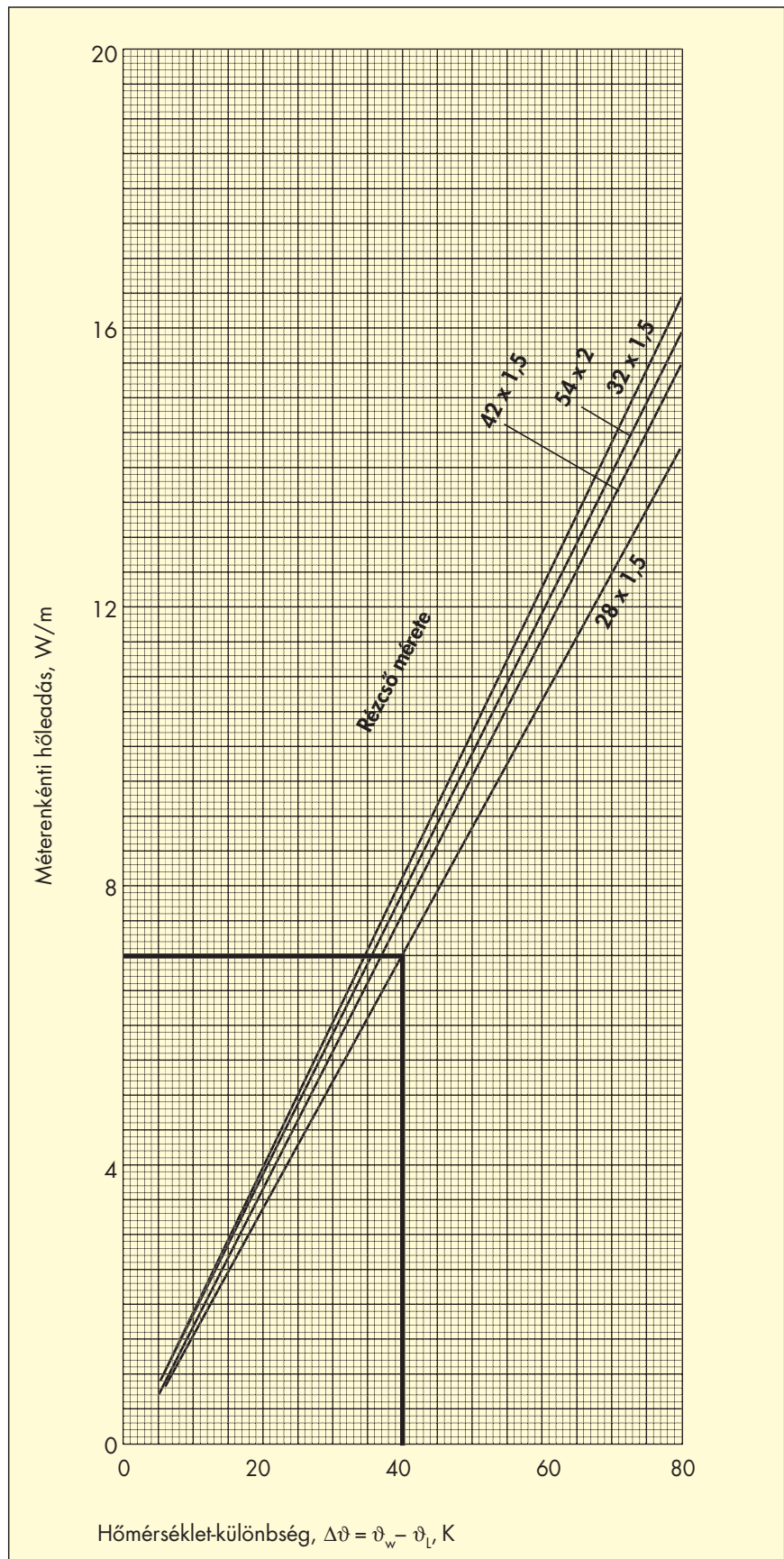
A második példában (szaggatott vonal) hőszigetelt cső szerepel $28 \times 1,5$ mm méretben. A $v=25\text{ °C}$ levegőhőmérséklet és $v=-5\text{ °C}$ szállított közeghőmérséklet esetén a szerkesztésből adódik, hogy $\varphi=82,5\%$ relatív nedvességtartalomnál kezdődik a cső izzadása.

A harmadik példánál (pontosított vonal) nézzük meg, ha 22×1 mm-es hőszigetelt csövet használunk és a levegő hőmérséklete $v=30\text{ °C}$, valamint a relatív nedvességtartalma $\varphi=75\%$, akkor milyen közeghőmérsékletnél lép fel a cső izzadása. A hőmérsékletkülönbségre 35 K adódik. Tehát $30-35=-5\text{ K}$, azaz $v=-5\text{ °C}$ közeghőmérsékletnél lesz harmatponti hőmérséklet.

1.2.

Rézcső hőleadása

A szabadon szerelt bevonatos rézcsövek méterenkénti hőleadását határozhatjuk meg a 23. és a 24. oldali nomogramok segítségével (2.a, b, c, d ábrák). (Emlékeztetőül csak annyi, hogy a hőszigetelt cső – szálban szállítva – megfelel a Német hővé-



1.1. ábra. Szabadon szerelt bevonatos rézcső méterenkénti hőleadása

delmi előírásoknak, a tekercsben szállított cső pedig csak a hővédelmi előírás 50 %-át elégíti ki. Az egyszerű műanyagbevonatos rézcsövek csak az izzadás ellen védenek, hővédelmet nem jelentenek.)

Például nézzük meg a 28x1,5 mm-es hőszigetelt cső méterenkénti hőleadását, ha az áramló közeg hőmérséklete $t=60\text{ °C}$ és a helyiség hőmérséklete $t=20\text{ °C}$. A 23. oldalon a jobb oldali ábrát kell néznünk (2. b), s a

$60-20=40\text{ K}$ hőmérsékletkülönbségnél húzunk egy függőleges vonalat a 28x1,5 mm méretű csőig, majd vízszintesen balra leolvashatjuk, hogy $q=7\text{ W/m}$ hőmennyiséget ad le a cső (1.1. ábra).

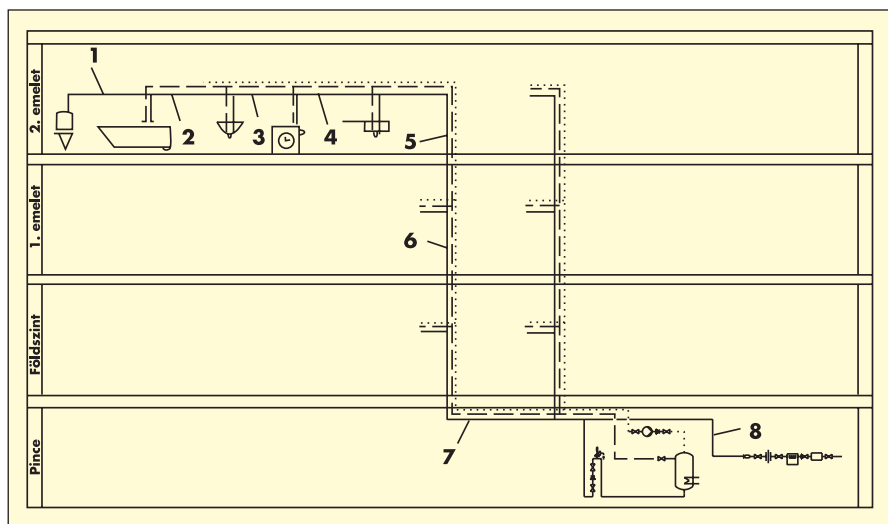
2. | VÍZHÁLÓZAT MÉRETEZÉSE

A vízhálózat méretezésének menete a következőképpen alakul (ez egy javaslat, melytől el lehet térni az egyéni megszokásoknak megfelelően):

1. a méretezést csak egy jól elkészített függőleges csőterv, vagy kapcsolási vázlat alapján lehet elkezdeni, ezért ezzel kell kezdeni,
2. ezután e vezetékhálózatokat szakaszokra bontjuk (2.1. ábra). Minden vezetékdarab, amelyen más mennyiségű víz áramlik egy új szakasz lesz,
3. meghatározzuk az egyes szakaszokon áramló vízmennyiségeket,
4. beírjuk a táblázatba a szakaszok hosszát,
5. kiszámítjuk a fajlagos súrlódási veszteséget,
6. megkeressük a fajlagos súrlódási veszteséghez és térfogatáramhoz legközelebbi csőátmérőt,
7. megkeressük a kiválasztott csőátmérő és a számított térfogatáram alapján az új fajlagos súrlódási veszteséget, és a hozzá tartozó sebességet,
8. kiszámoljuk a szakasz teljes súrlódási veszteségét,
9. meghatározzuk a szakaszok alaki ellenállás-tényezőinek összegét,
10. kiszámítjuk az alaki ellenállások értékét,
11. majd meghatározzuk az egyes szakaszok összes ellenállását,
12. végül összegezzük a szakaszok összes ellenállását, s ha az a veszteségre elhasználható nyomást nem lépi túl, de nem is van túlságosan alatta, akkor a méretezést befejeztük.

A 2.1. ábrán egy 2 emeletes, 6 lakásos társasház vízellátásának a függőleges csőterve látható. Minden lakásban azonosak a berendezési tárgyak és a csővezeték kialakítása, így csak a legkedvezőtlenebb helyzetben lévő rajzoltuk ki. A számítást is a megrajzolt vezetékre végezzük el. A vízhálózat nyomása az épületbe lépésnél 3,2 bar (a helyi vízművek adja meg a nyomást). A legtávolabbi csapolóhoz menő vezeték hossza összesen 36 m.

A vízellátás tervezésénél abból kell kiindulni, hogy milyen mennyiségű vi-



2.1. ábra. Lakóépület vízellátásának függőleges csőterve

zet kell szállítani az egyes szakaszokon és mekkora a rendelkezésre álló víznyomás. Vízellátásnál számolni kell a geodetikussal, a kifolyási, az alaki- és súrlódási veszteségekkel.

2.1.

Vízmennyiség meghatározása

A vízhálózat méretezéséhez tudni kell, hogy az egyes csőszakaszokban mennyi vizet kell szállítani csúcsidőben. A vízmennyiséget a következőképpen számíthatjuk ki (jelenleg az MSZ 04-132-91 alapján):

1. lakóépületnél:

$$\dot{V} = 0,2 \cdot \alpha \cdot \sqrt{\sum N + K \cdot \sum N} \text{ l/s,}$$

2. középületnél ($\alpha=1$ és $\alpha=2$):

$$\dot{V} = 0,2 \cdot \sqrt{\sum N} \text{ l/s,}$$

ahol:

- \dot{V} a víz térfogatárama, l/s,
- α az épület jellegétől függő tényező, 1 (2.1. táblázat),
- a a fogyasztási fejadagtól függő tényező, 1 (2.2. táblázat),
- N a berendezési tárgyak csapoló egyenértékei, 1 (2.3. táblázat),
- K az összegezett csapoló-egyenértéktől függő tényező, 1 (2.4. táblázat).

Meghatározzuk a napi vízfogyasztást is a fogyasztási fejadag függvényében. A fejadag attól függ, hogy az épületben milyen a vízellátás (egy olyan épületben, ahol nincsenek fürdőszobák, nyilvánvalóan kevesebb vizet fogyasztanak az emberek naponta, mint ott, ahol mindenféle berendezési tárgy megtalálható. A fejadagot ma már célszerű 250–350 l/d-fő értékre felvenni, hiszen ma már nem készül olyan épület, ahol nincs fürdőszoba).

$$\dot{V}_d = n \cdot f \quad \text{l/d,}$$

ahol:

- \dot{V}_d napi vízfogyasztás, l/d,
- n fogyasztó fők száma, fő,
- f fogyasztási fejadag, l/d-fő.

2.2.

Veszteségek meghatározása

a.) Geodetikussal veszteség:

Az épület legmagasabban lévő csapolója és az épületet ellátó vízvezeték geometriai magasságkülönbségéből adódik, hiszen a víznek fel kell jutni a legfelül lévő vízvételi helyhez is.

E veszteséget a következőképpen kapjuk meg:

$$\Delta p_g = \rho \cdot g \cdot h \quad \text{Pa,}$$

Épület megnevezése	Lakóépület	Fürdők, óvodák, bölcsődék	Orvosi rendelők	Irodák, tanintézetek	Tanintézetek, általános iskolák	Kórházak, szanatóriumok, üdülők, gyermektáborok	Szállodák, kollégiumok, panziók, diák- és munkásszállók
α	1,0	1,2	1,4	1,5	1,8	2,0	2,5

2.1. táblázat. Az épület jellegétől függő tényező

Az egy főre jutó napi vízfogyasztás (fejadag), l/fő-d	α
100	2,20
125	2,16
150	2,15
200	2,14
250	2,05
300	2,00
350	1,90
400	1,85

2.2. táblázat. Fejadagtól függő tényező

ahol:

Δp_g geodetikus nyomásvesztés, Pa,
 ρ a víz sűrűsége (hidegvíznél 1000), kg/m³,
 g a földi gravitációs gyorsulás (9,81), m/s²,
 h magasságkülönbség, m.

Ha nem szükséges nagyon precíz számítást végezni, akkor kerekítve azt mondjuk, hogy 10 m magasságkülönbség megfelel 1 bar nyomásvesztésnek. Ezzel a kerekítéssel a méretezést a jobbik irányba visszük, mert kicsivel több veszteséget számítottunk a valóságosnál.

b.) Kifolyási veszteség:

Erre a veszteségre szükségünk van ahhoz, hogy a vezeték végén kifolyjon a víz a csőből. Általában a berendezési tárgyakat, csapolókat úgy tervezik, hogy 0,5 bar kifolyási nyomásnál engedjék ki a névleges vízmennyiséget. Ennél kisebb nyomásnál lényegesen kisebb vízmennyiség adnak és fordítva.

A kifolyási veszteséget a következő képlettel határozhatjuk meg:

$$\Delta p_k = \frac{\rho}{2} \cdot v^2 \quad \text{Pa,}$$

ahol:

Δp_k kifolyási veszteség, Pa,
 ρ a víz sűrűsége (hidegvíznél 1000), kg/m³,
 v a víz kifolyási sebessége, m/s.

Látható, hogy a sebesség négyzetével arányos a kifolyási veszteség. A

Megnevezés	Csapoló egyenérték, N	Vízfogyasztás, l/s	Csatlakozás, mm
Kifolyószelep	1,00	0,20	15
Mosdószelep	0,50	0,10	10...15
Fali vizeldeszelep	0,17	0,035	10...15
Folyókás vizelde-öblítőcső 1 m-re	0,30	0,06	-
WC-öblítőtartály szelepe	0,25	0,05	10...15
Vízmelegítővel ellátott fürdőkád keverő-csaptelepe	1,00	0,20	15
Központi melegvíz-ellátású fürdőkád keverő-csaptelepe	1,50	0,30	15
Központi melegvíz-ellátású mosdó-csaptelep	1,00	0,20	10...15
Mosogató-csaptelep	1,0...1,5	0,20...0,30	15...20
WC-öblítőszelep	6,0...7,0	1,2...1,4	25...32
Bidé és egészségügyi zuhany	0,35	0,07	10...15
Bidé csaptelep	1,00	0,20	15
Csoportos zuhany	1,00	0,20	15
Lakásokban levő zuhanyozó	0,67	0,14	15
Ivókút	0,17	0,035	10...15
Laboratóriumi kiöntőcsap	0,50	0,10	10...15
Laboratóriumi mosogató szelepe	1,00	0,20	15
Lábfürdő	0,60	0,12	15
Locsolócsap	2,5...1,5	0,5...0,3	25...20
Automata mosógép	1,00	0,20	15

2.3. táblázat. Csapoló-berendezések N értékei

Csapoló egyenértékek összege, ΣN	300-ig	301...500	501...800	801...1200	1201-től
K	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006

2.4. táblázat. K – az összegezett csapoló-egyenértéktől függő tényező

képletet át tudjuk rendezni úgy, hogy a sebesség legyen az ismeretlen, s ekkor a kifolyási veszteséget tudjuk változtatni.

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p_k}{\rho}} \quad \text{m/s.}$$

Amennyiben a WC berendezéshez öblítő szelepet építünk be, akkor 1 bar kifolyási nyomással kell számolni, különben nem lesz elegendő ereje a víznek a megfelelő öblítéshez.

c.) Alaki veszteség:

Az alaki veszteséget a vezetékbe beépített idomok és szerelvények okozzák. A veszteség meghatározó

ható számítással is, táblázatosan is és nomogramok segítségével is. Az alaki ellenállás-tényező (ζ) megtalálható a 25. és a 26. oldali táblázatokban. Táblázatból, vagy nomogramból az összes alaki ellenállást megkapjuk az áramlási sebesség függvényében.

Számítása a következőképpen történik:

$$\Delta p_a = \Sigma \zeta \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2 \quad \text{Pa,}$$

ahol:

Δp_a az alaki ellenállás, Pa,
 $\Sigma \zeta$ a beépített alaki ellenállások tényezőinek összege, 1.

A vízmérő ellenállása lényegesen nagyobb az összes többi idoménál,

vagy szerelvényénél, ezért ezt külön le szoktuk vonni a rendelkezésre álló nyomásból ($\Delta p_{\text{üz}}$ üzemi nyomás, Pa). A mérő ellenállását a rajta átfolyó vízmennyiség határozza meg:

$$\Delta p_m = \Delta p_n \cdot \left(\frac{\dot{V}}{V_n}\right)^2 \quad \text{Pa,}$$

ahol:

Δp_m a mérő tényleges ellenállása, Pa,

Δp_n a mérő névleges ellenállása, 10^5 Pa (1 bar),

\dot{V} a mérőn ténylegesen átfolyó vízmennyiség, m^3/h ,

V_n a mérőn névlegesen átfolyó vízmennyiség, m^3/h (a mérő terhelése 3, 5, 7, 10, 20 m^3/h).

Nem célszerű a mérőt a névleges terhelés 50%-ánál jobban leterhelni, mert akkor a mérő kopása intenzívebb lesz, s ezáltal az élettartama is csökken.

d.) Sűrűdési veszteség:

A sűrűdési veszteségre elhasználható nyomást megkapjuk az üzemi nyomásból:

$$\Delta p_v = \Delta p_{\text{ü}} - \Delta p_g - \Delta p_m - \Delta p_k \quad \text{Pa,}$$

$$\Delta p_s = \frac{\Delta p_v}{2} \quad \text{Pa,}$$

ahol:

Δp_v a sűrűdési és alakveszteségre elhasználható nyomás, Pa,

Δp_s a sűrűdési veszteségre elhasználható nyomás, Pa.

A méretezés megkezdéséhez kiszámítjuk a fajlagos sűrűdési veszteséget:

$$s' = \frac{\Delta p_s}{\Sigma l} \quad \text{Pa,}$$

ahol:

s' a fajlagos sűrűdési veszteség, Pa/m,

Σl a mértékadó fogyasztóhoz menő vezeték szakaszok összegezt hossza, m.

Ha ezt megkaptuk, akkor táblázatból, vagy nomogramból kiválaszthatjuk a tényleges fajlagos sűrűdési veszteséget (s''), vagy ki is számíthatjuk a következőképpen:

$$s'' = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2 \quad \text{Pa/m,}$$

ahol:

s'' a csővezeték tényleges fajlagos sűrűdési vesztesége, Pa/m,

λ a csővezeték csősűrűdési tényezője, 1,

d a csővezeték belső átmérője, m. A megkapott s'' segítségével kiszámíthatjuk a szakasz sűrűdési ellenállását:

$$\Delta p_s = l \cdot s'' \quad \text{Pa.}$$

e.) Számított összes veszteség:

Vigyázni kell arra, hogy az összes veszteség ne lépje túl az üzemi nyomást, mert különben nem lesz mindentől elegendő a víznyomás. Az összes veszteséget megkapjuk a kiszámított értékek alapján:

$$\begin{aligned} \Delta p_{\text{ü}} &\geq \Delta p_{\text{ö}} = \\ &= \Delta p_g + \Delta p_m + \Delta p_k + \Delta p_a + \Delta p_s \quad \text{Pa.} \end{aligned}$$

2.3.

A feladat kiszámítása

Az épület napi vízigénye:

(feltételezzük, hogy lakásonként 4 fő lesz majd az épületben)

$$\dot{V}_d = n \cdot f = 24 \cdot 300 = 7200 \text{ l/d,}$$

azaz 7,2 m^3/d .

Az épület csúcsfogyasztása:

(lakásonként található: 1 db öblítő-tartályos WC berendezés – $N=0,25$; 1 db központi melegvíz-ellátású fürdőkád – $N=1,5$; 1 db központi melegvíz-ellátású mosdó – $N=1,0$; 1 db automata mosógép – $N=1,0$; és 1 db kétmedencés mosogató – $N=1,0$. A 6 db lakásra ez összesen $N=6 \cdot 4,75=28,5$. $\alpha=1,0$; $a=2,0$; $K=0,002$)

$$\dot{V} = 0,2 \cdot \alpha \cdot \sqrt[4]{\Sigma N + K \cdot \Sigma N} =$$

$$= 0,2 \cdot 1 \cdot \sqrt[4]{28,5 + 0,002 \cdot 28,5} \text{ l/s,}$$

= 1,069 l/s,

azaz átszámítva 3,85 m^3/h , de ez csak a mérő kiválasztáshoz kell. A mérőnek ennek kb. a kétszeresét kell tudnia mérni, vagyis 10 m^3/h méréshatárú mérőt kell választani.

A mérő ellenállása:

$$\Delta p_m = \Delta p_n \cdot \frac{\dot{V}}{V_n} = 1 \cdot \left(\frac{3,85}{10}\right)^2 = 0,148 \text{ bar.}$$

Ki kell számítani az egyes szakaszokon áramló vízmennyiségeket is (összesen 8 szakaszunk lesz):

1. az első szakasz a WC berendezést látja el, de az első szakasz fogyasztását a 2.3. táblázatból olvashatjuk ki (1 db fogyasztó esetén nincs egyidejűségi számítás, ott vagy folyik a víz, vagy nem)

$$\dot{V}_1 = 0,05 \text{ l/s.}$$

2. a második szakasz a WC-n kívül ellátja még a fürdőkádat is (itt már az előző képlettel kell számolni, $\Sigma N=1,75$):

$$\dot{V}_2 = 0,265 \text{ l/s.}$$

3. a harmadik szakasznál az előbbiekhöz jön még egy mosdó ($\Sigma N=2,75$):

$$\dot{V}_3 = 0,332 \text{ l/s.}$$

4. a negyedik szakasznál hozzájön még egy automata mosógép ($\Sigma N=3,75$):

$$\dot{V}_4 = 0,388 \text{ l/s.}$$

5. az ötödik szakasz bővül egy mosogatóval ($\Sigma N=4,75$):

$$\dot{V}_5 = 0,436 \text{ l/s.}$$

6. a hatodik szakasznál egy egész lakás jön az eddigiekhez ($\Sigma N=9,5$):

$$\dot{V}_6 = 0,617 \text{ l/s.}$$

7. a hetedik szakasznál ismét egy egész lakás jön hozzá ($\Sigma N=14,25$):

$$\dot{V}_7 = 0,756 \text{ l/s.}$$

8. az utolsó szakasznál egy ugyanilyen felszálló jön még hozzá, vagyis a teljes épület vízmennyisége lesz, amit már kiszámítottunk 1,069 l/s.

A geodetikus nyomásveszteség (magasságkülönbség=10,5 m):

$$\Delta p_g = \rho \cdot g \cdot h = 1000 \cdot 9,81 \cdot 10,5 =$$

$$= 103005 \text{ Pa.}$$

A kifolyási veszteséget 0,5 bar értékűre vesszük fel. Ha a veszteségekre

Szakasz	\dot{V}	l	s'	d	s''	v	S	ζ	Z	$S+Z$	Megjegyzés
1	0,05	1	14	15x1	2,2	0,38	2,2	6,7	4,837	7,0374	módosítani
2	0,265	1,5	14	18x1	13,5	1,2	20,25	2	14,4	34,65	
3	0,332	1,5	14	18x1	24,3	1,7	36,45	2	28,9	65,35	
4	0,388	1	14	22x1	10,6	1,3	10,6	2,7	22,82	33,415	
5	0,436	2	14	22x1	13,1	1,4	26,2	3,4	33,32	59,52	
6	0,617	3	14	22x1	21,7	1,9	65,1	1,3	23,47	88,565	
7	0,756	12	14	28x1,5	11,1	1,5	133,2	3,4	38,25	171,45	
8	1,069	14	14	28x1,5	20,2	2,1	282,8	7,5	165,4	448,18	
összesen		36					576,8		331,33	908,5	túl kevés

Szakasz	\dot{V}	l	s'	d	s''	v	S	ζ	Z	$S+Z$	Megjegyzés
2	0,265	1,5	14	15x1	36,2	1,9	54,3	2	36,1	90,4	
összesen		36					610,9		353,1	963,91	már jó

2.5. táblázat. Vízálózat táblázatos méretezése

kevesebbet használunk el (mindig erre kell törekedni), mint a kiszámított, akkor a kifolyási nyomás fog annyival növekedni, amennyi a maradék.

A veszteségekre megmaradó nyomás (kereshetünk 2 tizedesre):

$$\Delta p_v = \Delta p_{ii} - \Delta p_g - \Delta p_m - \Delta p_k =$$

$$= 3,2 - 1,03 - 0,15 - 0,5 = 1,01 \text{ bar,}$$

azaz 101000 Pa.

A veszteségre elhasználható nyomás felét súrlódási-, másik felét alakveszteségekre tesszük el.

$$\Delta p_s = \frac{\Delta p_v}{2} = \frac{101000}{2} = 50500 \text{ Pa.}$$

A súrlódási veszteségből kiszámítjuk a fajlagos súrlódási veszteséget, vagyis az 1 méterre eső súrlódási veszteséget, mert ezzel tudjuk a táblázatot, vagy a nomogramot használni.

$$s' = \frac{\Delta p_s}{\Sigma l} = \frac{50500}{36} = 1402,8 \text{ Pa/m.}$$

A fajlagos súrlódási veszteség és a szakaszokon szállítandó vízmennyiségek segítségével tudjuk a vezetékálózat méretezését végezni.

2.3.1.

Táblázatos méretezés

(a szakaszok hosszát le kell mérni a tervről, de itt most felvettük a táblázatban jelölt hosszakat, s' kerekítve 1400 Pa/m-re, azaz 14 mbar/m-re)

Vízszállítás \dot{V} l/s	DN 12 (15x1) $d_b=13\text{mm}$		DN 15 (18x1) $d_b=16\text{mm}$		DN 20 (22x1) $d_b=20\text{mm}$		DN 25 (28x1,5) $d_b=25\text{mm}$	
	R_v mbar/m	v_v m/s	R_v mbar/m	v_v m/s	R_v mbar/m	v_v m/s	R_v mbar/m	v_v m/s
0,01	0,2	0,08	0,1	0,05	0,0	0,03	0,0	0,02
0,02	0,5	0,15	0,2	0,10	0,1	0,06	0,0	0,04
0,03	0,9	0,23	0,4	0,15	0,1	0,10	0,0	0,06
0,04	1,5	0,30	0,6	0,20	0,2	0,13	0,1	0,08
0,05	2,2	0,38	0,8	0,25	0,3	0,16	0,1	0,10
0,06	3,0	0,45	1,1	0,30	0,4	0,19	0,1	0,12
0,07	4,0	0,53	1,5	0,35	0,5	0,22	0,2	0,14
0,08	5,0	0,60	1,9	0,40	0,7	0,25	0,2	0,16
0,09	6,1	0,68	2,3	0,45	0,8	0,29	0,3	0,18
0,10	7,3	0,8	2,7	0,5	1,0	0,3	0,3	0,2
0,15	14,8	1,1	5,5	0,7	1,9	0,5	0,7	0,3
0,20	24,5	1,5	9,1	1,0	3,2	0,6	1,1	0,4
0,25	36,2	1,9	13,5	1,2	4,7	0,8	1,6	0,5
0,30	49,9	2,3	18,5	1,5	6,4	1,0	2,2	0,6
0,35	65,6	2,6	24,3	1,7	8,4	1,1	2,9	0,7
0,40	83,1	3,0	30,8	2,0	10,6	1,3	3,7	0,8
0,45	102,4	3,4	37,9	2,2	13,1	1,4	4,5	0,9
0,50	123,6	3,8	45,7	2,5	15,7	1,6	5,4	1,0
0,55	146,5	4,1	54,1	2,7	18,6	1,8	6,4	1,1
0,60	171,1	4,5	63,2	3,0	21,7	1,9	7,5	1,2
0,65	197,5	4,9	72,9	3,2	25,0	2,1	8,6	1,3
0,70	225,5	5,3	83,2	3,5	28,5	2,2	9,8	1,4
0,75			94,1	3,7	32,3	2,4	11,1	1,5
0,80			105,6	4,0	36,2	2,5	12,4	1,6
0,85			117,6	4,2	40,3	2,7	13,9	1,7
0,90			130,3	4,5	44,6	2,9	15,3	1,8
0,95			143,6	4,7	49,2	3,0	16,9	1,9
1,00			157,4	5,0	53,9	3,2	18,5	2,0
1,05					58,8	3,3	20,2	2,1
1,10					63,9	3,5	21,9	2,2
1,15					69,2	3,7	23,7	2,3
1,20					74,7	3,8	25,6	2,4
1,25					80,3	4,0	27,5	2,5
1,30					86,2	4,1	29,5	2,6
1,35					92,2	4,3	31,6	2,8
1,40					98,4	4,5	33,7	2,9
1,45					104,8	4,6	35,9	3,0
1,50					111,4	4,8	38,1	3,1
1,55					118,2	4,9	40,4	3,2
1,60					125,1	5,1	42,8	3,3
1,65							45,2	3,4
1,70							47,7	3,5
1,75							50,2	3,6
1,80							52,8	3,7
1,85							55,5	3,8
1,90							58,2	3,9
1,95							61,0	4,0
2,00							63,9	4,1
2,05							66,8	4,2
2,10							69,7	4,3
2,15							72,7	4,4
2,20							75,8	4,5
2,25							78,9	4,6
2,30							82,1	4,7
2,35							85,4	4,8
2,40							88,7	4,9
2,45							92,0	5,0
2,50							95,4	5,1

2.6. táblázat. Interpolálás

A méretezéshez a 27. oldalon lévő táblázatot kell használni. A szállítandó vízmennyiséget a táblázat bal oldalán látjuk, majd ott vízszintesen jobbra haladunk addig, amíg az s' értékhez közeli számot nem találunk (a táblázatban R betűvel jelölve). Amikor megtaláltuk, akkor megnézzük melyik csőméret oszlopában van, azt a csőméretet beírjuk a táblázatba, majd leolvassuk az s'' értéket és a sebességet, s ezeket is beírjuk a táblázatba.

Például az 1. szakasznál a szállítandó vízmennyiség 0,05 l/s. A 14 mbar/m érték közelében keresünk egy csőátmérőt, s azt látjuk, hogy vagy a 10x1, vagy a 12x1 mm-es csövet választhatnánk. Nem szoktunk 15x1 mm-es csőnél kisebb méretűt használni (habár a rézcsőnél lehetne), így a 15x1-es méretnél kiolvasható a táblázatból, hogy az $s''=2,2$ mbar/m és a $v=0,38$ m/s értékekkel. Az első szakasznál gyakran adódik, hogy nem méretezzük a csőátmérőt, hanem kiválasztjuk, s ennek értékeit írjuk a táblázatba. A második szakaszt már rendszeresen méretezzük. A szállítandó vízmennyiség 0,265 l/s. Ez az érték a táblázat 0,25 és 0,30 l/s értékei közé esik. Ha nagyon precízek akarunk lenni, akkor interpolálni kell, azaz a táblázatban lévő értékeket át kell számítani a saját térfogatáramnak megfelelő számokra. A gyakorlatban ezt el szoktuk hanyagolni, mert egyik térfogatáramnál felfelé, a másiknál lefelé kerekítünk, s a nagy átlagban ezek kiegyenlítik egymást. Az interpolálás nem nehéz, csak fáradságos művelet, sok számolással. Az előbbi táblázatba a gyakorlatot követve írtuk be az értékeket, azaz 18x1 mm-es csövet választva az $s''=13,5$ mbar/m és $v=1,2$ m/s.

Interpolálással a következőket kapnánk (2.6. táblázat):

(Meg kell jegyezni, hogy az interpolálás is csak közelítő értéket fog eredményezni, mert nem lineárisak a változások két érték között, de a gyakorlat számára tökéletes eredményt ad.)

1. a térfogatáram a 0,25 és a 0,30 közé esik, de a kisebbik értéknél 0,015 l/s-mal nagyobb. A két táblázatbeli érték közt 0,05 a különbség. A 0,015 a 0,05-nek a 30%-a. Így az s'' és a v értékkülönbszetnek is a 30%-át kell hozzáadni a kisebbik értékhez.
2. s'' 13,5 és 18,5 a táblázat

megfelelő soraiban. A kettő különbsége 5,0. ennek a 30%-át adjuk hozzá a kisebbik értékhez, vagyis $13,5+1,5=15$. Az s'' pontosan tehát 15 mbar/m.

3. a sebességek 1,2 és 1,5 értékek a táblázat megfelelő rubrikáiban. A kettő közti különbség 0,3 m/s, aminek a 30%-át kell hozzáadni a kisebbik értékhez, így a számítandó sebesség $1,2+0,09=1,29$ m/s.

Látható, hogy sok számolással jár az interpolálás, ami pontosabb eredményeket ad, de a gyakorlat számára elegendő interpolálás nélkül is az eredmény.

Az alaki ellenállás meghatározásához ki kell olvasni a tervből, hogy milyen- és mennyi alaki veszteséget okozó idom, vagy szerelvény van beépítve a hálózatba. E példánál úgy vettük fel, hogy a szakaszokban a következő idomok találhatóak (a 25. és 26. oldalak alapján):

1. 1 db sarokszelep – 4,0; 2 db könyök – $2 \times 0,7$; 1 db Té átmenetben – 1,3; s ezek összege 6,7.
2. 1 db könyök és 1 db Té átmenetben, összesen 2,0.
3. mint a 2. szakasz, 2,0.
4. 2 db könyök és 1 db Té átmenetben, 2,7.
5. 3 db könyök és 1 db Té átmenetben, 3,4.
6. 1 db Té átmenetben, 1,3.
7. mint 5. szakasz, 3,4.
8. 5 db könyök, 2 db ferdeszelep.

Az alaki ellenállások meghatározása a következőképpen történik (az 1. szakaszra végezzük el itt a számítást, a többi már a táblázatban megtalálható):

$$\Delta p_a = \Sigma \zeta \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2 =$$

$$= 6,7 \cdot \frac{1000}{2} \cdot 0,38^2 = 483,7 \text{ Pa,}$$

azaz 4,837 mbar.

A számításokat végig elvégezve, majd a táblázat eredményeit összeadva (S+Z) és a végén az összes szakasz ellenállását összeadva kapjuk, hogy 908,5 mbar, vagyis 90850 Pa az összes ellenállás. A veszteségre elhasználható nyomás 101000 Pa, ami már megfelelő lenne, mert a gyakorlat szerint 10%-kal

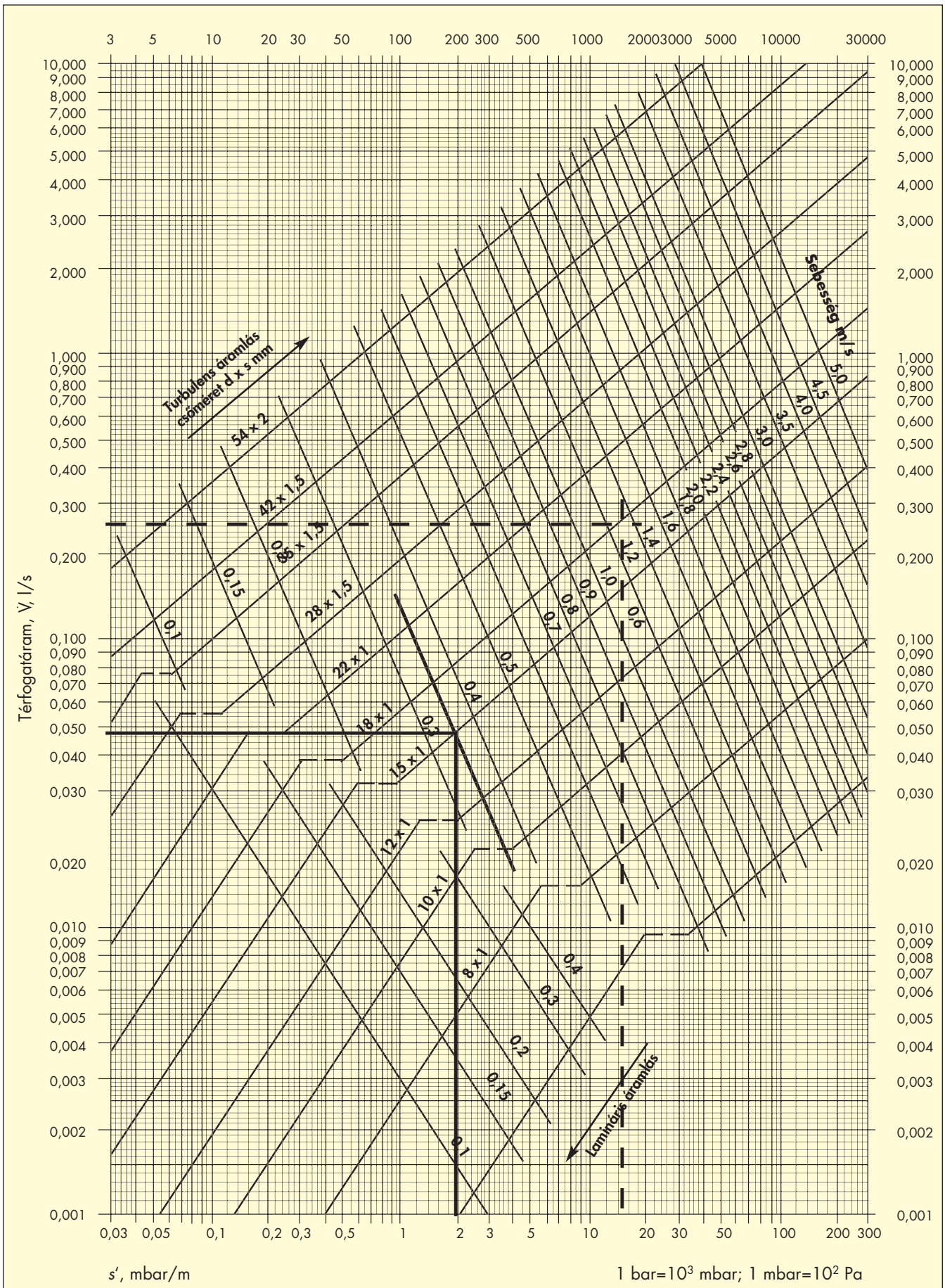
lehetünk alatta (90900 Pa), de lehet még egy kicsit szűkíteni a 2. szakaszon. Amennyiben kevesebb ellenállásunk jön ki, mint az elhasználható nyomás, úgy szűkíteni kell valamelyik szakasz csőátmérőjét. A legjobb, ha a legkisebb ellenállású szakaszt szűkítjük. Ha pedig több nyomást használtunk el, mint a lehetséges, akkor bővítenünk kell valamelyik csőátmérőt. A legcélszerűbb a legnagyobb ellenállású szakaszt bővíteni. A 18x1 mm-es cső helyett 15x1-es választva az összes ellenállás 963,91 mbar, vagyis 96391 Pa értékre változott, s ez már valóban benne van az elfogadható eltérésben. A megmaradt veszteségre elhasználható nyomás a kifolyási nyomást fogja megnövelni (természetesen nem egyenes arányban, mert a többletnyomás kicsivel nagyobb sebességet eredményez, ami megnöveli négyzetesen a csővezeték ellenállását és valamivel a kifolyási nyomást). Az alaki ellenállások értékét meghatározhattuk volna a 29. oldali 6. táblázat alapján is. Például a második szakasz alaki ellenállása 1,2 m/s sebességnél 1-es alaki ellenállás-tényező esetén 7,2 mbar. 2-es alaki ellenállás-tényezőnél ez 2-szer nagyobb, azaz 14,4 mbar, ami számítással is ugyanennyire adódott. A melegvízellátás méretezése ugyanígy történik, csak a 28. és 29. oldali táblázatokat kell használni.

2.3.2.

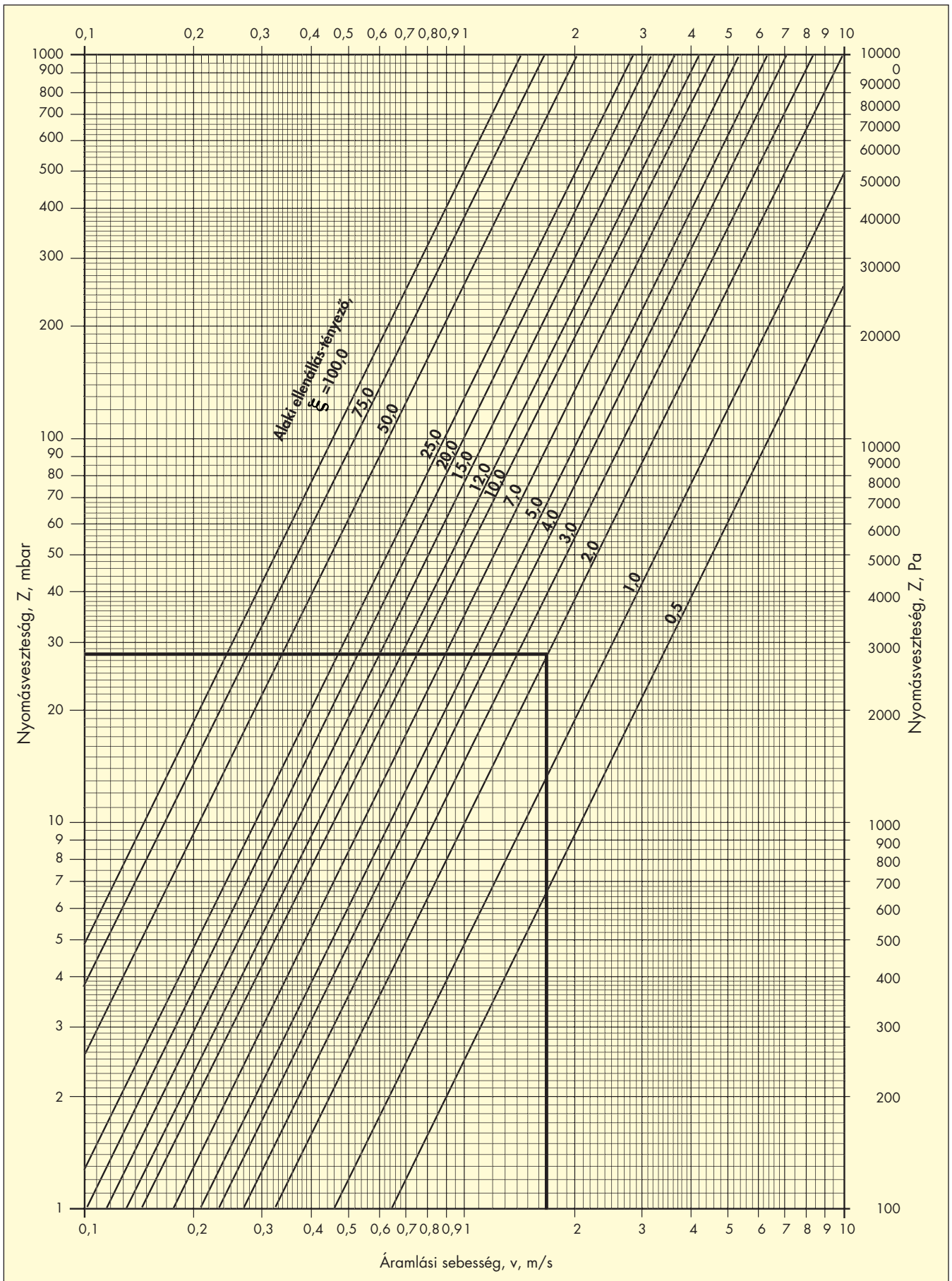
Nomogramos méretezés

A 30. oldalon lévő nomogramot használjuk hidegvízhez. A példa legyen ugyanaz, mint a táblázatos méretezésnél, így nem kell mindent újból kiszámítanunk.

A 2.2. ábrán az 1. szakaszt véve 0,05 l/s értéknél vízszintesen elmegyünk a 15x1 mm-es csőig (folyamatos vonal), majd függőlegesen lefelé leolvashatjuk, hogy 2,0 mbar/m a fajlagos súrlódási veszteség. A sebesség pedig 0,36 m/s. A nomogramos méretezésnél sajnos mindig fennáll a pontatlan leolvasás lehetősége, de a gyakorlat számára megfelelő, mert a nagy számok törvénye alapján a tévedések a másik irányba is bekövetkeznek, tehát összességében számunkra elfogadható értéket kapunk.



2.2. ábra. Vízellátás méretezése nomogram segítségével



2.3. ábra. Alaki ellenállás meghatározása nomogrammal

Szakasz	\dot{V}	l	s'	d	s''	v	S	ζ	Z	S+Z	Megjegyzés
1	0,05	1	14	15x1	2	0,36	2	6,7	4,342	6,3416	módosítani
2	0,265	1,5	14	18x1	15	1,3	22,5	2	16,9	39,4	
3	0,332	1,5	14	18x1	23	1,7	34,5	2	28,9	63,4	
4	0,388	1	14	22x1	9,5	1,2	9,5	2,7	19,44	28,94	
5	0,436	2	14	22x1	12	1,4	24	3,4	33,32	57,32	
6	0,617	3	14	22x1	22,5	1,9	67,5	1,3	23,47	90,965	
7	0,756	12	14	28x1,5	11	1,5	132	3,4	38,25	170,25	
8	1,069	14	14	28x1,5	20	2,1	280	7,5	165,4	445,38	
összesen		36					572		330	901,99	túl kevés
Szakasz	\dot{V}	l	s'	d	s''	v	S	ζ	Z	S+Z	Megjegyzés
2	0,265	1,5	14	15x1	32	1,9	48	2	36,1	84,1	
összesen		36					597,5		349,2	946,69	már jó

2.7. táblázat. Vízálózat nomogramos méretezése

A 2. szakasznál 0,265 l/s és a kiszámított 14 mbar/m metszéspontját megkeressük (szaggatott vonal), majd a közelebbi csőátmérőt választjuk. Ez a 18x1 mm-es cső lesz. Most már az 1-es szakaszhoz hasonlóan a 0,265 l/s értéknél elmegyünk a 18x1-es cső vonaláig, majd függőlegesen lefelé leolvashatjuk a 15 mbar/m fajlagos sűrűdési veszteséget és az 1,3 m/s sebességet. A többi szakasznál hasonlóan járunk

el, s így kitölthetjük a táblázatot (2.7. táblázat).

Mint látható, a pontatlan leolvasás ellenére nagyon kicsi eltéréseket látunk a végeredményben. A csőátmérők viszont pontosan ugyanazokra adódtak, mint a táblázatos méretezésnél.

Az alaki ellenállás meghatározásának egyszerűsítésére szolgál a 32. oldali nomogram. Például a 3. szakasz 1,7 m/s-os sebességénél 2,0

alaki ellenállás-tényezőnél a nomogramból leolvashatjuk az alaki ellenállást számolás nélkül (2.3. ábra). A nomogramból 28,5 mbar olvasható ki, ami nagyon közel van a számított 28,9 mbar-hoz.

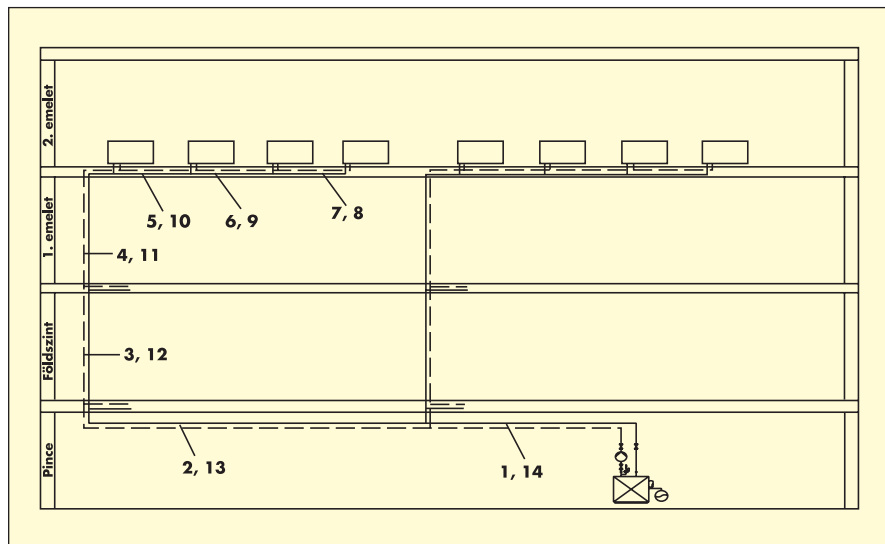
Mindegyik fajta méretezésnél vigyázni kell arra, hogy a 13. oldalon leírt sebességeket ne lépjük túl, mert az kellemetlen zajhatásokhoz, illetve eróziós korrózióhoz vezethetne.

3. | KÖZPONTI FŰTÉS MÉRETEZÉSE

A fűtési hálózat méretezésének menete nagyon hasonlít a vízhálózat méretezéséhez, eltérés csak ott van, hogy a hőmennyiségek alapján kiszámított tömegáramokkal kell a számításokat végezni, s ezen kívül legtöbbször a szivattyú kiválasztást is nekünk kell végezni, azaz nem áll rendelkezésünkre a veszteségekre elhasználható nyomás. A fűtési rendszerekben a víz önmagában kering, így kifolyási veszteséggel nem kell számolni.

3.1.

Radiátor hőleadó, kétsőves fűtés



3.1. ábra. Lakóépület központi fűtése

A 3.1. ábrán egy 6 lakásos társasház központi fűtését látjuk. A hőtermelő egy gázkazán, az összes biztonsági szereléssel felszerelve. A hőleadók lapradiátorok, melyeknek az adatait felvesszük, de a valóságos tervezésnél a helyiségek kiszámított hőszükséglete alapján választjuk ki a megfelelő méretűt. Jelenleg a számítások egyszerűsítése miatt feltételezzük, hogy mindegyik radiátor 1000 W hőteljesítményű (a valóságban ez elképzelhetetlen). Az összes lakás egyformán néz ki, így csak a felső szintet rajzoltuk meg, a többi azonos a megrajzolttal.

A hőleadók összesen lakásonként 4000 W-ot adnak le, vagyis 4,0 kW-ot. A 6 lakásra ez összesen 24,0 kW hőteljesítményt jelent, azaz ekkora kazán szükséges. A legkedvezőtlenebb fűtőttest (legfelső és a kazántól legtávolabb lévő) áramkörének hossza 68 m.

Ha a kazánnak van saját szivattyúja, akkor annak adatait kell a számítás alapjául vennünk, ha pedig nincs, akkor nekünk kell megválasztani azt. A szivattyú előzetes adatainak kiszámítása a következőképpen történik:

– feltételezésünk szerint az alaki és súrlódási veszteség kb. egyforma nagyságot képvisel, így a veszteségre elhasználható nyomásból a súrlódásra eső rész 50%,
– előzetes számításnál felvesszük a fajlagos súrlódási veszteséget 150 Pa/m értékre,

– a veszteségre elhasználható összes nyomást megkapjuk:

$$\Delta p_v = 2 \cdot s' \cdot \Sigma l \quad \text{Pa,}$$

ahol:

Δp_v a veszteségre elhasználható nyomás, Pa;

s' a felvett fajlagos súrlódási veszteség, Pa/m;

Σl a legkedvezőtlenebb fűtési áramkör teljes hossza, m.

A 2-es szorzata miatt kell, mert az s' és Σl szorzata csak a súrlódásra elhasználható nyomást adja meg.

Behelyettesítve a képletbe a saját adatainkat:

$$\Delta p_v = 2 \cdot 150 \cdot 68 = 20400 \text{ Pa,}$$

– a szivattyú vízszállítása a következőképpen határozható meg:

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}}{c \cdot \Delta t} \quad \text{kg/s,}$$

ahol:

\dot{m} a szivattyú tömegárama, kg/s;

\dot{Q} az épület fűtési hőigénye, W;

c a víz fajhője, J/kg·K;

Δt az előremenő- és visszatérő víz hőmérsékletkülönbsége, K.

Itt is behelyettesítünk a képletbe:

$$\dot{m} = \frac{24000}{4186,8 \cdot 20} = 0,2866 \text{ kg/s}$$

azaz 1031,8 kg/h,
illetve 1,032 m³/h.

Az átszámításnál elhanyagoltuk a víz sűrűségének változását a hőmérséklet függvényében, vagyis 1000 kg/m³ értékkel számoltunk, ami elhanyagolható eltérést eredményez.

Tehát olyan szivattyút kell választanunk, amelyik 1,0 m³/h vízszállítás mellett kb. 20000 Pa nyomáskülönbséget tud létrehozni.

Ha kiválasztottunk egy ehhez hasonló adottságú szivattyút, akkor annak az adataival kezdünk számolni. Tételizzük fel, hogy találtunk egy olyan szivattyút, amelyik az 1,031 m³/h vízszállításnál 21500 Pa nyomáskülönbséget tud létesíteni. Ekkor kiszámítjuk a fajlagos súrlódási veszteséget, hogy ennek alapján méretezni tudjuk a csőhálózatot. Ezen kívül a méretezéshez szükséges még az egyes szakaszokon szállítandó fűtővíz mennyisége is. A 3.1. ábrán láthatóak a szakaszok számai. 1–7-ig az előremenő szakaszokat látjuk 8–14-ig a visszatérőket. Az előremenő és visszatérő szakaszok jelenleg teljesen egymás mellett haladnak és azonos vízmennyiségeket szállítanak, így akár össze is vonhatjuk a párokat, mert ezzel számolási időt spórolhatunk meg.

A szakaszokon szállított vízmennyiséget azzal a képlettel határozzuk meg, amellyel a szivattyú vízszállítását határoztuk meg. A táblázatban kg/h értékek szerepelnek, így azokat helyettesítjük be.

R, Pa/m	Jele, mérték- egysége	CSŐMÉRET										
		6 × 1	8 × 1	10 × 1	12 × 1	15 × 1	18 × 1	22 × 1	28 × 1,5	35 × 1,5	42 × 1,5	54 × 2
140	m, kg/h v, m/s	6,72 0,151	19,2 0,191	42,5 0,239	78,5 0,282	161 0,343	284 0,398	519 0,467	950 0,547	1847 0,649	3142 0,743	6113 0,880
150	m, kg/h v, m/s	7,20 0,162	20,0 0,199	44,2 0,249	81,7 0,294	168 0,357	295 0,414	540 0,486	987 0,568	1920 0,674	3266 0,772	6352 0,914
160	m, kg/h v, m/s	7,68 0,173	20,7 0,207	45,9 0,258	84,9 0,305	174 0,370	306 0,430	560 0,504	1024 0,589	1991 0,699	3386 0,801	6585 0,947
170	m, kg/h v, m/s	8,16 0,184	21,5 0,215	47,6 0,268	87,9 0,316	180 0,383	317 0,445	580 0,522	1060 0,610	2060 0,724	3502 0,828	6810 0,980
180	m, kg/h v, m/s	8,64 0,194	22,2 0,222	49,2 0,277	90,8 0,327	186 0,396	327 0,460	599 0,539	1094 0,630	2127 0,747	3616 0,855	7030 1,01
190	m, kg/h v, m/s	9,12 0,205	22,9 0,229	50,8 0,286	93,7 0,337	192 0,408	338 0,474	618 0,556	1128 0,649	2192 0,770	3727 0,881	7244 1,04
200	m, kg/h v, m/s	9,60 0,216	23,7 0,236	52,3 0,294	96,6 0,347	198 0,421	348 0,488	636 0,572	1161 0,668	2256 0,793	3835 0,907	7454 1,07
220	m, kg/h v, m/s	10,6 0,238	25,0 0,250	55,3 0,311	102 0,367	209 0,444	367 0,516	671 0,604	1225 0,705	2380 0,836	4044 0,957	7858 1,13
240	m, kg/h v, m/s	11,5 0,259	26,3 0,263	58,2 0,327	107 0,386	219 0,467	386 0,542	705 0,634	1287 0,741	2499 0,878	4245 1,00	8247 1,19
260	m, kg/h v, m/s	8,94 0,201	27,6 0,276	61,0 0,343	112 0,404	230 0,489	403 0,567	738 0,663	1346 0,775	2613 0,918	4439 1,05	8621 1,24
280	m, kg/h v, m/s	9,35 0,210	28,8 0,288	63,6 0,358	117 0,422	240 0,510	421 0,591	769 0,692	1403 0,808	2723 0,957	4626 1,09	8982 1,29
300	m, kg/h v, m/s	9,74 0,219	30,0 0,300	66,2 0,372	122 0,439	249 0,530	438 0,615	800 0,719	1459 0,840	2830 0,994	4807 1,14	9331 1,34
330	m, kg/h v, m/s	10,3 0,232	31,7 0,317	70,0 0,393	129 0,464	263 0,560	462 0,649	844 0,759	1539 0,886	2985 1,05	5068 1,20	9837 1,42
360	m, kg/h v, m/s	10,9 0,244	33,4 0,334	73,6 0,414	135 0,487	277 0,589	485 0,682	886 0,797	1616 0,930	3133 1,10	5319 1,26	10321 1,49
400	m, kg/h v, m/s	11,6 0,260	35,5 0,355	78,2 0,440	144 0,518	294 0,625	515 0,724	941 0,846	1714 0,987	3323 1,17	5639 1,33	10940 1,57
450	m, kg/h v, m/s	12,4 0,279	38,0 0,380	83,7 0,471	154 0,554	314 0,668	551 0,774	1005 0,904	1831 1,05	3548 1,25	6020 1,42	11674 1,68
500	m, kg/h v, m/s	13,2 0,297	40,4 0,404	89,0 0,500	164 0,588	333 0,710	584 0,821	1066 0,959	1942 1,12	3762 1,32	6382 1,51	12372 1,78
550	m, kg/h v, m/s	14,0 0,314	42,8 0,427	94,0 0,528	173 0,621	352 0,749	617 0,867	1125 1,01	2048 1,18	3967 1,39	6727 1,59	13039 1,88
600	m, kg/h v, m/s	14,7 0,330	45,0 0,449	98,8 0,555	181 0,653	370 0,787	648 0,910	1181 1,06	2150 1,24	4163 1,46	7059 1,67	13679 1,97
650	m, kg/h v, m/s	15,4 0,346	47,1 0,471	103 0,582	190 0,683	387 0,823	678 0,952	1235 1,11	2248 1,29	4352 1,53	7378 1,74	14295 2,06
700	m, kg/h v, m/s	16,1 0,362	49,2 0,491	108 0,607	198 0,713	403 0,859	706 0,993	1288 1,16	2343 1,35	4534 1,59	7686 1,82	14889 2,14
750	m, kg/h v, m/s	16,8 0,377	51,2 0,511	112 0,631	206 0,741	419 0,893	734 1,03	1338 1,20	2435 1,40	4711 1,65	7985 1,89	15464 2,23
800	m, kg/h v, m/s	17,4 0,391	53,1 0,531	117 0,655	214 0,769	435 0,926	762 1,07	1388 1,25	2524 1,45	4883 1,72	8274 1,96	16022 2,31
900	m, kg/h v, m/s	18,6 0,419	56,9 0,568	125 0,701	229 0,822	465 0,990	814 1,14	1482 1,33	2695 1,55	5211 1,83	8829 2,09	17092 2,46
1000	m, kg/h v, m/s	19,8 0,446	60,4 0,604	132 0,744	243 0,873	493 1,05	863 1,21	1572 1,41	2857 1,64	5524 1,94	9356 2,21	18108 2,61
1100	m, kg/h v, m/s	21,0 0,471	63,8 0,638	140 0,786	256 0,922	521 1,11	911 1,28	1658 1,49	3012 1,73	5822 2,05	9860 2,33	19079 2,75

3.1. táblázat. A méretezés alapja

A számításhoz a 36–38. oldalakon található táblázatokat használjuk.

Szakasz	Q	m	l	s'	d	s''	v	S	zeta	Z	S+Z	Megjegyzés
1,14	24000	1032	18	160	28x1,5	160	0,589	2880	13,3	2307	5187	
2,13	12000	515,9	14	160	22x1	140	0,467	1960	6,8	741,5	2701,5	szűkíteni
3,12	8000	343,9	6	160	18x1	200	0,488	1200	2,6	309,59	1509,6	
4,11	4000	172	10	160	15x1	160	0,370	1600	5,4	369,63	1969,6	
5,10	3000	129	8	160	15x1	100	0,282	800	4	159,05	959,05	szűkíteni
6,9	2000	85,98	6	160	15x1	50	0,189	300	2,6	46,437	346,44	szűkíteni
7,8	1000	42,99	6	160	15x1	15	0,093	90	14,5	62,84	152,84	szűkíteni
összesen			68					8830		3996,1	12826	

3.2. táblázat. Központi fűtés táblázatos méretezése

Szakasz	Q	m	l	s'	d	s''	v	S	zeta	Z	S+Z	Megjegyzés
1,14	24000	1032	18	160	28x1,5	160	0,589	2880	13,3	2307	5187	
2,13	12000	515,9	14	160	18x1	400	0,724	5600	6,8	1782,2	7382,2	
3,12	8000	343,9	6	160	18x1	200	0,488	1200	2,6	309,59	1509,6	
4,11	4000	172	10	160	15x1	160	0,37	1600	5,4	369,63	1969,6	
5,10	3000	129	8	160	12x1	330	0,464	2640	4	430,59	3070,6	
6,9	2000	85,98	6	160	12x1	170	0,316	1020	2,6	129,81	1149,8	
7,8	1000	42,99	6	160	12x1	50	0,155	300	14,5	174,18	474,18	
összesen			68					15240		5503	20743	ez már jó

3.3. táblázat. Központi fűtés táblázatos méretezés javítás

A fajlagos súrlódási veszteség:

$$s' = \frac{21500}{2 \cdot 68} = 158,1 \text{ Pa/m.}$$

Ezt az értéket kerekítve a táblázatban szereplő értékekhez, a 160 Pa/m értékeknél fogunk csőméreteket keresni.

3.1.1.

Táblázatos méretezés

Tételezzük fel, hogy 70/50 °C a hőmérséklet az előremenő- és a visszatérő víznél. Ezek átlaghőmérséklete 60 °C, tehát az ehhez való táblázatot választjuk. Az alaki ellenállásokat előre leolvassuk a rajzról, melyek értékei a következőkben láthatók:

1, 14 szakasz: 2 db ferdeszelep (2,0/db); 6 db könyök (0,7/db); 2 db Té átmenet (1,3/db); 1 db kazán 2,5. Összesen 13,3;

2, 13 szakasz: 6 db könyök (0,7/db); 2 db Té átmenet (1,3/db). Összesen 6,8;

3, 12 szakasz: 2 db Té átmenet (1,3/db). Összesen 2,6;

4, 11 szakasz: 4db könyök (0,7/db); 2 db Té átmenet (1,3/db). Összesen 5,4;

5, 10 szakasz: 2 db könyök (0,7/db); 2 db Té átmenet (1,3/db). Összesen 4,0;

6, 9 szakasz: 2 db Té átmenet (1,3/db). Összesen 2,6;

7, 8 szakasz: 2 db könyök (0,7/db); 2 db Té átmenet (1,3/db); 1 db radiátorszelep 4,0; 1 db visszatérő csavarzat (mint radiátorszelep); 1 db radiátor 2,5. Összesen 14,5.

Azt mindenképpen célszerű megjegyezni, hogy ha a radiátorszelep szabályozós, azaz termosztatikus, akkor az ellenállás nagyobb lesz, vagyis a k_v érték alapján kell számítani, amire később visszatérünk.

Látható, hogy az összes veszteség (S+Z) lényegesen kevesebb (3.2. táblázat), mint az elhasználható 21500 Pa, ezért szűkíteniünk kell. A rézcsőnél használhatnánk 12x1-es csövet is. A gyakorlat ma már ezt kezdi elfogadni, így tervezzünk be mi isilyent (3.3. táblázat).

A javítások után már jó a nyomásvesztés, mert 10 %-os eltérésen belül vagyunk.

A radiátorok nagyságát változtat-

nunk kell, ha nem olyan táblázatból választottuk, amelyekben többféle közepes hőmérsékletkülönbség szerepel. Amennyiben még a régi 90/70 °C-os előremenő- és visszatérő hőmérséklethez, illetve 20 °C-os helyiség-hőmérséklethez szolgáló radiátor-kiválasztási táblázatunk van, akkor a radiátor hőleadását korrigálnunk kell. A régi táblázat közepes hőmérsékletkülönbsége 60 °C, amit a következőképpen kapunk meg:

$$\Delta t_k = \frac{90 + 70}{2} - 20 = 60 \text{ °C.}$$

A példánkban szereplő 70/50 °C-os fűtésnél a közepes hőmérsékletkülönbség (20 °C-os helyiség-hőmérsékletet véve alapul):

$$\Delta t_k = \frac{70 + 50}{2} - 20 = 40 \text{ °C.}$$

A kisebb hőmérsékletkülönbségnél a radiátorok kevesebb hőt adnak le, ezért növelni kell a felületüket. A felületnövelést úgy a legegyszerűbb kiszámítani, hogy a radiátor hőleadását növeljük meg, s az ahhoz kiválasztott radiátor felülete már megfelelő lesz. A korrekciós tényezőt a 42. oldalon lévő 13. táblázatban találjuk (3.4. táblázat).

40 °C-nál a korrekciós tényező 1,69, így azt megszorozva a radiátor eredeti hőleadásával kapjuk a következőt:

$\Delta\vartheta_{\ddot{u}_k}$	f	$\Delta\vartheta_{\ddot{u}_k}$	f	$\Delta\vartheta_{\ddot{u}_k}$	f	$\Delta\vartheta_{\ddot{u}_k}$	f	$\Delta\vartheta_{\ddot{u}_k}$	f	$\Delta\vartheta_{\ddot{u}_k}$	f		
20	4,17												
21	3,91	31	2,36	41	1,64	51	1,24	61	0,98	71	0,80	81	0,67
22	3,69	32	2,26	42	1,59	52	1,20	62	0,96	72	0,79	82	0,66
23	3,43	33	2,18	43	1,54	53	1,18	63	0,94	73	0,77	83	0,65
24	3,29	34	2,09	44	1,50	54	1,15	64	0,92	74	0,76	84	0,64
25	3,12	35	2,02	45	1,45	55	1,12	65	0,90	75	0,75	85	0,63
26	2,97	36	1,94	46	1,41	56	1,09	66	0,88	76	0,73	86	0,62
27	2,82	37	1,87	47	1,37	57	1,07	67	0,87	77	0,72	87	0,61
28	2,69	38	1,81	48	1,34	58	1,05	68	0,85	78	0,70	88	0,60
29	2,57	39	1,75	49	1,30	59	1,02	69	0,83	79	0,69	89	0,59
30	2,46	40	1,69	50	1,27	60	1,00	70	0,82	80	0,68	90	0,58

$\Delta\vartheta_{\ddot{u}_k}$ =közepes hőmérséklet-különbség (radiátor közepes hőmérséklete és helyiség-hőmérséklet között)

3.4. táblázat. Radiátor korrekciós tényezője

Sebesség, v , m/s	Csőméret								
	10×1	12×1	15×1	18×1	22×1	28×1,5	35×1,5	42×1,5	54×2
	Egyenértékű csőhossz, m								
0,05	0,14	0,21	0,33	0,55	0,45	0,60	0,82	1,06	1,46
0,10	0,27	0,22	0,29	0,41	0,55	0,73	1,00	1,28	1,75
0,15	0,19	0,25	0,33	0,46	0,61	0,81	1,11	1,42	1,94
0,20	0,20	0,27	0,35	0,50	0,66	0,87	1,19	1,52	2,07
0,30	0,23	0,30	0,39	0,55	0,73	0,97	1,31	1,68	2,28
0,40	0,25	0,33	0,42	0,60	0,78	1,04	1,40	1,79	2,43
0,50	0,26	0,35	0,45	0,63	0,83	1,09	1,47	1,88	2,55
1,00	0,31	0,41	0,52	0,73	0,96	1,26	1,71	2,17	2,92
1,50	0,34	0,45	0,57	0,80	1,05	1,37	1,85	2,35	3,16
2,00	0,36	0,48	0,61	0,84	1,11	1,45	1,95	2,47	3,33
2,50	0,38	0,50	0,63	0,88	1,16	1,51	2,03	2,57	3,45
3,00	0,39	0,51	0,65	0,91	1,19	1,56	2,09	2,65	3,57

3.5. táblázat. Egyenértékű csőhossz számítása

$$\dot{Q} = 1000 \cdot 1,69 = 1690 \text{ W.}$$

$$\Delta p_a = \Sigma \zeta \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2 \quad \text{Pa,}$$

A radiátorkiválasztó táblázatból 1690 W hőleadású radiátort kell keresnünk. A valóságban ekkora radiátor fogja leadni az általunk igényelt 1000 W-ot.

Az alaki ellenállásokat egyenértékű csőhosszakkal is számolhatjuk. Ilyenkor a számolás egyszerűsödik, mert nem kell a kissé bonyolultabb képletet használni,

hanem az alaki ellenállás-tényező értékét megszorozzuk az egyenértékű csőhossz táblázatból vett értékkel, majd azt hozzáadjuk a valódi csőhosszhoz és s'' -vel megszorozva megkapjuk az összes veszteséget (S+Z). Például az 5, 10-es szakaszok ellenállás-tényezőinek összege 4,0; 12x1 mm-es csőnél és a sebesség 0,464 m/s. A 42. oldalon található

14. táblázatból kiválaszthatjuk az 1-es alaki ellenállás-tényezőhöz tartozó értéket, mely 0,35 m. Ezt megszorozva 4-gyel kapjuk 1,4 m-t (3.5. táblázat).

Ha pedig hozzáadjuk a valódi csőhosszhoz, akkor 9,4 m-t kapunk, s ezt megszorozva 330-cal (s''), akkor 3102 Pa lesz az alak és súrlódási ellenállás. A táblázatban 3070,6 Pa szerepel a pontosabb számolás miatt, de az eltérés olyan kicsi, hogy az elhanyagolható.

Szakasz	Q	m	l	s'	d	s''	v	S	zeta	Z	S+Z	Megjegyzés
1,14	24000	1031,8	18	160	28x1,5	165	0,59	2970	13,3	2314,9	5284,87	
2,13	12000	515,88	14	160	22x1	135	0,45	1890	6,8	688,5	2578,5	szűkíteni
3,12	8000	343,92	6	160	18x1	180	0,48	1080	2,6	299,52	1379,52	
4,11	4000	171,96	10	160	15x1	160	0,36	1600	5,4	349,92	1949,92	
5,10	3000	128,97	8	160	15x1	95	0,29	760	4	168,2	928,2	szűkíteni
6,9	2000	85,98	6	160	15x1	45	0,18	270	2,6	42,12	312,12	szűkíteni
7,8	1000	42,99	6	160	15x1	15	0,09	90	14,5	58,725	148,725	szűkíteni
összesen			68					8660		3921,9	12582	

3.6. táblázat. Központi fűtés nomogramos méretezése

Szakasz	Q	m	l	s'	d	s''	v	S	zeta	Z	S+Z	Megjegyzés
1,14	24000	1031,8	18	160	28x1,5	165	0,59	2970	13,3	2314,87	5284,87	
2,13	12000	515,88	14	160	18x1	345	0,71	4830	6,8	1713,94	6543,94	
3,12	8000	343,92	6	160	18x1	180	0,48	1080	2,6	299,52	1379,52	
4,11	4000	171,96	10	160	15x1	160	0,36	1600	5,4	349,92	1949,92	
5,10	3000	128,97	8	160	12x1	360	0,46	2880	4	423,2	3303,2	
6,9	2000	85,98	6	160	12x1	170	0,33	1020	2,6	141,57	1161,57	
7,8	1000	42,99	6	160	12x1	50	0,17	300	14,5	209,525	509,525	
összesen			68					14680		5452,5	20132,5	ez már jó

3.7. táblázat. Központi fűtés nomogramos méretezés javítás

3.1.2.

Nomogramos méretezés

A kiindulás teljesen megegyezik az előzővel, így az adatokat csak át-másoljuk ide.

Az alaki ellenállások sem változtak, így azokat is teljes egészében átvesszük.

Az 1 és 14-es szakaszokon a szállítandó víz tömegárama 1032 kg/h, a fajlagos csőúrlódási tényező előzetesen $s'=160$ Pa/m (1,6 mbar/m). A 3.2. ábrából leolvasható (44–46. oldalak), hogy a két egyenes metszéspontja szinte pontosan a 28 x 1,5 mm-es csővön van rajta. Kiválasztva ezt a csőméretet, az $s''=165$ Pa/m-re adódik és a sebesség pedig $v=0,59$ m/s-re. A többi értéket is ehhez hasonlóan olvassuk le a nomogramból.

A táblázatos méretezésnél 12826 Pa volt az összes ellenállás, itt pedig 12582 Pa. Ez az eltérés olyan kicsi, amit nem is veszünk észre a gyakorlatban. Természetesen ez is nagyon kis ellenállást jelent, azaz a szivattyú által létrehozott nyomáskülönbség még túl nagy ehhez képest. Itt is szűkíteni kell néhány csőszakaszt.

A végeredményen is látszik, hogy az eltérés a táblázatos és a nomogramos méretezés között nagyon kicsi, tehát mindkettőt lehet biztonságosan használni.

Az alaki ellenállást is meg tudjuk határozni nomogram segítségével a 3.3. ábra alapján (47. oldal). Az ábrán jól látható, hogy az ellenállás értéke 425 Pa. Ha összehasonlítjuk a számítós módszerrel, akkor látható, hogy az eltérés (423,2 Pa) olyan kicsi, hogy az észre sem vehető.

3.2.

Radiátor hőleadó egycsöves fűtés

Az egycsöves fűtés akkor szabályoz jól biztonsággal, ha 3–4 radiátort (3000–3500 W) kötünk maximum egy áramkörre. E fölött már nem biztos, hogy tökéletes lesz a szabályozás. Az egycsöves fűtések hátránya, hogy az egyik hőleadónál történt változás jelentősen befolyásolja a többi hőleadót. Például az egyik hőleadó a fürdőszobában van, s történetesen pont ez az első a sorban, akkor ha fürdés után beinyitjuk az ablakot, a radiátorra bezúdul a hideg levegő, s így a hőmérsékletkülönbség nagyon nagy lesz. Ettől megnő annak a radiátornak a hőleadása, s a többi radiátorhoz már alacsonyabb hőmérsékleten érkezik a fűtővíz, így kevesebb hőmennyiséget tud leadni. A hátrébb lévő helyiségekben a hőmérséklet csökkenni fog. Természetesen ez rövid idejű szellőztetésnél nem lesz észrevehető, mert a falak hőtároló képessége kompenzálja ezt, de hosszabb idő esetén már érezhető lesz a változás. Kétcsöves fűtésnél ez nem vehető észre még hosszú idő esetén sem.

A 43. oldalon lévő nomogram alatt szerepel a teljes megértéshez szükséges példa, így azzal nem kell külön foglalkozni. A vezeték ellenállását ugyanúgy határozzuk meg, mint a kétcsöves rendszernél, amit már ismerünk.

Arra vigyázni kell, hogy az egycsöves fűtéshez csak kizárólag az ehhez való szelepeket lehet beépíteni, mert különben nem lesz jó a szabályozás (fordítva sem jó a szabályozás, azaz, ha kétcsöves fűtéshez egycsöves szelepet építünk be). Gyakran csak abból lehet látni a szerelvény egy-, vagy kétcsöves voltát, hogy azt

írják rá 100%, vagy 50% (a 100%-os való a kétcsöves fűtéshez).

3.3.

Felületi fűtések

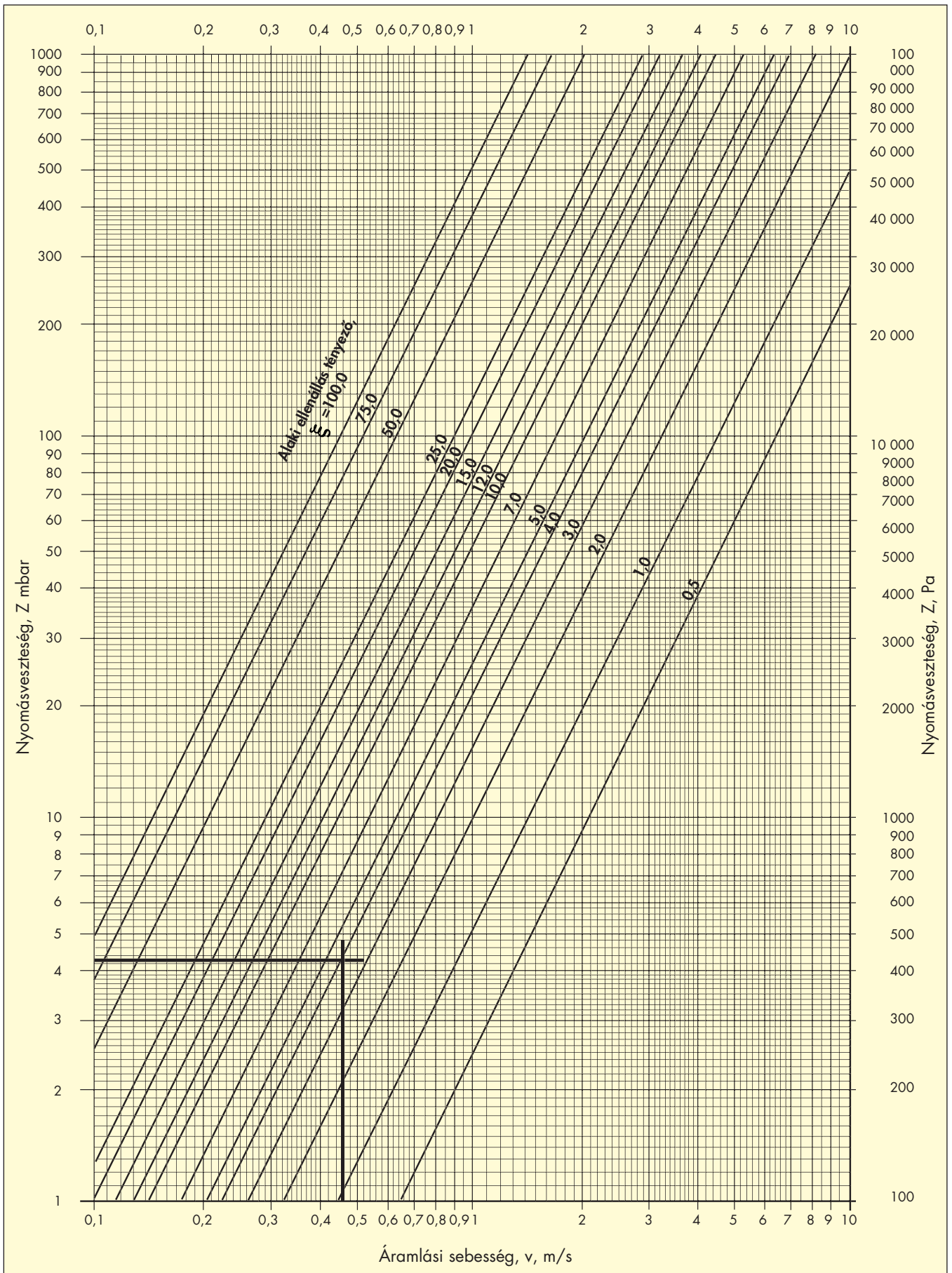
A felületi fűtések manapság nagyon divatosak. Megkülönböztetünk:

- padlófűtést,
- mennyezeti fűtést,
- falfűtést.

E felületfűtések nem ma találták fel, de manapság élnek reneszánszukat. A három mód közül a padlófűtés a legelterjedtebb, a falfűtés napjainkban vált divattá, a mennyezeti fűtés csak csarnokokban, alárendelt helyeken jöhet szóba, lakásban nem. Mindegyik felületfűtésnek meg van az a tulajdonsága, hogy a hő nagy részét sugárzással adja le, így azokat nem szabad eltakarni, mert nem tudják leadni a szükséges hőmennyiséget. Ez azt jelenti padlófűtésnél, hogy a padlónak arra a részére, ahol a beépített csövek vannak, nem tanácsos alacsony bútorokat tenni, csak magas lábakon állókat, illetve nem szabad több réteg szőnyeget letenni. Falfűtésnél pedig a fűtött falak elé nem szabad bútorokat tenni, mert nem tudja a fal kisugározni a szükséges hőmennyiséget. Mindegyik fűtési módnak meg van a maga előnye és hátránya, de ezt most nem fogjuk részletezni, mert most csak a méretezéssel foglalkozunk.

A felületi fűtések sugárzó fűtések, így az emberi hőérzet szempontjából elegendő az alacsonyabb helyiség-hőmérséklet is. Az ember hőérzetét két dolog befolyásolja számottevően (lakásban általában nincs munkavégzés):

- a levegő hőmérséklete,
- a környező felületek sugárzó hőmérséklete.



3.3 ábra. Alaki ellenállás meghatározása nomogram segítségével

Amennyiben a levegő hőmérséklete pl. 20 °C, még nem biztos, hogy kellemesen érezzük magunkat abban a helyiségben. Ha a környező felületek (falak, ablakok, padló, mennyezet) hőmérséklete alacsony, akkor az ember teste – a magasabb hőmérséklete miatt – sok hőt sugároz szét a környezetnek, így hidegnek érezzük a helyiséget a 20 °C léghőmérséklet ellenére is. Ha viszont a körülöttünk lévő felületek hőmérséklete nem alacsony, akkor kevés hőt sugárzunk szét, s ezáltal még az alacsonyabb hőmérsékleten is kellemesen érezhetjük magunkat.

A felületi fűtésnél gondolni kell arra is, hogy a felfűtési, illetve lehűlési idő hosszabb, mint a radiátoros fűtésnél. A jó szabályozhatóság miatt lényeges a beépítésre kerülő szelepek tulajdonsága. A szelepeket úgy gyártják általában, hogy azoknak a kvs értékük a Renard sor szerint változik: kvs 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 10,0; 16,0; 25,0; ... Ez azt jelenti, hogy a szelepen 1,0 bar nyomásesés mellett 1,0; 1,6; ... m³/h vízmennyiség áramlik keresztül. Egy szelep általában akkor szabályoz jól, ha a rajta

létrejövő nyomásvesztés a teljes rendszer nyomásvesztésének 30–40%-a. Ha a rendszer teljes nyomásvesztése 20.000 Pa, akkor a szelepen 6.000–8.000 Pa nyomásesés jöjjön létre.

Ha a 3.1. példában szereplő értéket nézzük, ahol a szivattyú nyomása 21.500 Pa volt, a fűtővíz mennyisége pedig 0,043 m³/h egy radiátornál. Ebben az esetben az a jó, ha pl. a termosztát-szelepen (nagyon le van egyszerűsítve) 6.450 és 8.600 Pa közötti a nyomásesés. A kv értéket a következőképpen számíthatjuk ki:

$$k_v = \frac{\dot{V}}{\sqrt{\Delta p}}$$

ahol:

k_v a szelep számított értéke;

\dot{V} a térfogatáram, m³/h;

$\sqrt{\Delta p}$ a nyomásvesztés, bar.

A példánkban szereplő értéket kiszámolva kapjuk:

$$k_v = \frac{0,043}{\sqrt{0,0645}} = 0,017, \text{ illetve}$$

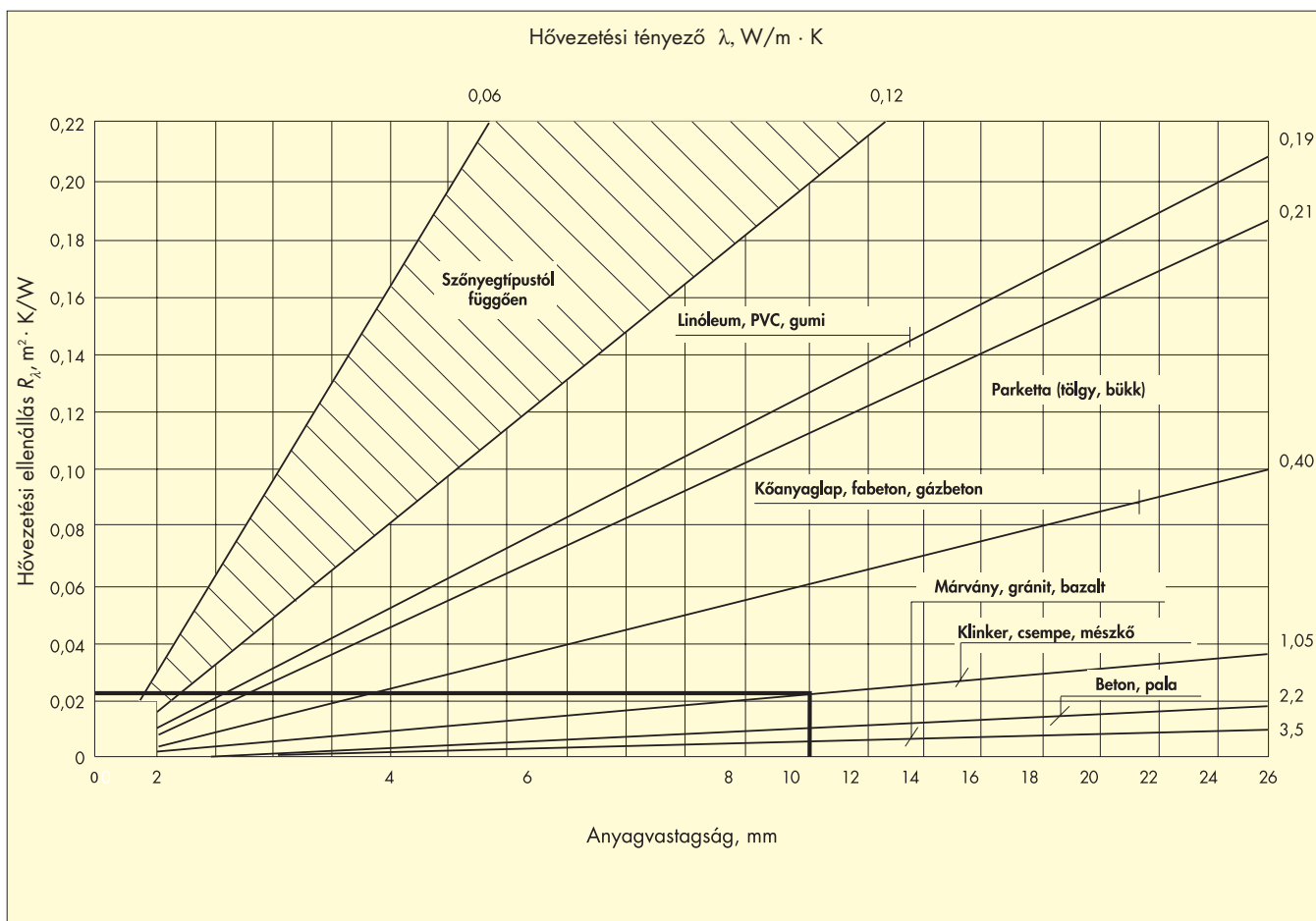
$$k_v = \frac{0,043}{\sqrt{0,086}} = 0,147$$

Ehhez 0,1; vagy 0,16 kvs értékű szelepet lehet választani.

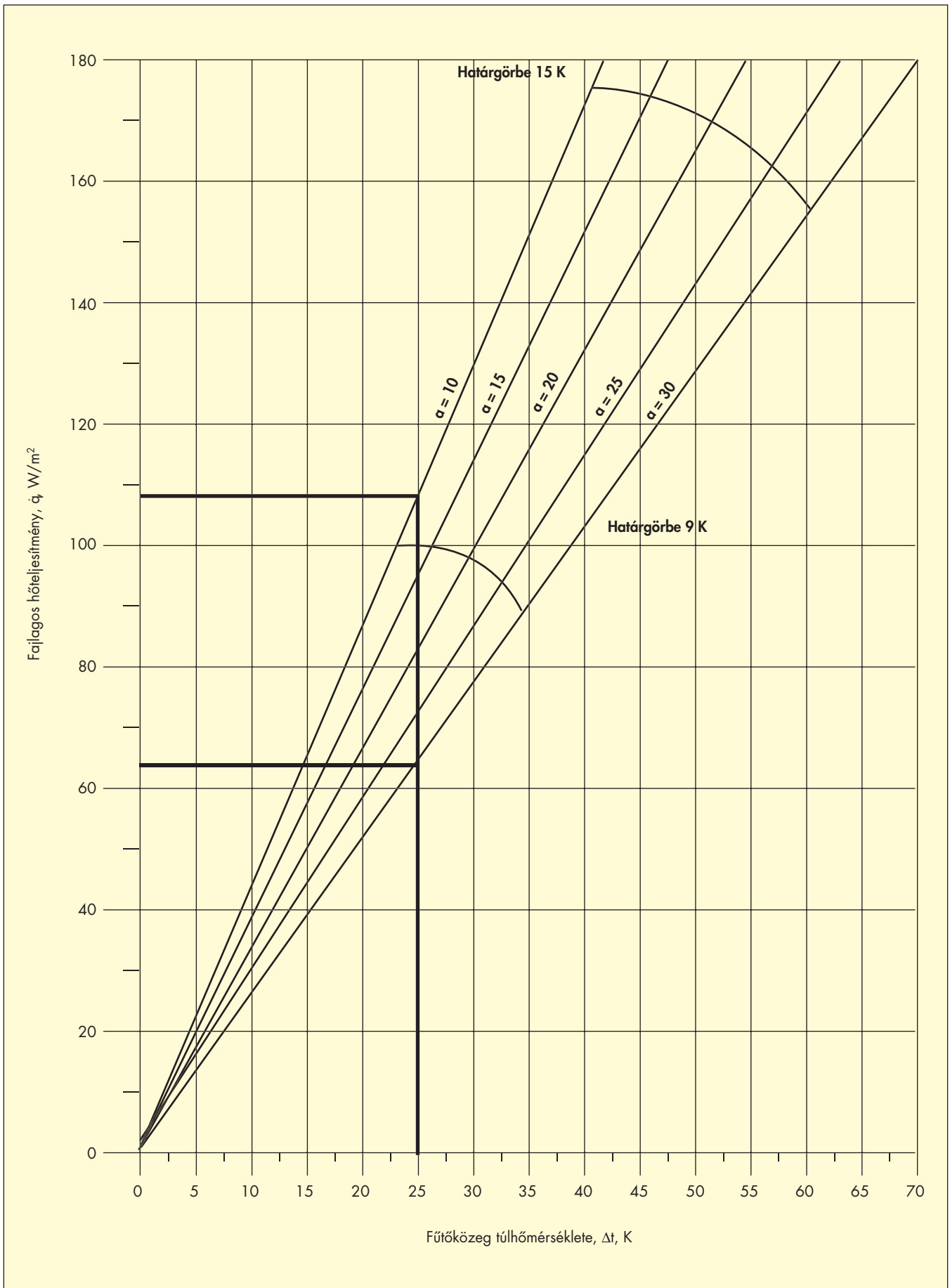
3.3.1.

Padlófűtés

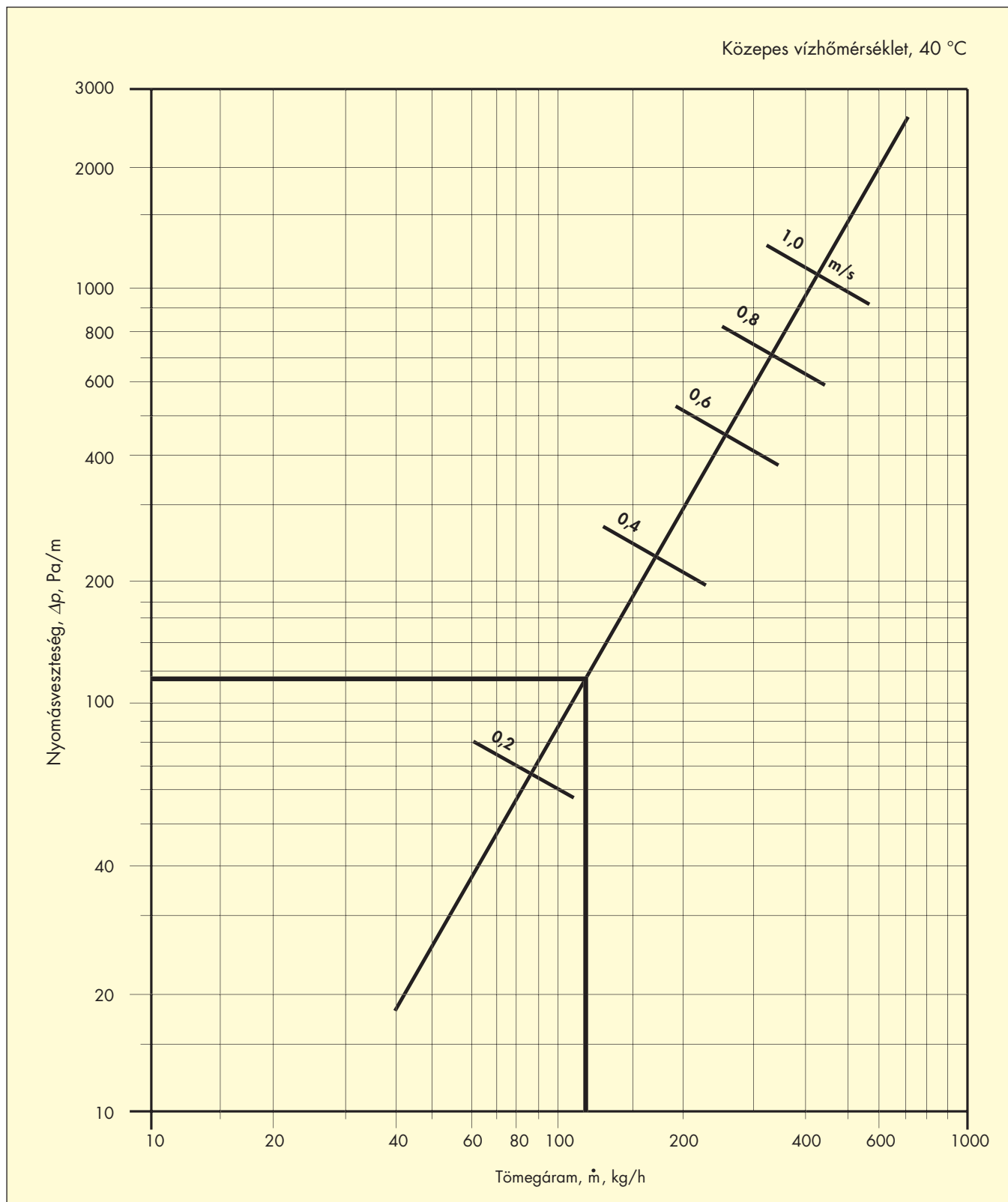
A padló felületi hőmérséklete lehetőleg ne legyen 9 K-nel magasabb a levegő hőmérsékleténél. Innen adódik, hogy lakóhelyiségekben hidegpadló esetén a felületi hőmérséklet 27 °C, s a levegő hőmérséklete 18 °C. Melegpadló esetén ugyanezek 29 °C és 20 °C. Fürdőszobában 33 °C és 24 °C. A külső falak mentén a szegélyzóna 35 °C és 26 °C (ritkán használt). A 48. oldalon látható a különböző anyagok hővezetési ellenállása, mely jó tájékoztatást ad arról, hogy a padlóburkolat mennyire képes szigetelni a fűtést. Segítségével megállapíthatjuk, hogy a padlófűtési méretezési nomogramok közül melyiket használjuk (3.4. ábra).



3.4. ábra. Padló hővezetési ellenállása.



3.5. ábra. Padlófűtés méretezése



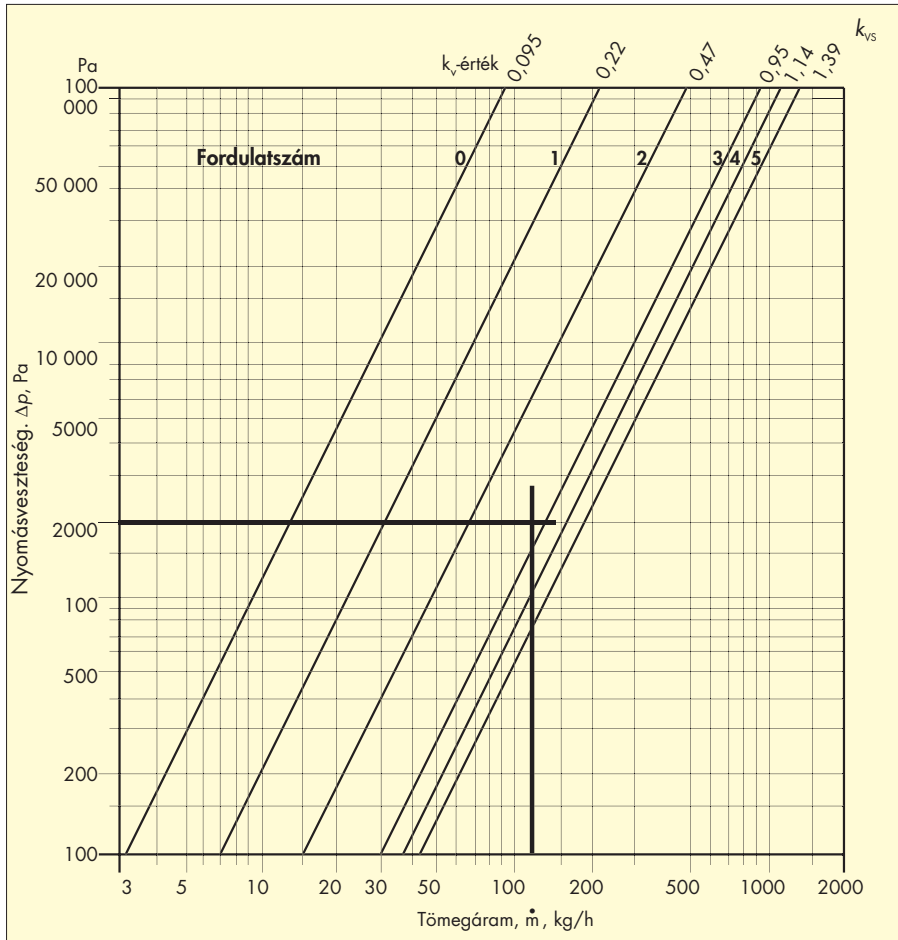
3.6. ábra. Padlófűtési cső fajlagos súrlódási ellenállása (14 x 0,8 mm-es részcső)

Az ábrából le tudjuk olvasni, hogy pl. egy csempeburkolatú helyiségben a 10 mm vastag csempe hővezetési ellenállása $0,025 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$. Ugyanígy meg tudjuk állapítani, hogy 3 cm vastag beton hővezetési ellenállása $\sim 0,02 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$, tehát az összes ellenállás: $0,025 + 0,02 = 0,045 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$. Ennek a padlófűtésnek a méretezésé-

hez az 50. oldalon lévő nomogramot kell használni ($R=0,05$).

A méretezést többféle módon is elkezdhetjük, mi most egy lehetőséget mutatunk be. Tételizzük fel, hogy a fűtési rendszerünkben akkora a szivattyú nyomáskülönbsége, hogy a kazán-, az osztó-gyűjtő-, az odáig vezető csővezeték-és a szabályozó szerel-

vény ellenállását levonva, a padlófűtési rendszerre marad 14.000 Pa felhasználható ellenállás. Természetesen ez minden egyes áramkörre ugyanannyi. Ha azt akarjuk, hogy a padlófűtés egyenletesen adja le a meleget és a szabályozás is jól működjön, akkor minden áramkörnek hasonló hosszúságúnak kell lennie.



3.7. ábra. Fojtás a visszatérő csavarzaton

Ha kényszerűségből mégis adódik egy rövidebb áramkör, akkor oda egy akkora fojtást kell beiktatni, hogy az ellenállása hasonló legyen a többiével. A fűtővíz hőmérsékletét felvesszük 50/40 °C-ra. A közéghőmérséklete ekkor (a kettő összege osztva kettővel, $(t_p + t_v)/2$) 45 °C. A helyiség hőmérséklete legyen 20 °C, így a túlhőmérséklet 25 K. Ha a helyiség összes hővesztése 1500 W, és az alapterülete $4 \times 5 = 20 \text{ m}^2$, akkor a fajlagos hővesztés $1500/20 = 75 \text{ W/m}^2$. Természetesen ez nem teljesen lesz igaz, mert legyen a 4 m széles fal a külső, s így ott egy 1 m széles szegélyzónát kialakítva, sűrűbben kell fektetnünk a csöveket. A szegélyzónában 10 cm-es sortávolságban fektetjük a csöveket (itt lehet magasabb a padló hőmérséklete, mint a tartózkodási zónában). A 3.5. ábrából leolvasható, hogy 25 K túlhőmérsékletnél a 10 cm sortávolságban fektetett padlófűtés 108 W/m^2 hőt ad le. 4 m^2 esetén ez összesen 432 W hőleadást jelent. Marad még $1500 - 432 = 1068 \text{ W}$, amit a megmaradó 16 m^2 -re kell elosztani. Ez m^2 -enként $66,75 \text{ W}$ hőleadást jelent.

A 30 cm-es sortávolságnál ez kb. meg is felel. A 10 cm-es sortávolságnál kicsit túlléptük a 9 K-es határgörbét, vagyis itt kb. 10 K-nel magasabb a padló felületi hőmérséklete a levegőénél. A 30 cm-es sortávolságnál lényegesen alatta maradunk ennek az értéknek, kb. 7 K-nel lesz magasabb a padló hőmérséklete a levegőénél. Ezzel a helyiség hővesztését kielégítettük szinte hajszálra. A gyakorlatban azonban nem árt egy kicsit túlméretezni a fűtést, mert egy idő után biztosan tesznek a padlóra olyan dolgokat, melyek lefogják a hőleadást. Ha a 30 cm-es sortávolság helyett 25 cm-t választunk, akkor a hőleadás megnövekszik 73 W/m^2 -re, s így lesz egy kis tartalékunk a fűtésben.

A következő lépés az áramkör hosszának megállapítása. A helyiségben van 4 m^2 10 cm-es sortávolságú- és 16 m^2 25 cm-es sortávolságú padlófűtés. 10 cm-es sortávolságnál 1 m^2 padlófűtéshez 10 m cső kell, 25 cm-es sortávolsághoz pedig 4 m kell 1 m^2 -hez. Az összes csőmennyiség a helyiségben: $4 \times 10 + 16 \times 4 = 104 \text{ m}$. Az 1500 W hőleadás mellett a víz tömegárama:

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}}{c \cdot \Delta t} = \frac{1500}{4186,8 \cdot 10} = 0,0358 \text{ kg/s}$$

azaz $128,97 \text{ kg/h}$.

A 3.6. ábrából leolvasva kapjuk, hogy 115 Pa/m a csővezeték ellenállása ekkora tömegáram esetén. A 104 m hosszú padlófűtés összes ellenállása tehát 11.960 Pa (a minimum 200 mm -es íveknél már nem kell alaki ellenállásokkal számolni). Ebből azt is láthatjuk, hogy a lakásban lévő áramkörök hossza $100\text{--}120 \text{ m}$ körül legyen. Inkább fogjunk össze egy áramkörbe több kisebb helyiséget, hogy a megfelelő hosszúságot elérjük.

Látható, hogy még 2040 Pa -t fojtani kell a visszatérő csavarzatonál (3.7. ábra).

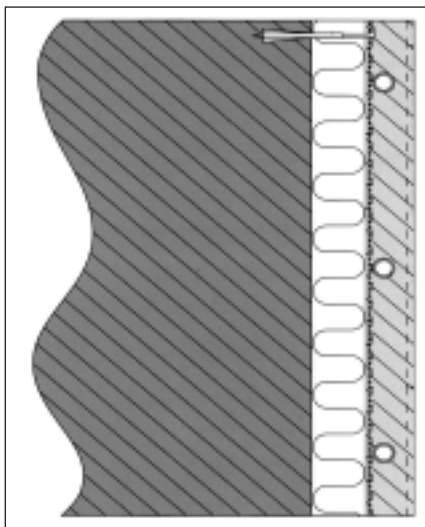
Az ábrából azt látjuk, hogy a visszatérő csavarzaton kb. $2,5$ fordulatot kell zárni a teljesen nyitott állapottól. (Vigyázzunk arra, hogy mindig annak a gyártónak a nomogramját használjuk, amilyen csavarzat beépítésre kerül, mert eltérőek a fojtási értékek.)

A padlófűtési csővezeték nyomásvesztésének meghatározására van egy egyszerűsített nomogram a könyv 53. oldalán. Segítségével gyorsabban határozhatjuk meg az összes súrlódási ellenállást.

3.3.2.

Falfűtés

A falfűtésről kicsit részletesebben írunk, mert az I. részben erről még nem volt szó. Célszerű a külső falakra tenni a falfűtési csöveket, mert a külső falak hidegebbek, s ezáltal arrafelé több hőt sugároz az emberi test. Csak olyan magasságig célszerű a falat fűteni, amilyen magasságig felér az ember. Ha tudjuk, hogy valamelyik falon biztosan lesz bútor, akkor oda ne tervezünk falfűtést, mert úgysem tudja leadni az a falrész a hőt. A külső oldal felé itt is kell hőszigetelés, de a falra nem tudunk olyan vastag hőszigetelést tenni, mint a padlóra (3.8. ábra).



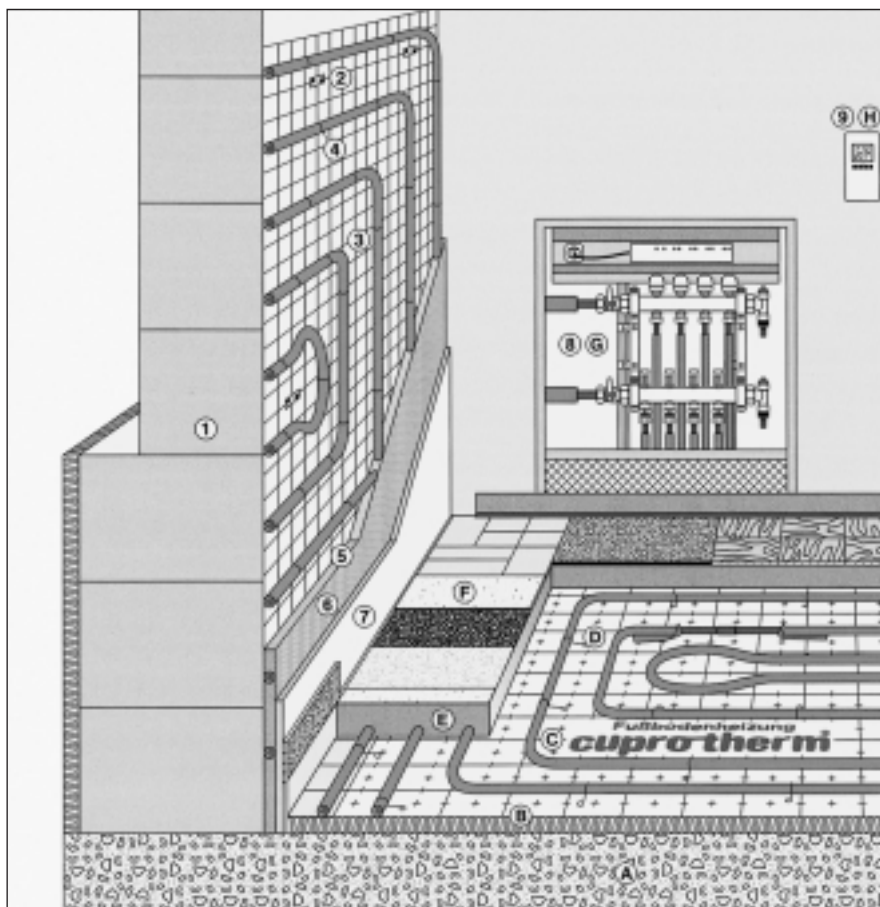
3.8. ábra. Falfűtés elvi kialakítása

A csővezetékét legcélszerűbb a földön meghajtani és egy hálózathoz erősíteni, majd a kész hálózatot tegyük fel a falra (3.9. és 3.10. ábra).

A falra felerősített hálózatra egy kiegyenlítő vakolatot kell felhordani a csővezeték szintjéig, majd egy speciális műanyaghálót ráborítani, hogy megakadályozzuk a későbbi vakolat-repedezéseket. Ezután jöhet a simító vakolás és falfestés. Vigyázni kell a nagyobb képek felrakásával, mert azok a hőt visszatartják, valamint a képek felerősítésére szolgáló csavarok nehogy a csővezetékbe menjenek bele.

A falfűtés és padlófűtés kombinációja (3.11. ábra) nagyon kellemes közérzetet biztosíthat egy helyiségben, mert minden felület meleg, így az ember csak nagyon kevés hőt sugároz ezek felé. Lényegesen alacsonyabb levegőhőmérsékletnél is kellemesen érezhetjük magunkat.

A 3.12. ábrán látható, hogy a jól kialakított falfűtés egyenletes hőmér-



3.11. ábra. Padlófűtés és falfűtés kombinációja

1. Falszerkezet, 2. tartórács, 3. fűtőcső, 4. felerősítő, 5. kiegyenlítő vakolat, 6. műanyag háló, 7. fedő vakolat, 8. osztó, 9. szobatermosztát, A. betonfödém, B. hőszigetelés, C. fűtőcső, D. rögzítő, E. esztrich beton, F. padlóburkolat, G. osztó, H. szobatermosztát

sékletű. Nem kell félni a légtelenítési problémáktól, mert a fűtés közben keletkezett kevés levegőt el tudja vinni magával a fűtővíz és a megfelelő légtelenítési helyen elengedi. A feltöltéskori légtelenítést pedig nyitott rendszerűen kell megoldani, azaz a vezeték egyik végénél engedjük be a vizet a hálózatba, a másik végénél pedig a szabadba engedjük.

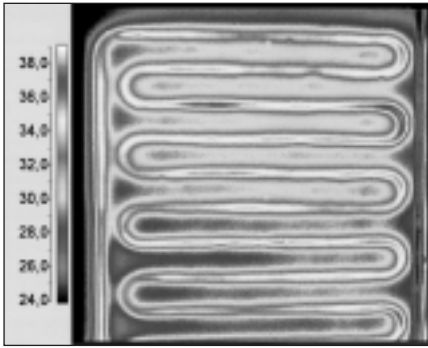
Amikor már jól átöblítettük a rendszert és már buborékmentesen jön ki a víz a csőből, akkor lezárjuk a rendszert (zárttá tesszük) és kezdődhet a felfűtés. Vigyázni kell arra, hogy az első felfűtés lassan történjen, mert a vakolatnak ki kell száradnia. Ez azt jelenti, hogy a fűtés-kori maximális hőmérsékletet kb. egy hét alatt érjük el.



3.9. ábra. Hálózat összeszerelése a földön



3.10. ábra. Az elkészült hálózat felerősítése a falra



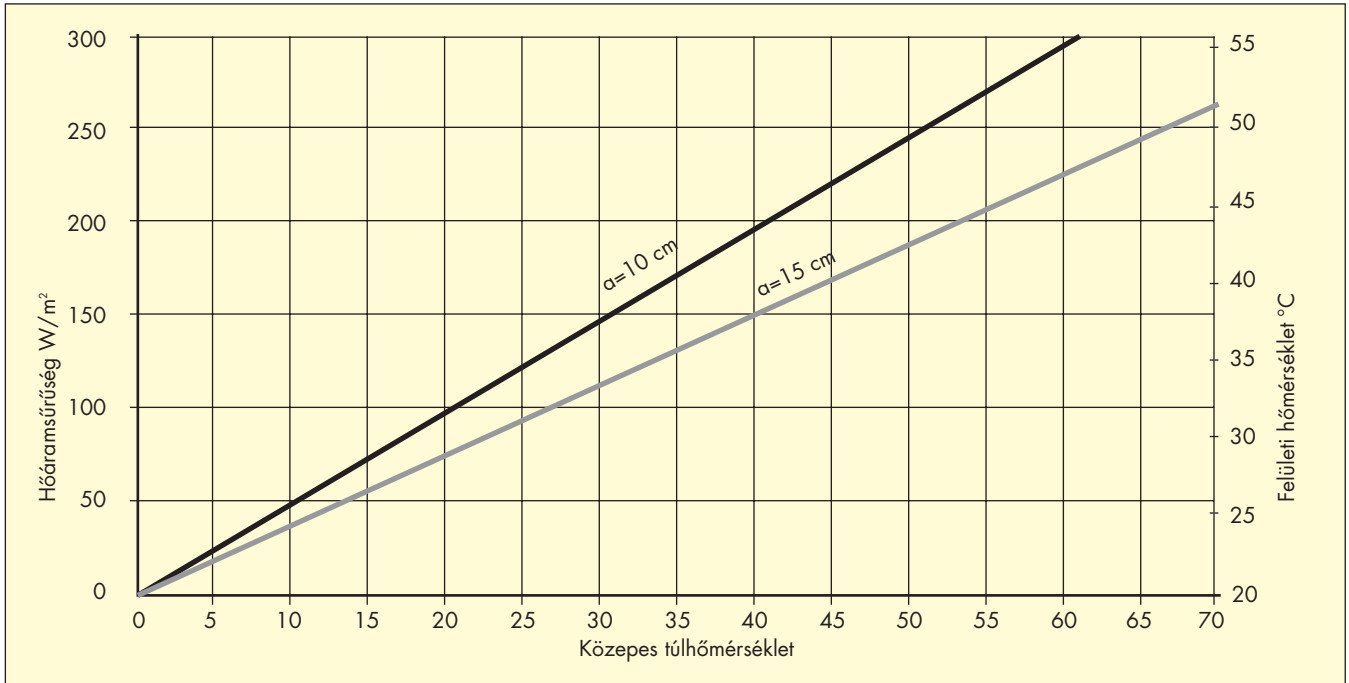
3.12. ábra. Jól kialakított falfűtés termovíziós képe

Falfűtés esetén nincs szegélyzóna, itt egyenletesen kell a csővezetékét felszerelni.

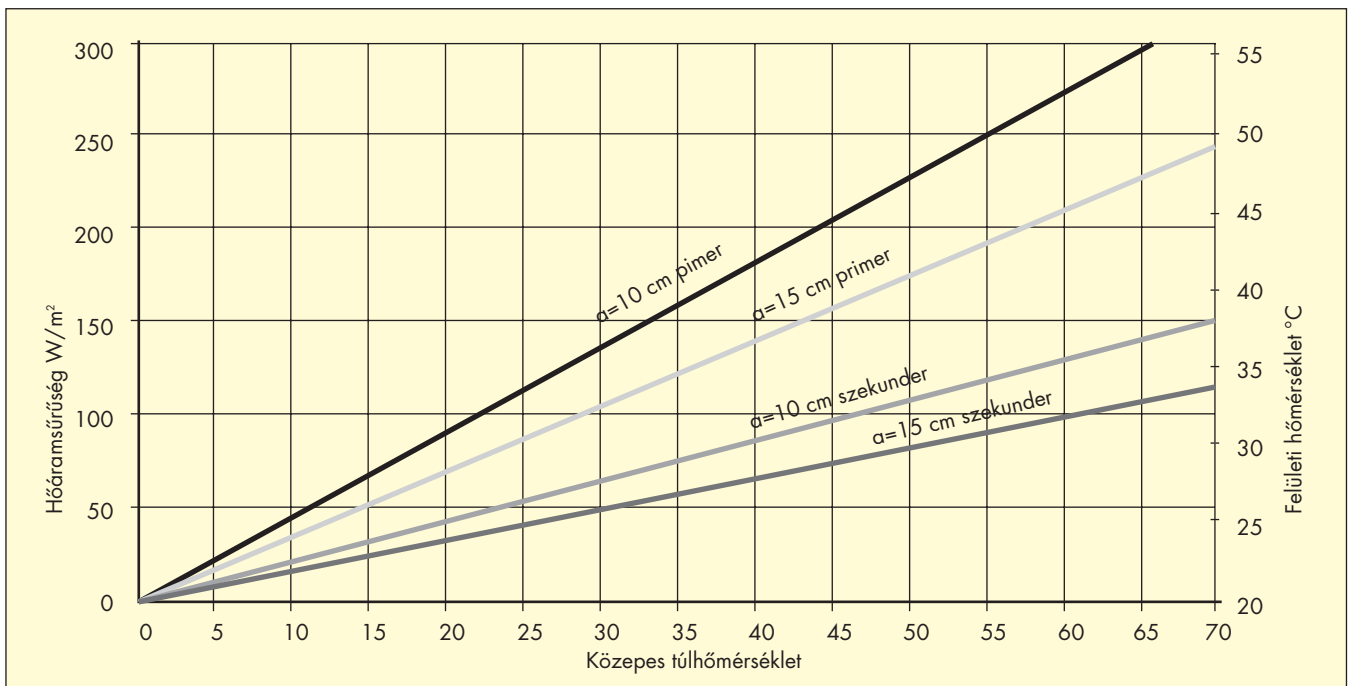
A 3.13. ábrából látható, hogy a külső falon kiépített falfűtés pl. 40 °C-os közepes fűtővíz hőmérsékletnél (45/35 °C) kb. 200 W/m² hőt ad le 10 cm-es sortávolságnál, illetve 150 W/m² hőt ad le 15 cm-es sortávolságnál. A falfűtést kb. 2,0 m magasságig tervezzük be, a fölött már úgysem érezzük a hatását. A méretezés pontosan úgy történhet, mint ahogy

azt a padlófűtésnél már megismertük. A belső fal mentén kialakított falfűtésnél (3.14. ábra) megkülönböztetjük még a primer és a szekunder hőleadást is, mert itt nem teszünk hőszigetelést a fűtés alá, s ezáltal nem csak a méretezési helyiséget fűti (primer), hanem a másik oldalon lévő helyiséget is (szekunder).

A falfűtést méretezhetjük táblázat segítségével is (3.8. táblázat). Ha pl. egy szobában 50°C a közepes fűtő-



3.13. ábra. Méretezési nomogram külső falhoz



3.14. ábra. Méretezési nomogram belső falhoz

Fűtővíz közepes hőmérséklet	sor távolság cm	Fürdőszoba	szoba	konyha, wc, előszoba	lépcsőház
30	10	48 W/m² 14,0 22,0 29,0	66 W/m² 10,0 16,0 20,5	88 W/m² 7,5 12,0 15,5	110 W/m² 6,5 10,0 13,0
	15	42 W/m² 19,0 29,5 38,0	55 W/m² 13,5 21,5 27,5	71 W/m² 10,5 16,5 21,5	89 W/m² 8,5 13,5 17,5
	20	37 W/m² 24,5 38,5 49,5	47 W/m² 17,5 28,0 35,5	59 W/m² 13,5 21,0 27,5	72 W/m² 11,0 17,5 23,0
35	10	73 W/m² 9,5 15,0 19,5	91 W/m² 7,5 12,0 16,0	112 W/m² 6,5 10,0 13,0	135 W/m² 5,5 8,5 11,5
	15	61 W/m² 13,0 20,0 26,0	74 W/m² 10,5 16,5 21,5	91 W/m² 8,5 13,5 17,5	108 W/m² 7,5 11,5 15,5
	20	52 W/m² 16,5 26,0 34,0	62 W/m² 13,5 21,5 28,0	74 W/m² 11,0 17,5 23,0	87 W/m² 9,5 15,0 20,0
40	10	97 W/m² 7,5 12,0 15,5	115 W/m² 6,5 10,0 13,5	137 W/m² 5,5 8,5 11,5	159 W/m² 5,0 7,5 10,0
	15	80 W/m² 10,0 16,0 21,0	94 W/m² 8,5 13,5 18,0	110 W/m² 7,5 11,5 15,5	127 W/m² 6,5 10,5 13,
	20	67 W/m² 13,0 21,0 27,0	77 W/m² 11,0 18,0 23,5	89 W/m² 9,5 15,0 20,0	102 W/m² 8,5 13,5 18,0
45	10	122 W/m² 6,0 10,0 13,0	140 W/m² 5,5 8,5 11,5	161 W/m² 5,0 7,5 10,0	184 W/m² 4,5 7,0 9
	15	99 W/m² 8,5 13,5 17,5	113 W/m² 7,5 12,0 15,5	129 W/m² 6,5 10,5 13,0	146 W/m² 5,5 9,5 12,5
	20	82 W/m² 11,5 18,0 23,5	92 W/m² 9,5 15,5 20,5	104 W/m² 8,5 13,5 18,0	117 W/m² 7,0 12,5 16,5
50	10	146 W/m² 5,5 8,5 11,5	164 W/m² 5,0 8,0 10,5	186 W/m² 4,5 7,0 9,0	208 W/m² 4,0 6,5 8,5
	15	119 W/m² 7,0 11,5 15,0	132 W/m² 6,5 10,5 14,0	148 W/m² 5,5 9,5 12,5	165 W/m² 5,0 9,0 11,5
	20	97 W/m² 9,5 15,0 20,0	107 W/m² 8,5 14,0 18,5	119 W/m² 7,0 12,5 16,5	132 W/m² 6,5 11,5 15,0
55	10	171 W/m² 5,0 7,5 10,0	189 W/m² 4,5 7,0 9,5	210 W/m² 4,0 6,5 8,5	233 W/m² 3,5 6,0 8,0
	15	138 W/m² 6,5 10,5 14,0	151 W/m² 5,5 9,5 12,5	167 W/m² 5,0 9,0 11,5	184 W/m² 4,5 8,0 10,5
	20	112 W/m² 8,0 13,5 18,0	122 W/m² 7,0 12,5 16,5	134 W/m² 6,5 11,5 15,0	147 W/m² 5,5 10,5 14,0
60	10	195 W/m² 4,0 7,0 9,5	213 W/m² 4,0 6,5 8,5	235 W/m² 3,5 6,0 8,0	257 W/m² 3,0 5,5 7,5
	15	157 W/m² 5,5 9,5 12,5	170 W/m² 5,0 9,0 11,5	186 W/m² 4,5 8,0 11,0	204 W/m² 4,0 7,5 10,0
	20	127 W/m² 7,0 12,5 16,5	137 W/m² 6,5 11,5 15,0	149 W/m² 5,5 10,5 14,0	162 W/m² 5,0 10,0 13,

3.8. táblázat. Falfűtés méretezési táblázat

víz hőmérséklet és a sortávolság 15 cm, akkor a leadott hőmennyiség 132 W/m². A táblázatban a hő-

leadás alatt szereplő három szám azt mutatja, hogy 5, 10, 15 K hőfoklépcsőnél mekkora felületetnél nagyobb

bat ne építsünk be egy áramkörhöz ahhoz, hogy az áramlási sebesség ne legyen nagyobb 0,5 m/s-nál.