

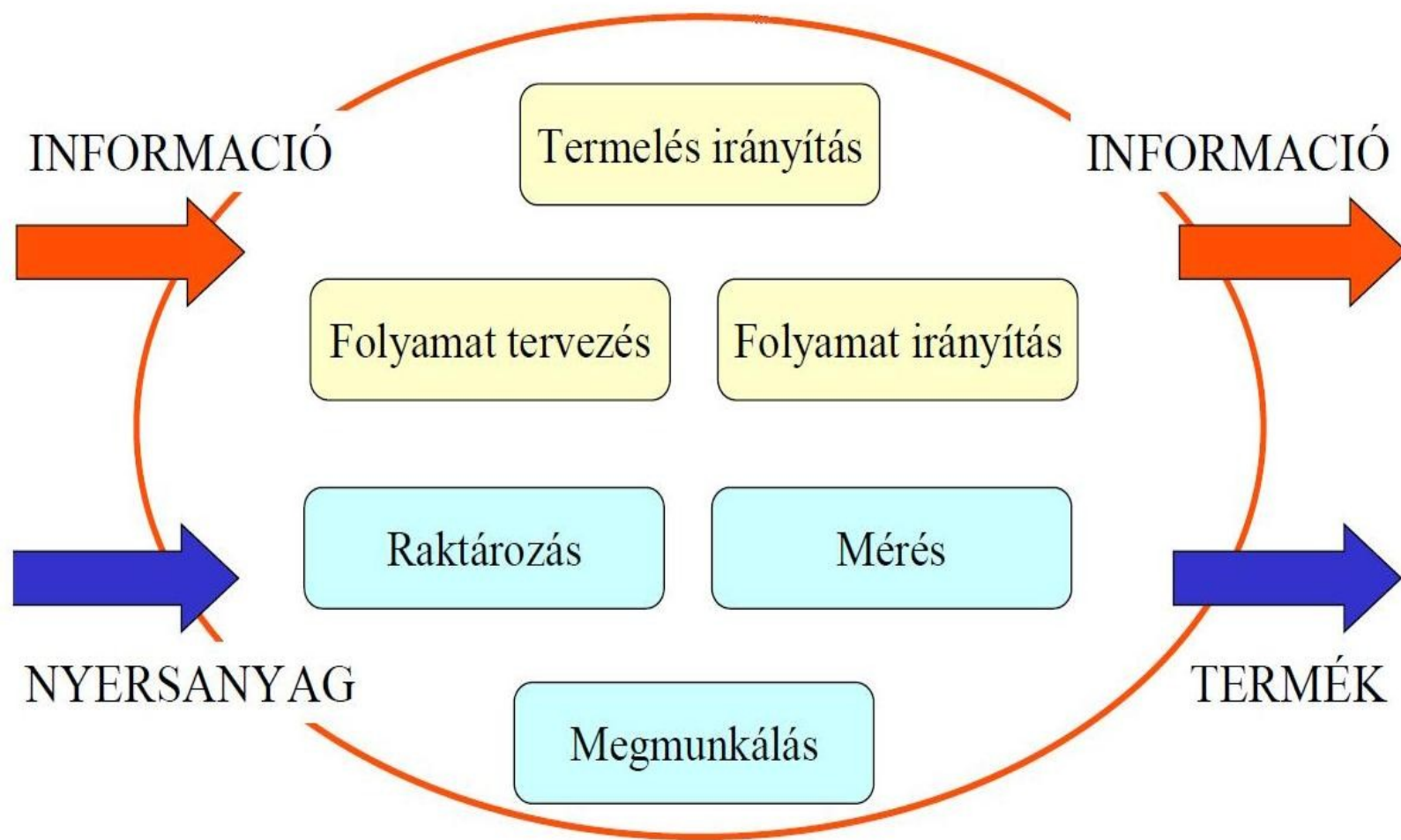
Vállalati Információs Rendszerek

VIR

TERMELÉSIRÁNYÍTÁS

Vállalati Információs Rendszerek

Gyártórendszerek folyamatai



Termelésirányítás

Egy vállalat gyártási tevékenységét átfogó funkció, amely a piaci igények és a vállalat lehetőségeinek figyelembe vételével összeállítja a vállalat szempontjából legkedvezőbb gyártási feladatot.

Termelésirányítási módok

- MRP rendszerek
- JIT (JUST IN TIME)
- LEAN MANUFACTURING

MRP rendszerek:

Az első erőforrás-tervező rendszert az IBM fejlesztette ki a 60-as években (**MRP I: Material Requirement Planning = Anyagigény tervezés**),

Az MRP I *anyagszükséglet tervezésére* alkalmas.

Ezt a rendszert végtelen kapacitású tervezés -nek is nevezik, mert a forrásokat nem korlátozza. **Feltételezi**, hogy amire szükség van, az előállítható, illetve meg is kapható.

Lényege:

Olyan eljárás, melynél az anyagszükséglet a végső termék elkészülte határidejéből egy visszafelé irányuló tervezési folyamattal pontosan meghatározható.

Független keresletű termékek:

azok a termékek, részegységek, amelyeket önállóan is értékesít a vállalat. Ezek keresletét **külső tényezők - a piac** határozza meg.

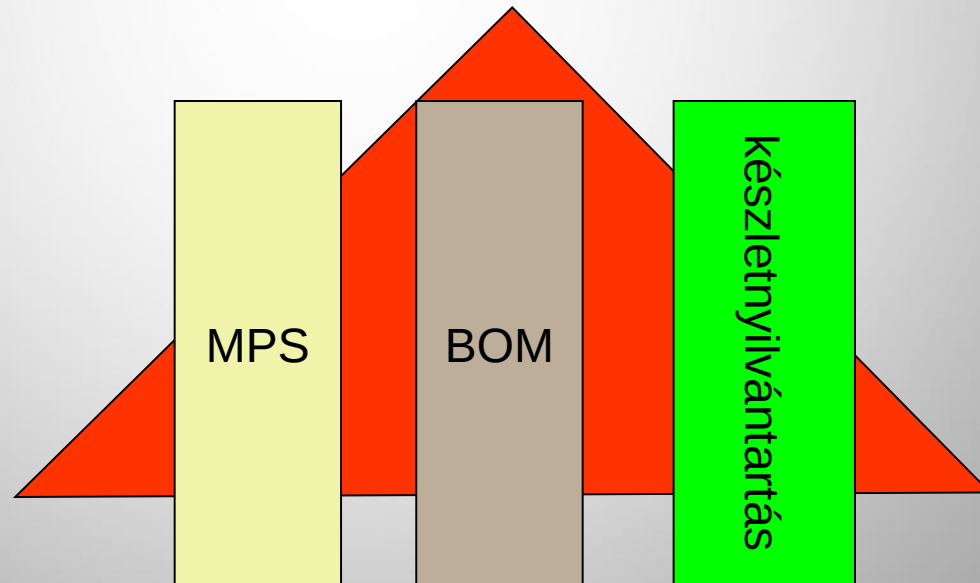
Függő keresletű termékek:

pl. a végtermékbe beépülő alkatrészek, részegységek, alapanyagok. Ezekből annyi kell, amennyi a végtermék elkészítéséhez szükséges - **tehát függ tőle.**

Azokat a rendszereket, ahol a függő keresletű termékeket a független keresletű termékek iránti igényből levezetve határozzuk meg MRP rendszernek nevezzük.

Tervezéssel elérhető, hogy az egyes gyártási fázisok előre meghatározott időben kezdődjenek el és fejeződjenek be. Így a bejövő anyagokat a gyártási folyamathoz lehet igazítani.

Az MRP :



Az MRP működési inputjai:

1. Termelési vezérprogram (MPS Master Program Scheduling):

- Rövidtávra (napi, heti) határozza meg az egyes termékekből gyártandó és beszerezendő mennyiségeket.
- Ezek alapján lehet és kell az anyag- és kapacitásszükségletet meghatározni.
- Minden további ütemezésnek ez az alapja.
- Az MPS az értékesítési tervből származtatható.

2. Gyártmányfa, anyagjegyzék (Bill Of Material, BOM):

- A vezérprogramban szereplő terméket a beépülő anyagok alapján bontja le és rajzjelek segítségével ábrázolja.
- Meghatározza, hogy egy darab végtermékhez milyen anyagok és mekkora mennyiségben szükségesek.
- Az összes anyagot tartalmazza - piramis szerűen épül fel.
- Horizontális és a vertikális (beépülési sorrend) függőségi viszonyokat tartalmaz.

3. Készletnyilvántartás:

- Az anyagok felhasználásának idejét lehet nyomon követni
- Minden készletváltozás követhető, amely szerepel az anyaglistán
- Tartalmazza az anyagok beszerzési idejét és / vagy gyártásának időszükségletét
- Tartalmazza a tervezett beérkezéseket, a feladott rendeléseket és a rendelések teljesítését.

Az MRP ütemezése operatív irányítási szinten valósul meg

Cél:

A feladatok munkahelyekre történő lebontása, a megfelelő eszközök és feladatok egymáshoz való rendelése.

Feladat:

Egy munkaállomás termelési idejét úgy kell felosztani a különböző termelési folyamatok között, hogy figyelembe kell venni:

- a keresletet,
- a készleteket,
- a sorozat nagyságát.

MRP II. Manufacturing Resource Planning (Termelési erőforrás szükséglet tervezés)

Az **MRP I.** módszernek a továbbfejlesztéseként jelent meg **1978.** körül, ami az anyagszükséglet tervezése mellett alkalmas kapacitástervezésre, pénzügyi információkhoz, kutatásfejlesztéshez, és marketing tevékenységhez is. Az **MRP II.** rendszert "*véges kapacitású tervezés*" –nek is nevezik.

Főbb részei (az **MRP II.** rendszerű tervezés outputjai):

- előzetes gyártásindítási terv, melyet lebontanak a gyártási egységek meghatározott szintjéig
- a teljes gyártási sorozat lebontása valamennyi munkahelyre
- az összes beszerzés teljes lebontása
- részegységek esetében: gyártási dokumentumok, beszerzések és a készlet kivételezések lebontása

Just-In-Time

(röviden **JIT**) **Toyota Production System - TPS**

Ez egy **gyártásszervezési és készletgazdálkodási leltárstratégia**, mely a vállalat meglévő készletének és a vele kapcsolatos költségek jelentős csökkentésével javítja a vállalat beruházási hatékonyságát.

A folyamat egy egyszerűen alkalmazható jelrendszerrel működik, amit **kanbannak** hívnak. A gyártási folyamatláncban résztvevő munkaegységek e jelek segítségével fejezik ki igényüket a következő (vagy előző) láncszemnek.

A kanban rendszerint egy **egyszerűen felismerhető jel**, mint például **egy késztermék jelenléte, vagy hiánya** a „kész-polcon”.

Ezt a módszert Japánban a Toyota Gyártási Rendszer alkalmazta először.

A Toyota az „Egyperces csereprogram”-ot (**SMED**) helyezte üzembe. Ennek keretében az átállásokat nagyon egyszerű eszközökkel váltották fel.

Az átszerelés ideje így csaknem félóraára csökkent. A szerszámok beállítására pontos utasításokat dolgoztak ki.

Elemzéseik kimutatták, hogy a fennmaradó idő nagy része a kéziszerszámok keresésére és a présszerszámok szállítására fordítódik.

Mivel a szerelőnek a továbbiakban csak egy alkatrész állt rendelkezésére, így minden alkatrésznek pontosan kellett illeszkednie.

Ez viszont egy nagyon komoly minősegbiztosítási válsághoz vezetett. Ezért a Toyota egy szigorú statisztikai folyamat irányítást vezetett be:

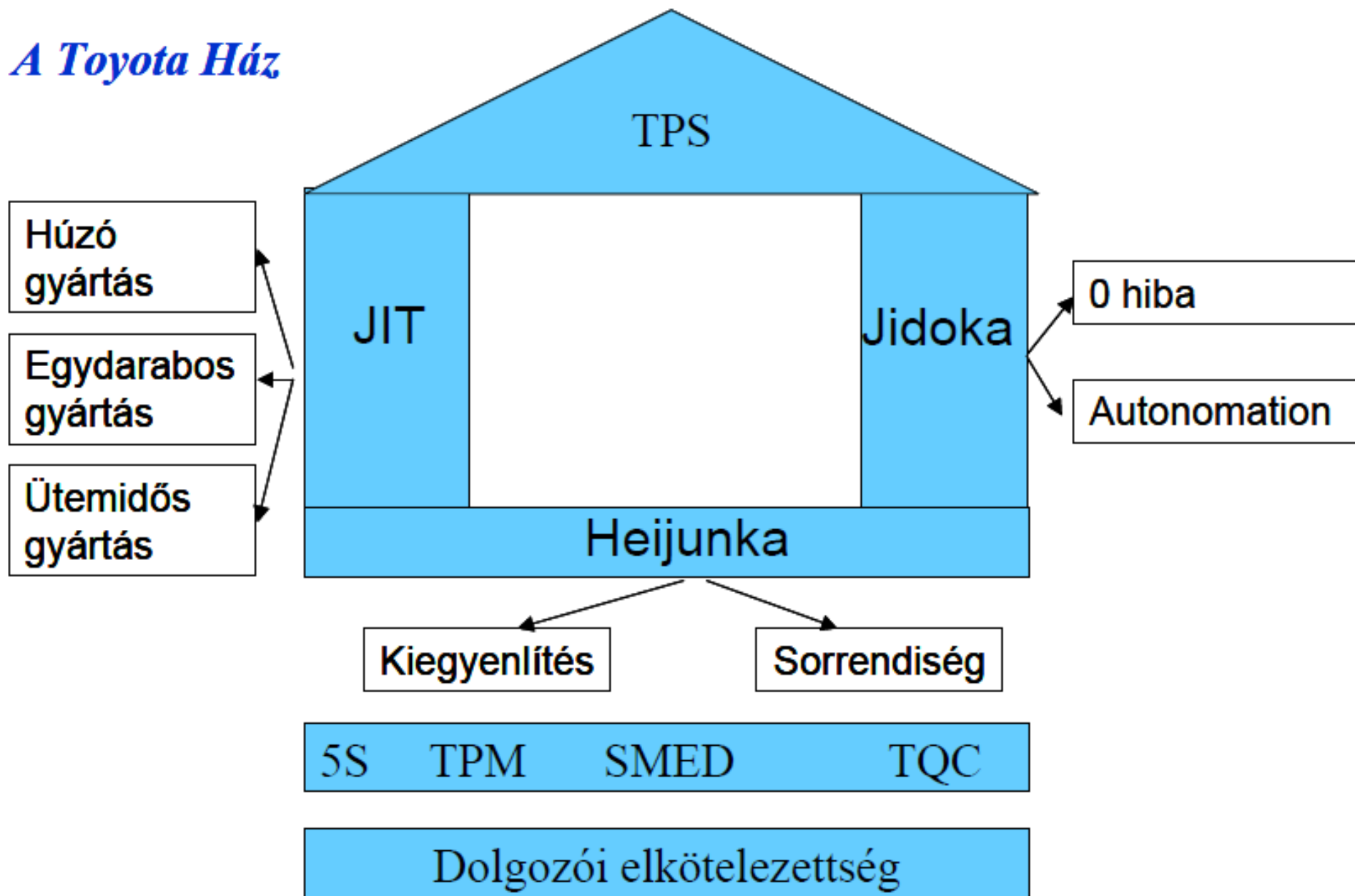
SPC - Statistical Process Control valamint a **TQM - Total Quality Management**.

Ezzel a Toyota minden beszállítóját kötelezte megfelelő minőségű alkatrész szolgáltatására.

A japán gyártásszervezés - a **JIT egy szervezet irányítási filozófia**, amely kellő mennyiségű, az adott időben szükséges termék előállítását biztosítja.

A **JIT** egyszerű munkaszervezési eszközöket használ, amit japán neve után **kanbannak** neveznek. Ezt az USA-ban „**húzó**” (pull) rendszernek neveznek.

A Toyota Ház



TPM: Total Productive Maintenance

TQC: Total Quality Control (teljes körű minőségellenőrzés)

SMED: Single Minute Exchange of Die (10 perc alatti szerszámcseré)

Autonomation = Autonomous operation: intelligens gépek és sokoldalúan képzett munkaerő (felelősséggel való felruházás)

A Toyota Gyártási Rendszert egy házzal szokták jellemezni, amelynek az alapja a **Heijunka**, azaz a termelés egyenletessé tétele, pillérei a **JIT** és a **Jidoka** (a hibamentes gyártás megvalósítása). A biztonságot fokozza olyan ismert módszerek alkalmazása, mint az **5S**, a **TPM** (teljeskörű hatékony karbantartás) és a **SMED** (10 perc alatti szerszámcsere).

Egy folyamat teljesítménye a következő formában írható le:

Összes munka = hasznos munka + haszontalan munka

A haszontalan munkának három fő típusa van (**3MU**):

- **MUDA**: a folyamatokban keletkező veszteségek
- **MURI**: a folyamatokban található természetellenességek, és szakszerűtlenségek

- **MURA**: a folyamatokban meglévő egyenetlenségek, kiegyensúlyozatlanságok.

A **MUDA** -nak (veszteségeknek) hét azonosítható oka van:

- **túltermelés**: nem a vevői igényeknek gyártunk, hanem rátartunk
- **várakozás**: nem áll rendelkezésre az adott pillanatban a szükséges anyag, gép vagy információ,
- **szállítás**: a munkaerő, az anyag, a szerszámok felesleges szállítása,
- **rossz/felesleges/túlszervezett folyamat**, a többszöri ellenőrzés, rossz tűrések,
- **készletek**: mind nyersanyagból, félkész termékből, szerszámokból igen nagy készleteket (adott időben sürgősen) halmozódnak fel,
- **felesleges mozgások/mozgatások**: a rosszul kialakított munkahelyen csak ide-oda mozog az anyag, a szerszám és dolgozó,
- **selejt**: a megelőzés helyett ellenőrzés, sok a javítás, újra megmunkálás.

A **JIT** a folyamatosan ismétlődő tömegtermelésre alakult ki, ahol a termék variációk minimálisak.

Manapság a **JIT** ilyen elnevezésekben is fellelhető, mint a **Lean** „szikár gyártás”, vagy „világszintű termelés”, vagy „érték-áram követés technológia”.

Lean manufacturing

Magyarul: **karcsúsított gyártás**, mely a következő előnyökkel rendelkezik:

- az átfutási idő (lead time) 60-90%-al csökken,
- a gyártásban lévő termékek száma (WIP Work-in-Process) 40 - 80%-al csökken,
- az alapterület igény 75-80%-al csökken,
- a termelékenység 50%-al nő,

- a minőség 50-80%-al nő,
- a karbantartási költségek 10-50%-al csökkennek,
- a minőségi költségek csökkennek,
- a munkaerő igény csökken.

A megnevezés onnan ered, hogy a munkahelyen a humán-erőforrás, a gyártás területigénye és az eszközökbe fektetett költség is legalább a fele volt a megszokottaknak.

A Lean:

- minimalizálja, illetve megszünteti a folyamatokban meglévő, nem értéknövelő műveleteket,
- a legszükségesebb erőforrásokat (emberi, gépi, raktározási, stb.) használja fel,
- az adott terméket, szolgáltatást vagy információt a vevő által megkívánt minőségben, árban és határidőre adja át.

A Lean alapelvei:

A **Lean** gondolkodás **öt alapelvben** foglalható össze:

- pontosan specifikáljuk egy adott termék értékét,
- az érték folyamatosan megszakítás nélkül haladjon előre,
- az értékfolyamatot a vásárló igénye húzza (húzó rendszer),
- törekedjünk a stabilitásra
- törekedjünk a tökéletességre

1. alapelv: az érték

Elemek:

- *Mit akar a vevő?*
- *Az érték fogalma*
- *A veszteségek okai*

Mit szeretne a vevő?

- Olyan terméket/szolgáltatást/információt, melynek minősége kielégíti a valós és látens elvárásait,
- Megfelelő áron jusson hozzá,
- Az általa megkívánt időpontban jusson hozzá.

Áruérték: csakis a vevő szempontjából létezik, vagyis annyi az értéke, amennyire kielégíti a vásárlói kívánalmakat.

Értékteremtő (a hozzáadott értéket növelő) tevékenységnek nevezzük azt, amikor anyag/szolgáltatás/információ a vevő elvárásainak megfelelően változik a folyamatban.

Hozzáadott értéket növelő tevékenység: amikor az árú valamilyen mérhető (pl. fizikai kémiai vagy informatikai – formai – vagy tartalmi) változáson megy át.

A **nem értékteremtő** folyamatok két kategóriába sorolhatók:

- **szükséges veszteségek,**
- **szükségtelen veszteségek.**

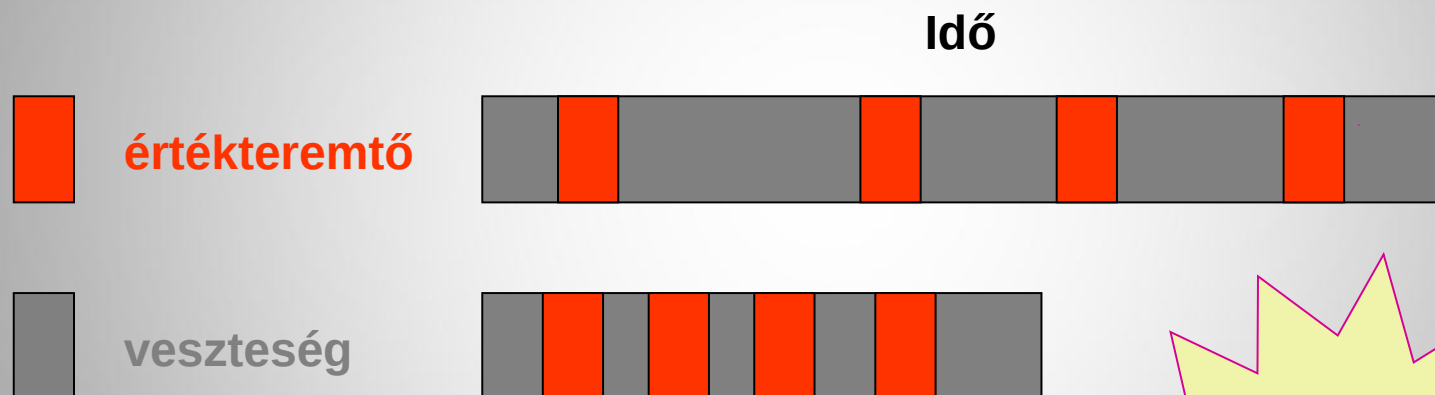
Szükséges veszteségek:

Alkatrész szállítás, első bekapcsolási funkció ellenőrzése stb.

Szükségtelen veszteségek:

Az alkatrészek szállítása több lépcsőben történik, több operátor igénybevételével, sok redundáns módszer használatával.

Cél: a nem értéket hozzáadó tevékenységek minimalizálása.



Az értékteremtő folyamatok arányának növelése

A veszteségek keletkezésének lehetséges okai:

- az elvárások nincsenek világosan definiálva
- túl nagy a humánfaktor hatása (tévedések lehetősége)
- a folyamatok és rendszerek hibával terheltek
- az átállási és/vagy szerelési idő túl hosszú
- a berendezések és szolgáltatások kapacitása túl sok variációt tartalmaz
- a tervezés és/vagy ütemezés hiánya
- nem áll rendelkezésre anyag/eszköz/szolgáltatás információ

Kifogásolhatóak:

- munkamódszerek (elavult gépek, berendezések, stb.)
- munkamorál, fegyelem (számonkérés, jutalmazás, stb.)
- a karbantartás minősége
- a beszállítók megbízhatósága (idő, minőség, összetétel)

2. alapelv: Az értékfolyam/értékáram (Value Stream)

Elemek:

- *Az értékáram* - *Értékáram elemzés*

Az **értékáram** mindazon tevékenységek összessége, melyek szükségesek az alapanyagok és információk termékké / szolgáltatássá / információvá történő átalakításához és a vevőhöz való juttatásához.

Elemei:

- anyagáram – a beszállítótól a vevőig,
- a nyersanyagok átalakítása késztermékké,
- információáramlás, ami az előbbi két folyamatot támogatja.

Az értékáram elemzés:

- grafikusan szemlélteti az információ áramlást
- grafikusan szemlélteti az anyagáramlást,
- segít a veszteségek azonosításában,
- segít a fejlesztési irányok kijelölésében.

3. alapelv: folyamatos áramlás

Elemek:

- Az ütemidő
- **Heijunka** – a termelés egyenletessé tétele
- *Egy darabos áramlás*
- *Cella rendszerű gyártás*
- **Jidoka** – a hibamentes gyártás megvalósítása

A harmadik alapelv arra irányul, hogy a termék előállítási folyamatnak nem szabad megállnia semmilyen okból sem – mert akkor az már **Muda**.

De hogy lehet ezt elkerülni?

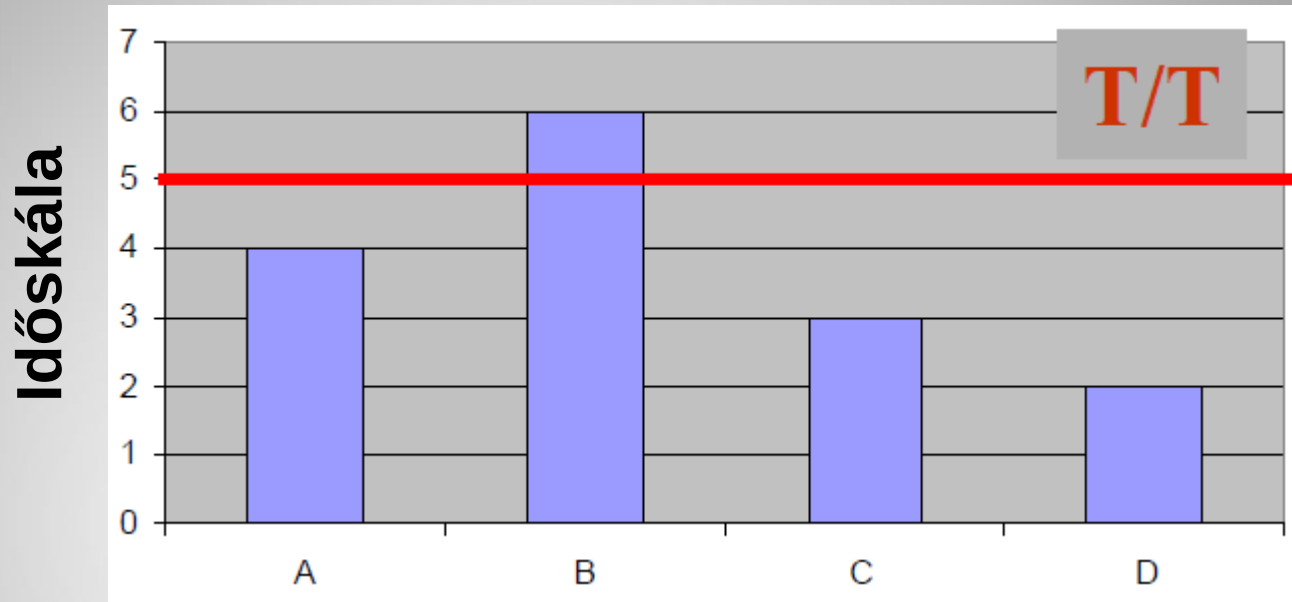
Legfontosabb felismerni, hogy a vevőigény alapján hogyan ütemezzük a termelést. Vagyis a megadott időre a vevő úgy kapja meg az árut, hogy felesleges raktárkészlet se halmozódjon fel.

Ebben segít az **ütemidő**, vagy **taktusidő** (takt time). Ehhez csak a vevői igényt és a rendelkezésre álló időket kell ismerni. Pl.:

$$\text{Ütemidő (T/T)} = \frac{\text{rendelkezésre álló idő}}{\text{vevői igény}} = \frac{75 \text{ óra}}{15 \text{ db}} = 5 \text{ óra/db}$$

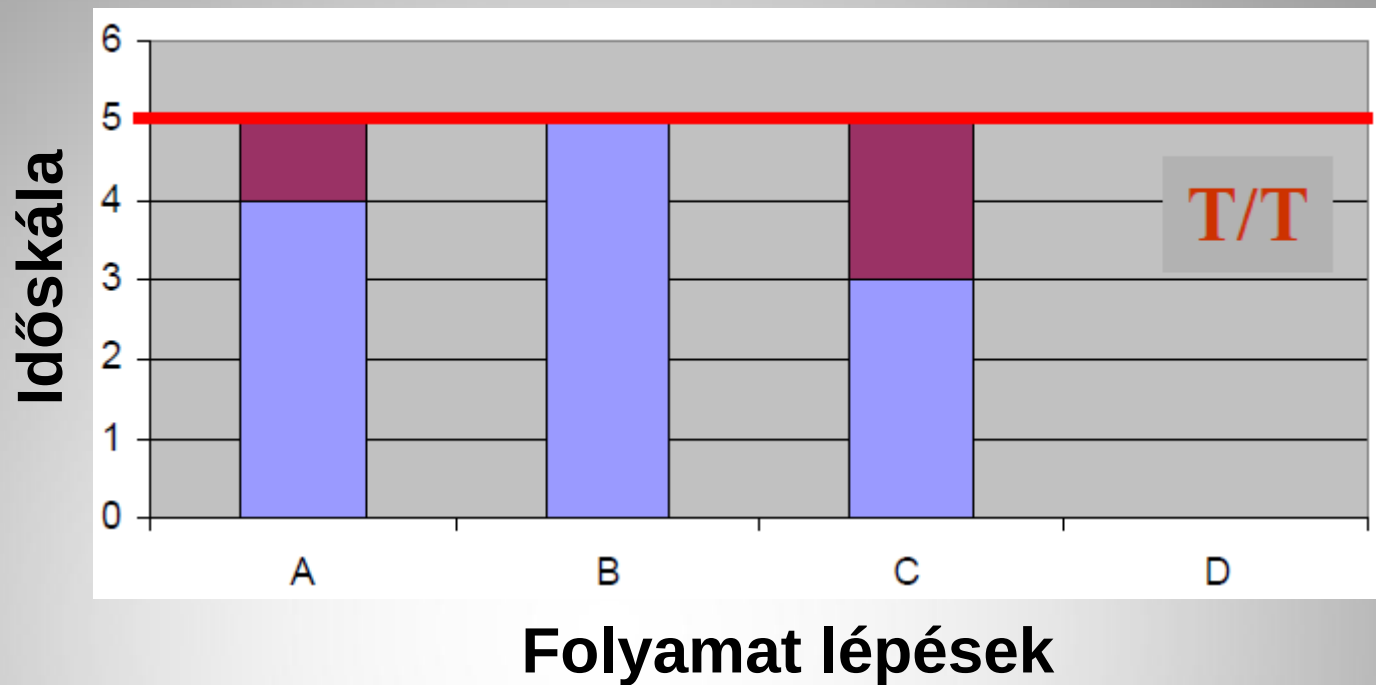
Például: ha a vevő egy hét múlva kéri a 15 db árut, a vállalatnak heti 5 nap és naponta két műszak áll rendelkezésre (műszakonként 7,5 óra effektív idővel számolva), akkor 5 óránként készül el egy darab késztermék.

Az ütemidőt a teljes folyamat minden egyes lépésére meg kell határozni.



Folyamat lépések

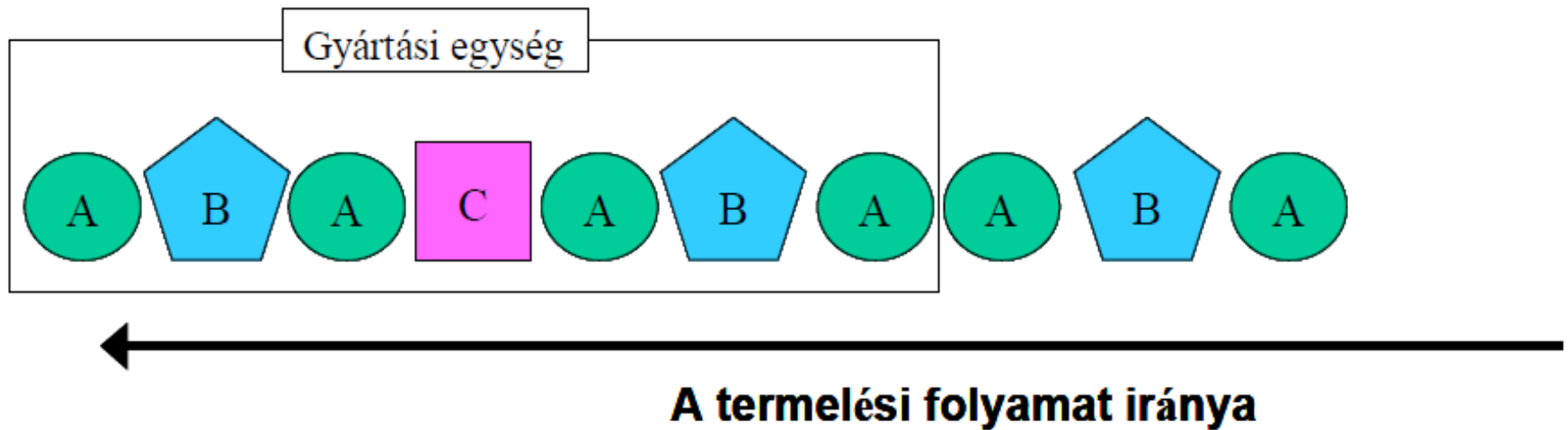
Ha a folyamat egyes lépései nincsenek kiegyensúlyozva, a vevői igények kielégítése nem egyszerű feladat. **MEGOLDÁS:** a **Heijunka**: a klasszikus **kaizen** elvet alkalmazva egyes lépéseket átcsoportosít, másokat megszüntet vagy egyszerűsít, a folyamatlépéseket pedig úgy alakítja, hogy mindegyik megfeleljen az ütemidőnek. Így a **Mudák** megszüntethetők.



A kiegyensúlyozás a legnehezebb. A napi gyakorlatban általánosan előforduló probléma, hogy a vevők egy gyártási periódus alatt különböző termékösszetételt kívánnak, melyet csak ugyanazon a terméksoron lehet elkészíteni.

A veszteségek elkerülése végett a gyártósorra meg kell határozni az **optimális szekvenciát**, vagyis a termékfajták sorrendjét.

Termék	Termelési terv	Ütemidő
A	240 db	2 min
B	120 db	4min
C	60 db	8 min



A gyártás folyamatosságát befolyásolja, hogy a termelés milyen tételemnagyságokra van optimalizálva. A nagyobb tételek esetén az átfutási idő hosszabb, a raktárkészletek nagyobbak, mind ezeknek nagyobb lesz a gyártóterülete is.

Megoldás: az **egy darabos áramlás**, ami **one – piece – flow** néven ismert.

Az **egy darabos** gyártás megvalósításának feltételei a következők:

- multifunkcionális dolgozókkal kell rendelkezni,
- gyors átállási képességgel kell rendelkezni,
- a munkafolyamatoknak szabványosítotttnak kell lenni,
- világos és érthető dokumentumokkal kell rendelkezni,
- a dokumentumok gyors elérhetőségével kell rendelkezni.

A folyamatos gyártás megvalósításának egy újabb lehetséges módja: a **cella rendszerű gyártás**. A gyártást egy jól körülhatárolt részre telepítik, ahol a folyamat a legegyszerűbben megvalósítható. Ezzel a helyigény és anyagmozgás is minimalizálható, kevesebb, de felkészültebb operátorokra van szükség.

A **Jidoka (autonomation)** az automatizálás egyik formája, amelyben gépsor ellenőriz minden egyes terméket, leállítja a gyártást, ha hibát észlel. Lényege, hogy hibás termék nem mehet a következő folyamatba.

„Állítsuk meg a folyamatot, hogy soha ne kelljen megállnia” jelszóval illusztrált.

4. alapelv: a **húzó gyártás**

Elemek:

- **JIT** (*Just in Time*)
- A **toló gyártás**
- A **húzó gyártás**
- *Kanban*

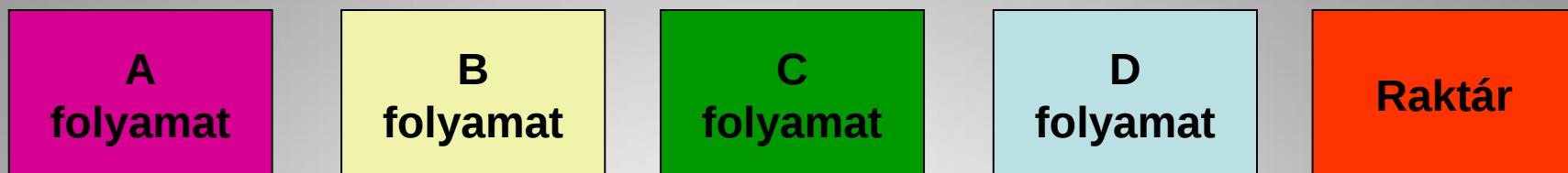
A **4. alapelv** lényege, hogy nem a raktárra termelünk és onnan elégítjük ki a vevőket, hanem az, hogy a gyártás a vevő igényei szerint történik, így nincs felesleges raktárkészlet.

A **Just in Time** azt jelenti, hogy **a tevékenységet a vevő igénye vezérli**, csak azt gyártjuk, amit a vevő kér, ezért mindenhol csak annyi erőforrás van, ami a vevői igény kielégítéséhez szükséges.

A **toló gyártás** rendszere azt jelenti, hogy a gyártás előrejelzés nem vevői igény alapján történik.

Az erőforrásokat betoljuk a rendszerbe és a termék előállítása mindaddig folyik, amíg az erőforrások rendelkezésre állnak.

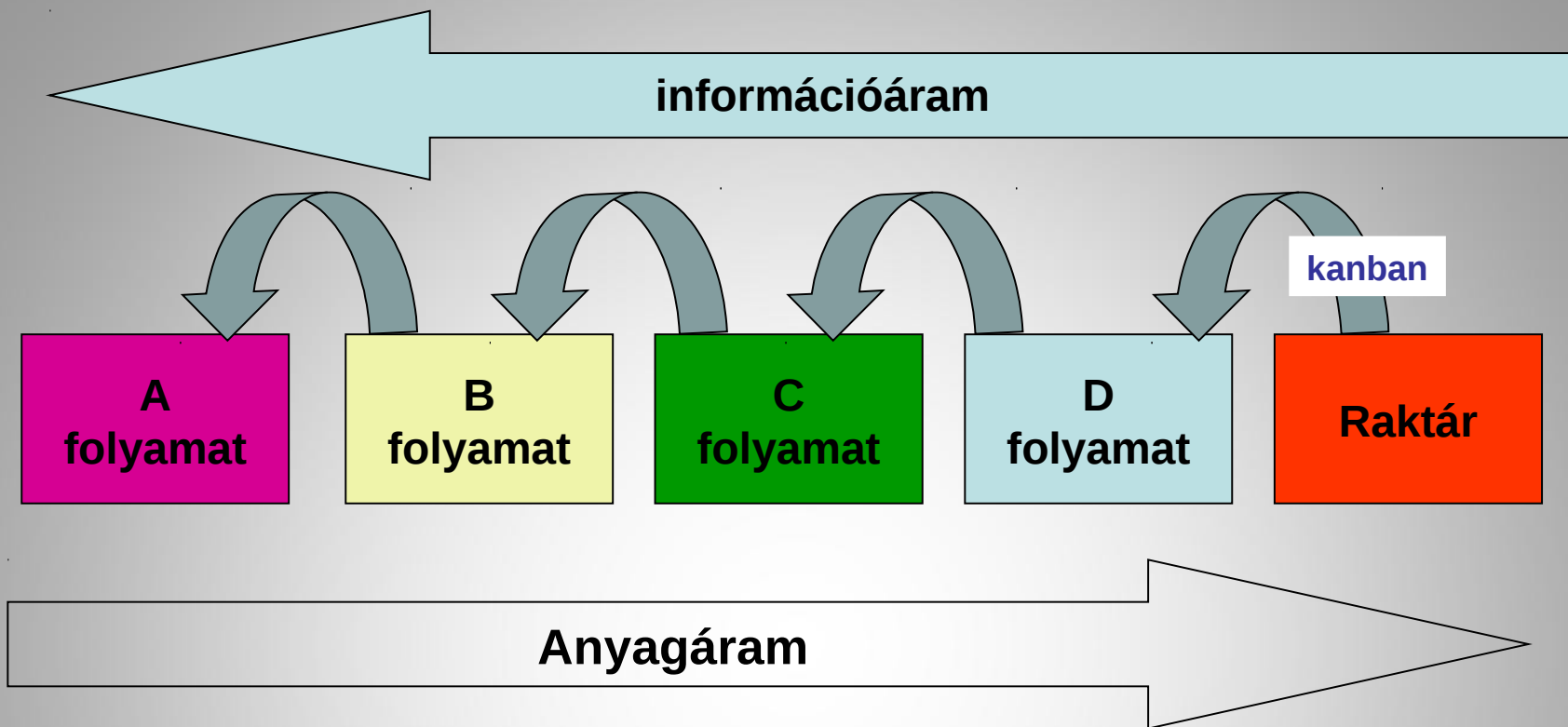
Mivel nem a vevői igény dominál, nő a felesleges készlet.



A toló gyártás folyamata

A **húzó rendszerű gyártás** pontosan ellentétesen működik: **a gyártás vevői igény alapján történik**. A következő munkaállo-más húzza maga után a gyártást, amikor erre a megfelelő jel-zést (pl. **kanban**) megkapja.

A kezdő jel a vevői igény megjelenése.



A húzó gyártás folyamata

A húzó gyártás alapfeltétele a **kanban** alkalmazása. A kifejezés „látható jel” – ként fordítható. A kanban szerepe többszörös:

- vizualizálja az igényt (miből, mennyit, hova)
- megakadályozza az anyaghiányt
- csökkenti a gyártási készletet
- megakadályozza a túltermelést

5. alapelv: Stabil működés / Tökéletesítés

A stabil működés alapja: a szabványosított munkafolyamat (Standard Work)

A **szabványosított munkafolyamat** az adott időben ismert legjobb folyamat vagy eljárás, ahol az emberi és technikai erőforrások előírt működése és keresztthatásának eredménye bármikor ismételhető. Így a folyamat maximális termelékenysége biztosítható.

A szabványosított munkafolyamatnak három lényeges eleme van:

- ütemidő
- műveleti sorrend
- szabványosított gyártási készlet (**Standard Work-in-Process - SWIP**)

A munkafolyamat szabványosításának három fő eleme van:

- termelési kapacitás táblázat (Production Capacity Table)
- szabványosított munkafolyamat kombinációs lap (Standard Work Combination Sheet)
- szabványosított munkalap (Standard Work Sheet)

A **termelési kapacitás táblázat** elkészítésének a célja: hogy valós képet kapjanak a termelési munkafolyamatokban rendelkezésre álló emberi és technikai erőforrások kapacitásairól. Ezek után a vevői igények ismeretében (ütemidő kiszámítása) már megmondható, hogy milyen és mekkora technikai (gépi) és emberi (operátorok száma) erőforrás szükséges a feladatok elvégzéséhez.

A **szabványosított munkafolyamat kombinációs lapot** operátoroknak készítenek - ez az operátor valós munka- és időbeosztása. Feltüntetik az egymás utáni munkafolyamatokat, ezek végzéséhez szükséges kézi és gépi időket, várakozásokat.

Mindezt **Gantt**-ábra szerűen vizualizálják - szimbólumokkal jelölik a különböző munkafázisokat.

A **szabványosított munkalap** ugyanezt alaprajzon ábrázolja. Ezt is operátoroknak készül - a berendezések sematikus alaprajzán feltüntetik az előírt gyártási készletet is.

A tökéletesítés alapjai:

- **Kaizen**
- **5S**

A **KAIZEN kai** – változtatás, a **zen** – jó szavakból keletkezett. A kaizen egy filozófia, mely „folyamatos, véget nem érő fejlesztést” jelent, a „kis dolgokat” jobban csinálni, kitűzni és elérni az egyre magasabb színvonalat.

A karcsúsított gyártáson belül ma két eltérő vonal létezik:

- **klasszikus kaizen**
- **Lean kaizen**

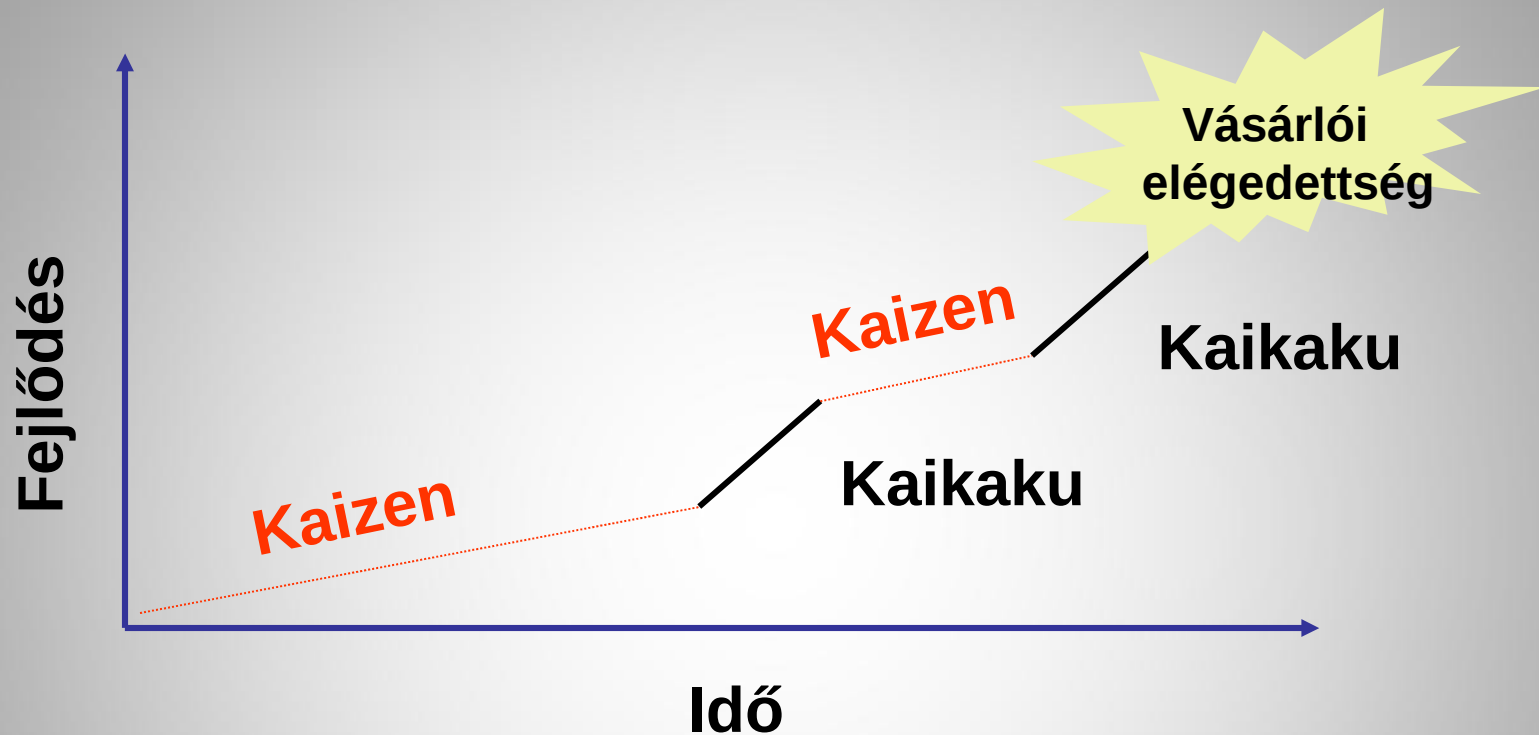
A **klasszikus kaizen** kategóriájába sorolható a dolgozók bevonásának kétféle módja:

- egyéni kaizen: ez egy egyéni dolgozói javaslati rendszer
- csoportos kaizen: a 60-as években bevezetett minőségi körön alapuló, kezdetben feladatorientált, majd önállósuló, irányított dolgozói kezdeményezés.

A **Lean** megjelenésével a kaizen tevékenységnek egy új formája jött létre, melyet különböző elnevezésekkel illettek:

- Kaikaku
- Kaizen-blitz
- Kaizen Workshop
- Lean Action Workout

A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy egy probléma megoldására kisebb, 5-7 fős csapatokat szerveznek, melyek megfelelő előkészítés után -általában egy héten át- csak az adott problémával foglalkoznak.



A General Electric alkalmazta a kaikakunak egy speciális formáját: Shingi Awo-t (shingi – better – way: jobb / hasznosabb / út).

Az 5S rendszer

Célja a munkahelyi rend, a tisztaság, a tisztántartás, az átláthatóság, a szervezettség, a rendtartás, a munkaterület és az eszközállomány karbantartottságának magas színvonalú biztosítása, folyamatos fejlesztése.

Az 5S elemei és jelentése:

- **SEIRI** : a szükségtelen dolgok eltávolítása a munkaterületről,
- **SEITON**: a tárgyak és eszközök helyének meghatározása és jelölése,
- **SEISO**: a munkahely tisztaságának biztosítása,
- **SEIKETSU**: az első 3S szabványosítása és fenntartása,
- **SHITSUKE**: jó munkamorál, fegyelem, nevelés, folyamatos fejlesztés.

Az 5S előnyei:

1. A kevesebb baleset növeli a biztonságot!
2. A nulla hiba magasabb minőséget hoz!
3. A nulla veszteség alacsonyabb költséget jelent!

4. A kevesebb meghibásodás növeli a gépek jobb kihasználását!
5. A nulla állási idő szélesebb termékválasztékot hoz!
6. Az időre történő szállítás magasabb megbízhatóságot jelent!
7. A nulla reklamáció nagyobb bizalmat és hitelt hoz!
8. A nulla deficit a társaság növekedését hozza!
9. Hozzájárul a szervezet aktivizálásához és a morál javításához!
10. Elősegíti a vállalat arculatának és hírnevének javítását!

A tökéletesítés eszközei:

- **Teljeskörű hatékony karbantartás (TPM Total Productive Maintenance)**
- **Gyors átállás**
- A **vizuális kontroll (Visual Management)**
- **Hiba elleni védelem (Poka-Yoke)**

A **teljeskörű hatékony karbantartás (TPM)**

Célja: a folyamatokban alkalmazott berendezések a folyamat egésze alatt biztonságosan üzemeljenek, megszakítás nélkül az elvárt szinten biztosítsák a minőséget.

A **TPM**-nek nyolc alappillére van:

1. öntevékeny karbantartás,
2. céltudatos és folyamatos fejlesztés
3. tervezett karbantartás
4. folyamatos képzés és motiváció
5. berendezés és termék menedzsment a korai fázisban
6. minőségfejlesztés, beépített minőség
7. az adminisztrációs feladatok fejlesztése
8. biztonságos munkakörnyezet

A TPM-nek legfontosabb mérőszáma az általános berendezéshatékonyság **OEE** (Overall Equipment Efficiency), melyet a következő módon számíthatunk:

OEE (%) = a berendezés rendelkezésre állása (%) **x** teljesítmény hatékonyság (%) **x** minőségi kihozatal (%)

Akkor mondható egy berendezés elfogadhatónak, ha az **OEE** nagyobb, mint 85%.

A gyakorlatban azonban nem a mérőszámok, hanem az azokból képzett statisztikai eloszlás sűrűségfüggvény maximumát kell keresni.

Az egyik termékről a másikra való **gyors átállítás** elengedhetetlen része az egy darabos, folyamatos, húzó gyártás alkalmazása. A tíz percen belüli szerszámcseré fogalma terjedt el **SMED** rövidítéssel (Single Minute Exchange of Die).

Definíció szerint az átállítás folyamán belső műveletnek nevezik azokat a tevékenységeket, melyek csak a gép kikapcsolt állapotban végezhetők el. Külső műveleteknek pedig, amikor a gép még, vagy már működik.

Cél: a belső műveletek közül a lehetségeseket külsőbe tegyük át, a feltétlenül szükséges belső műveletek idejét pedig minimalizáljuk.

Vizuál menedzsment

Célja: a folyamatok láthatóvá tételével biztosítja a veszteségek felismerését, kiküszöbölését és megelőzését. Különbféle megoldásokat alkalmaznak:

- Vezetés szintjén termelési táblákat (production board)
- Termelési folyamatok szintjén **anyaglokátorokat** jelölnek ki, melyek hiánya vagy sűrűsége információt közöl a beavatkozásra
- Kanban kártyák alkalmazása
- Gépek működését andon lámpákkal jelzik: zöld – működik, piros – ha hiba miatt áll, zöld-sárga: ha szerszámot cserél.

Hiba elleni védelem

Nem egy konkrét módszer, hanem filozófia.

- Amennyiben hiba következik be és észleljük, akkor a hibás terméket ne engedjük tovább.
- Egy következő szint, ha a hibalehetőség fennáll, akadályozzuk meg a hiba bekövetkeztét.
- Az igazi hiba elleni védelem: amikor feltárjuk a lehetséges hibaforrásokat és a gyökér okok megszüntetésével megakadályozzuk a hibalehetőséget.

Hibamegelőző módszerek:

- leállítás (pl. határoló kapcsolók, addig nem indul a gép, amíg hiba van.
- szabályozás (ellenőrzőlisták, terelőkorlátok, anyagjellemzők mérése, aszimmetrikus alkatrészek)
- figyelmeztetés: (fény és/vagy hangjelzés, figyelmeztető üzenet)

A korszerű termelésirányítás jellemzői:

a) Szoros kapcsolat a technológiával

A termelésirányítás a technológia közvetlen környezetében működik. A beavatkozási lehetőségek a szűkebb értelemben vett technológiai paraméterek körénél jóval szélesebbek.

A technológia környezetéből következik, hogy mindenütt alkalmazható konkrét megoldásokat nem lehet adni.

b) Gyors bevezetés

Az új fejlesztések mielőbbi gyártásba kerülése kulcskérdés. Rugalmas, jól szervezett termelésirányítás ezt az időt képes jelentősen lecsökkenteni.

c) Rugalmasság

A piaci hatások erősödése rugalmas termelésirányítást igényel. Az eladók piacát jelentő „tolásos” (push rendszerű) hazai piac folyamatosan átalakul a vevők (pull rendszer) piacává.

Megrendelések odaítélésében egyre döntőbb kérdéssé válik a szállítási határidő, ami csak rugalmas termelésirányítás mellett lehetséges.

d) Hatékonyság

A termelésirányítás milyensége alapvetően meghatározza a rendelkezésre álló erőforrások kihasználását. Így pl. megfelelő ütemezésű algoritmus esetén a termelésirányítás biztosíthatja a minél jobb gépkivhasználást. Ez a költségek alacsony szinten tartása miatt lényeges.

A termelésirányítás feladatai

- a termelés előkészítése;
- a termelés feltételeinek biztosítása;
- az operatív tervezés (programozás);
- az operatív irányítás;
- a gyártási (és az irányítási) folyamat fejlesztése.

A termelésirányítást meghatározó tényezők

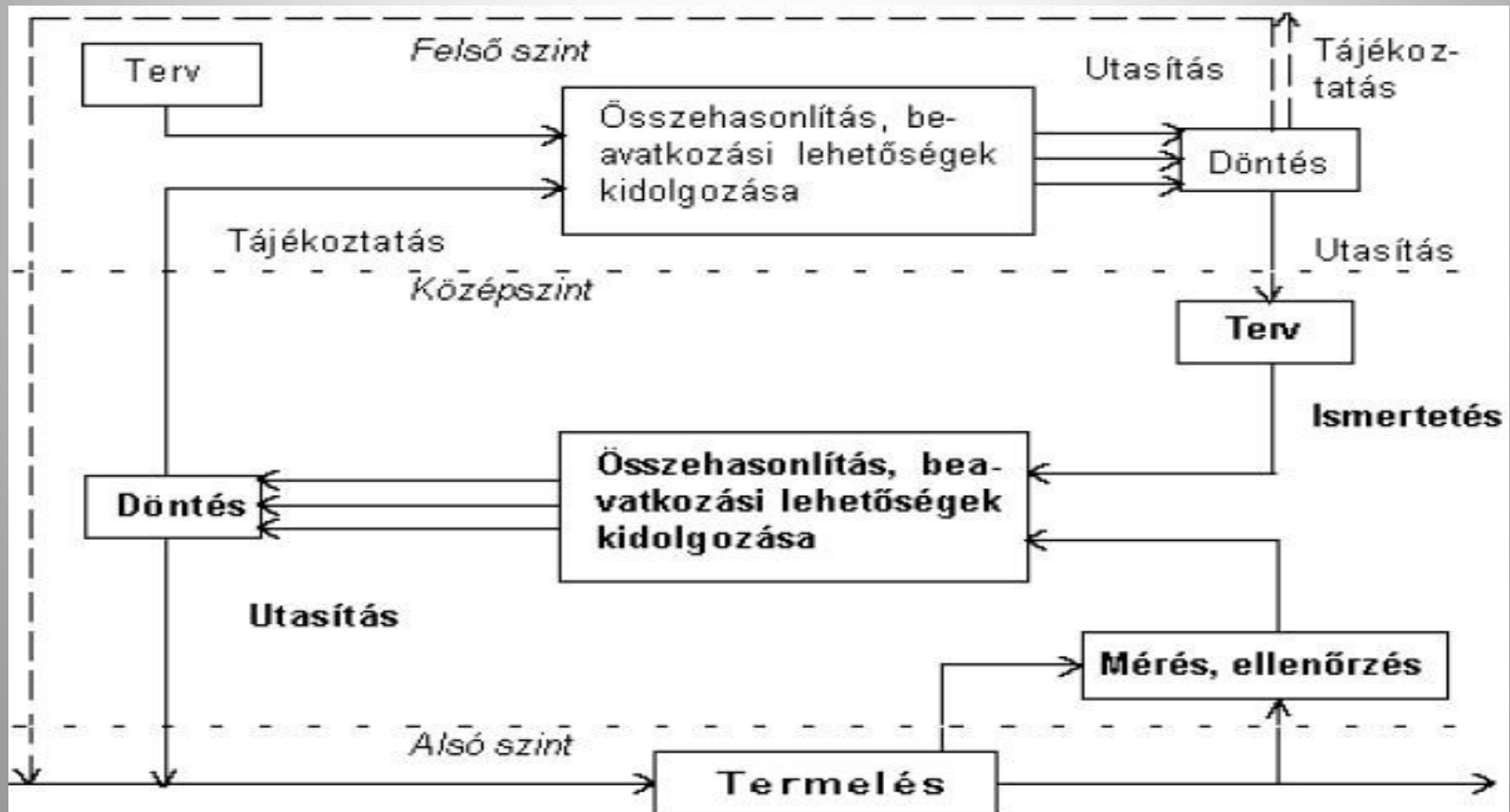
- a termékek és a technológia sajátosságai;
- a gyártási lehetőségek (kapacitás, megbízhatóság, általános állapot);

- a vállalati környezet szervezettsége (felelősség, hatáskörök, Információáramlás);
- a vállalaton kívüli környezet (a megrendelések jellemzői, az értékesítés bonyolítása, írott és íratlan szabályok).

A termelésirányítás alapelvei, elemei

Az irányítást tervek alapján kell végezni:

A terv az alapjel funkcióját tölti be az irányításban.



Mérés és ellenőrzés

A tervek végrehajtása során elért eredmények számbavétele.

Az eltérés nagyságától függően a döntés lehet:

- közvetlen beavatkozás a folyamatba (szaggatott vonal);
- utasítás, ami során módosítja az alsóbb szint tervét;
- tájékoztatja a magasabb vezetői szintet az eltérésről.

A termelésirányítás ütemezési kérdései

Az ütemezési feladatok a következők:

Kérdés Ütemezés

MIT ? gyártmányütemezés

MIKOR ? időbeli ütemezés

HOL ? berendezés-ütemezés

KI ? munkaerő – ütemezés

A kérdések sorrendje egyúttal a tervezés menetét is jelenti. A számítógéppel támogatott módszereknél is nagyon gyakori a gép-ember interakció (kölsönhatás). Az ütemezés gyakorlatilag az igények és erőforrások összhangba hozását jelenti, ami optimális hozzárendelést igényel. Ez az optimum valamilyen célfüggvény szélsőértékét jelentheti egy adott feltételrendszer mellett.

Feltételrendszer:

- az erőforrások korlátosak;
- a vevői elvárások;
- a tervekből adódó korlátok.

Célfüggvény:

- a termelési költségek minimalizálása (de pl. állásidő-csökkentés esetén a készletek növekedhetnek);
- a berendezések maximális kihasználása (leállítás, indítás, várakozás indításra, amortizációs költség);
- a kiadások megfelelő ütemezése (általában késleltetés a likviditási gondok elkerülésére, ez azonban a kockázat növekedésével jár);

– a munkaerő maximális kihasználása (az állás hátrányai: keresetcsökkenés, ellentétes hatású az ösztönzési rendszerrel, mert csökken a munkamorál).

A hosszútávú tervek és a vállalat gyártási lehetőségei alapján középtávú (havi, heti) terveket készítenek, amelyek tartalmazzák a konkrét gyártási illetve beszerzési feladatokat és határidőket.

Termelésirányítási rendszerek

A termelés jellege szerint:

- *Folytonos*
- *Diszkrét*
- *Folytonos-diszkrét*

A rendszer struktúrája szerint:

- *Centralizált*
- *Decentralizált*

A kimenő adatok szempontjából:

- *Tájékoztató*
- *Vezetési jellegű*

Összegzés

Az irányítási tevékenység utasítások kiadását jelenti, amelyek:

- egyértelműek,***
- ellentmondásmentesek,***
- gazdasági szempontból optimálisak.***

Az irányítás legyen dinamikus és adaptív, vagyis az időbeli folyamatosság fenntartásával a zavaró tényezőkre választ tudjon adni, képes legyen a változó környezethez való gyors alkalmazkodásra.

Munkaszervezetek tipikus megjelenési formái

Lineáris (vállalkozói) szervezet

Funkcionális (lineáris-funkcionális) szervezet

Divizionális szervezet

Mátrixszervezet

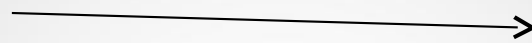
Konszern- és holdingszervezet

„Funkcionális” vállalatirányítás

TÍPUS

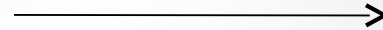
CSOPORTOK

stratégiai szint



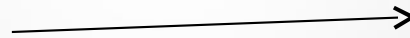
felső vezetők

a menedzsment szintje



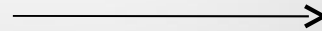
közép vezetők

tudásmunka szintje



**tudásmunkások,
adatmunkások**

műveleti (operatív) szint



**munkavezetők
csoportvezetők**

Lineáris-funkcionális szervezet



Lineáris-funkcionális szervezet

Jellemzői:

- Az elsődleges munkamegosztás funkciók szerint történik
- A hatáskörökre a döntési jogkörök centralizációja jellemző
- Erőteljes a szabályozottság

Előfeltételei:

- Stabil piaci, tudományos-technikai, technológiai környezet
- Könnyen áttekinthető tevékenység, nem túl széles termék-skála

Minden **funkcionális** vállalatnál kialakulhat a következő hat típusú rendszer **valamelyike**

(Sprague és McNurlin szerint, 1995)

- 1. ESS** Executive Support System: Vezetői támogató rendszer
- EIS** Executive Information System: Vezetői információs rendszer
- 2. MIS** Managerial Information System: Menedzser információs rendszer
- 3. DSS** Decision Support System: Döntést támogató rendszer
- ES** Expert System: Szakértői rendszer

OLAP = ESS, EIS, MIS, DSS, ES

Minden **funkcionális** vállalatnál kialakulhat a következő hat típusú rendszer **valamelyike**

(Sprague és McNurlin szerint, 1995)

OLAP On-Line Analytical Processing: On-line analitikus feldolgozás

Egy olyan szoftver technológia, amely lehetővé teszi az elemzőknek, menedzsereknek és vezetőknek, hogy betekintést nyerjenek az adatok gyors, következetes és interaktív hozzáférésehez.

4. KWS Knowledge Work System: Tudásmunka rendszer

5. OAS Office Automation System: Irodaautomatizálási rendszer

OIS Office Information System: Hivatali információs rendszer

6. TPS Transaction Processing System: Tranzakciót feldolgozó rendszer

Minden **funkcionális** vállalatnál kialakulhat a következő hat típusú rendszer **valamelyike**

(Sprague és McNurlin szerint, 1995)

**OLTP = KWS, OAS, OIS,
TPS**

OLTP On Line Transaction Processing

On line tranzakció-feldolgozás egy olyan feldolgozó rendszer, amely elősegíti és kezeli tranzakció-orientált alkalmazásokat, jellemzően az adatbevitelt és visszakeresést.

Üzleti folyamatok definiálása

A „**business process**” egy **tevékenység-sorozat**, amely:

- a szervezet céljait elégíti ki - rövid, vagy hosszú távon ;
- értéket teremt (outcome) ;
- értékteremtő transzformáció során erőforrásokat használ fel és kielégíti az igényeket;
- kezdete és vége definiált;
- ismétlődik;
- szereplői meghatározzák eredményességét (emberek, gépek, szervezetek, stb.)

Végrehajtási folyamatok: kulcsfontosságú – másodlagos

Irányítási folyamatok: vezérlés – koordinálás

Ellátási folyamatok: infrastruktúra – szolgáltatások

A „kétszintű” **APQC** folyamat, a „**best practices**” modell

APQC American Productivity and Quality Center
Amerikai Termelékenységi és Minőség Központ

A "legjobb gyakorlatok: best practices " **benchmarking**-nak nevezték el.

Az **APQC** a vállalat tevékenységét 12 folyamatban definiálja:

I. MŰKÖDÉSI FOLYAMATOK

- 1. Piac és a vevők megértése**
- 2. A termékek és a szolgáltatások megtervezése**
- 3. Jövőkép és a stratégia kifejlesztése**
- 4. Marketing és eladás**
- 5. Termelés és szállítás**
- 6. Számlázás és vevőkiszolgálás CRM (Customer Relationship Management)**

A „kétszintű” APQC folyamat, a „best practices” modell

II. MENEDZSMENT - FOLYAMATOK

7. HRM, képzés, átképzés, tréning (Human Resource Management)
8. Információ- és tudásmenedzselés (IM, TM)
9. Pénzügyi és fizikai erőforrások menedzselése (ERP Enterprise Resource Planning = Vállalati erőforrás tervezés)
10. Környezet-menedzsment (EM Environment Management)
11. Külső kapcsolatok menedzselése (ERM Environmental Resources Management)
12. Fejlesztés, változásmenedzselés (CM Change Management, DM Development Management)

1. Termelésirányítás-szemléletű ERP

- A megfigyelési egység a termelés egy egysége, ennek anyagszükséglete, műveleti ideje, HR szükséglete a fontos,
- A készleteket a termelés szerint bontják, azonosítják és számolják el,
- A készlet minősége, beérkezésének a menedzselése a fontos
- Az IR támogatás a termelés szervezésére irányul (JIT Just – In – Time és kanban megoldások, stb.)
- Material Requirement Planning MRP I – Anyagszükséglet tervezés
- Manufacturing Resource Planning MRP II – Gyártási erőforrás tervezés

Gyártásirányítás

Vállalati Információs Rendszerek

Anyagszükséglet tervezés és számítás

Vállalati Információs Rendszerek

Anyagszükséglet tervezés során azt kell meghatározni, hogy egy adott mennyiségű végtermék előállításához mire van szükség:

- alapanyagokból,
- saját alkatrészekből,
- külső forrásokból (beszállító) származó, idegen alkatrészekből.

Ezek a mennyiségek meghatározhatók:

- előrejelzési modell segítségével,
- visszaigazolt megrendelésekből,
- egy termelési program alapján (függetlenül az esetleges konkrét vevői igényektől).

Értékesítésre (piacra) gyártott végtermék mennyiséget **primer** igénynek, míg az ehhez szükséges (származtatott) alapanyagokat, illetve részegységeket, **szekunder** igénynek nevezzük.

A **szekunder** igény a végtermék darabjegyzékéből határozható meg.

A darabjegyzék tartalmazza a **végtermék egy darabjának** elkészítéséhez szükséges:

- összes részegységet,
- alkatrészt,
- alapanyag típust,
- és az egyes típusból szükséges mennyiséget.

Amikor a múltbeli adatok alapján – egy előrejelzési modell felhasználásával – határozható meg a végtermékek és az alkatrészek szükséges mennyisége, akkor ezt:

felhasználás-vezérelt diszpozíciós eljárás-nak nevezzük.

Összeállítási rajzok és ábrázolási módjuk

Összeállítási rajzok segítségével megadható, hogy a vállalat által előállított végtermékekhez a részegységekből és alkatrészekből milyen mennyiségre van szükség.

A szükséglettervezési rendszer elemei két nagy csoportba sorolhatók:

- **végtermékek**, (röviden termékek)
- illetve **alkatrészek**.

Az összeállítási rajzok többféleképpen adhatók meg, úgy mint **összeállítási fa**, **gozinto – gráf**, vagy **darabjegyzék**.

Összeállítási fa és a gozinto gráf

Egy **összeállítási fa** (*eredetfának is nevezik*) a végtermék összes komponensét tartalmazza, mégpedig az egyes szerelési fázisok sorrendjében:

- a **0. szerelési szint** megfelel a **nyersanyagoknak**, illetve **elemi alkatrészeknek**,
- a legmagasabb gyártási szint az **N.-ik szint** pedig a **végterméknek**.

A több helyen felhasznált ugyanazon alkatrészeket (pl. csavar) minden szerelési szinten ábrázolni kell, ahol azok előfordulnak.

Összeállítási fa és gozinto – gráf

Egy **összeállítási fa** nem más, mint egy **irányított gráf**, melynek egy nyelője és minden további csomópontjának egyetlen követő csomópontja van.

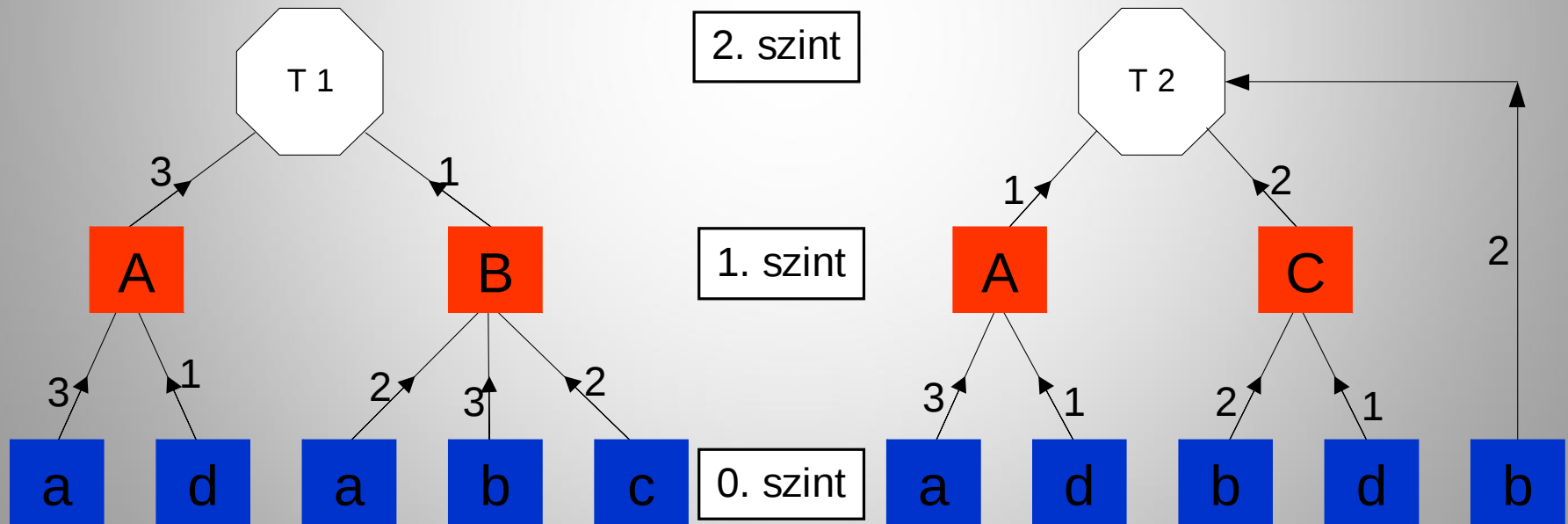
A gráf különböző szintjeinek csomópontjai megfelelnek az egyes gyártási szinteknek.

Egy nyíl **$\langle i, j \rangle$** melynek értéke **$a_{i,j}$** azt mutatja meg, hogy egy **egységnyi** (db, kg, m, stb.) **„j”** alkatrész előállításához mekkora mennyiség szükséges az **„i”** alkatrészből.

Angol elnevezése: **directed graph**, melyet magyarul **digráfnak** hívunk.

Ezt az $a_{i,j}$ értéket **input koefficiens**-nek nevezzük, (de hívják még **termelési koefficiens**-nek is).

Az alábbi **termék összeállítási fa** két végtermék (T1, T2) struktúráját tartalmazza, melyek **A, B, C** szerelvényekből, és **a, b, c, d** elemi alkatrészekből állnak. Ügyelni kell arra, ha egy nyíl $\langle i,j \rangle$ több összeállítási fában előfordul (itt pl. az $\langle a,A \rangle$ és $\langle d,A \rangle$), akkor mindig ugyanazt az értéket kapja.

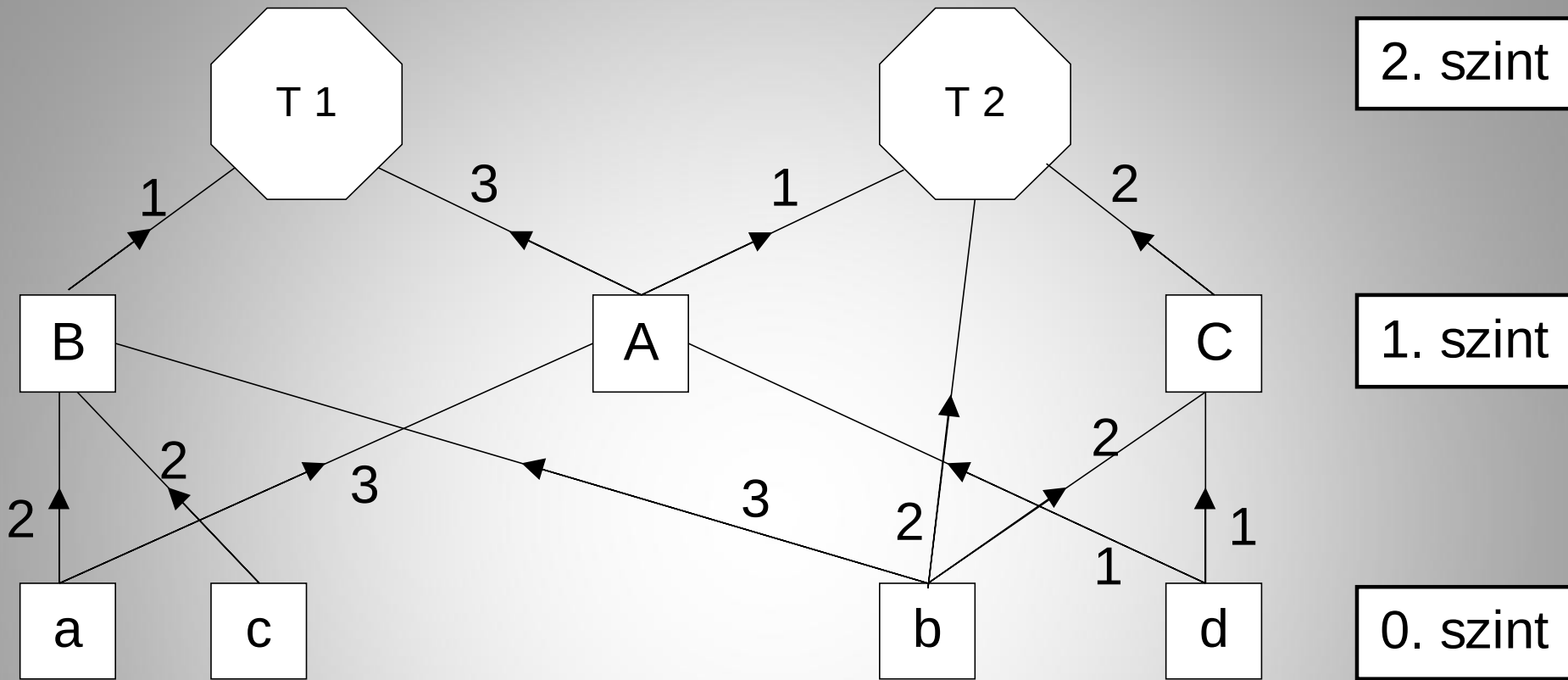


Termék összeállítási fa

Ez egy jól áttekinthető formája a termék ábrázolásának, de a redundancia (ugyanazon elemek többszöri ábrázolása) miatt informatikai kezelése nehézkes.

Kompaktabb ábrázolást tesz lehetővé a **gozinto gráf**. A nyilak pontosan azt jelentik, mint az előzőnél – de itt minden egyes alkatrész csak egyszer van feltüntetve.

Hagyományos összeállítási fa alkalmazása esetén az összes terméken illetve részegységen végig kell menni, a módosítást pedig minden olyan helyen végre kell hajtani, ahol a módosított alkatrész előfordul.



Gozinto-gráf

Ezek a gráfok a gépiparban ciklusmentesek, a vegyipari alkalmazásoknál előfordulnak ciklusok (pl. finomítási eljárásoknál), amikor a végterméket, vagy egyes részterméket újra visszavezetnek ugyanabba a folyamatba.

Darabjegyzék

Az összeállítási fák az ipari gyakorlatban leggyakrabban **darabjegyzék** formában készülnek.

A vegyiparban a **receptúrák**, az építőiparban az **anyaglisták**, a textiliparban az **összetevők**, stb.

Leginkább az építőköcka elv szerinti felosztással lehet találkozni, mely önálló „dobozokba” foglalja össze az egyes elemek tartozékait és az ismétlődő egységeket (természetesen csak egyszer kirészletezve).

**Darabjegyzék
táblázatos
formában**

Termék 1		
<i>Jelölés</i>	<i>Alkatrésztípus</i>	<i>Mennyiség</i>
A	Szerelvény	3
B	Szerelvény	1
Termék 2		
<i>Jelölés</i>	<i>Alkatrésztípus</i>	<i>Mennyiség</i>
A	Szerelvény	1
C	Szerelvény	2
b	Elemi alkatrész	2
A szerelvény		
<i>Jelölés</i>	<i>Alkatrésztípus</i>	<i>Mennyiség</i>
a	Elemi alkatrész	3
d	Elemi alkatrész	1
B szerelvény		
<i>Jelölés</i>	<i>Alkatrésztípus</i>	<i>Mennyiség</i>
a	Elemi alkatrész	2
b	Elemi alkatrész	3
c	Elemi alkatrész	2
C szerelvény		
<i>Jelölés</i>	<i>Alkatrésztípus</i>	<i>Mennyiség</i>
b	Elemi alkatrész	2
d	Elemi alkatrész	1

Bruttó igény meghatározása

Amikor összeállt, hogy a végtermék mely alkatrészekből épül fel és hány szerelési szinten keresztül, akkor következik a **bruttó igény meghatározása**.

Amennyiben számítógépes adatfeldolgozást végzünk, akkor egy egyszerű algoritmus segítségével ki kell gyűjteni, hogy egy adott termék előállításához a kérdéses alkatrészből összesen mennyit kell beszerezni, vagy legyártani.

Ha ezt a teljes termékpalettára elvégezzük, akkor előáll az adott időszakban beszerezendő és gyártandó mennyiség mind a végtermékekből, mind pedig a különböző alkatrészekből.

Ezeket, ha mátrixban foglalunk össze: **áttekintő mátrixnak** nevezzük. (Jellegét tekintve ez egy **alsó háromszög mátrix**, mivel csak a főátló alatti elemek különböznek 0-tól).

Szükséges hozzá Szükséges belőle	T1	T2	A	B	C	a	b	c	d
T1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	3	1	0	0	0	0	0	0	0
B	1	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	2	0	0	0	0	0	0	0
a	11	3	3	2	0	0	0	0	0
b	3	6	0	3	2	0	0	0	0
c	2	0	0	2	0	0	0	0	0
d	3	3	1	0	1	0	0	0	0

Alkatrész áttekintő mátrix

Az MRP folyamata

Az **MRP** (Material Requirements Planning) egy számítógéppel támogatott eljárás, mely elsődlegesen az anyaggazdálkodást hivatott elősegíteni az alábbiak szerint:

- anyagszükséglet meghatározása,
- alkatrész diszpozíció,
- raktárkészlet nyilvántartás.

Egy **MRP** rendszer alkalmazásának fontos feltétele, hogy a termékstruktúrát leíró **gráf ciklusmentes** legyen.

Az **MRP** minden áru vagy alkatrészféleségre (*cikk-számra*) egy előre megadott időtartamon belül meghatározza az egyes periódusokban gyártandó, vagy rendelendő mennyiségeket.

Egy MRP rendszer működtetéséhez az alábbi adatok szükségesek:

- Összeállítási rajz vagy darabjegyzék, és az egyes elemek átfutási ideje az egyes gyártási fokozatokban (Bill of Materials, **BOM** Files).
- Az elsődleges, vagy **primer igény**: minden alkatrésztípusra (cikkszámra) vonatkoztatva, amely:
 - vagy az előrejelzések alapján a végtermék iránti igényt adja meg az egyes periódusokra,
 - vagy már egy adott termelési program alapján ismert (**Master Production Schedule, MPS**).
- A rendelkezésre álló raktárkészlet minden termékre, minden alkatrésztípusra (cikkszámra), a tervezési időszak (pl. hét) minden periódusára (pl. nap) vonatkozóan.

Ezek a raktárkészlet nyilvántartásból gyűjthetők ki (Inventory **Records File**, **IR File**).

Minden alkatrészre meg kell adni az **átfutási időt**:

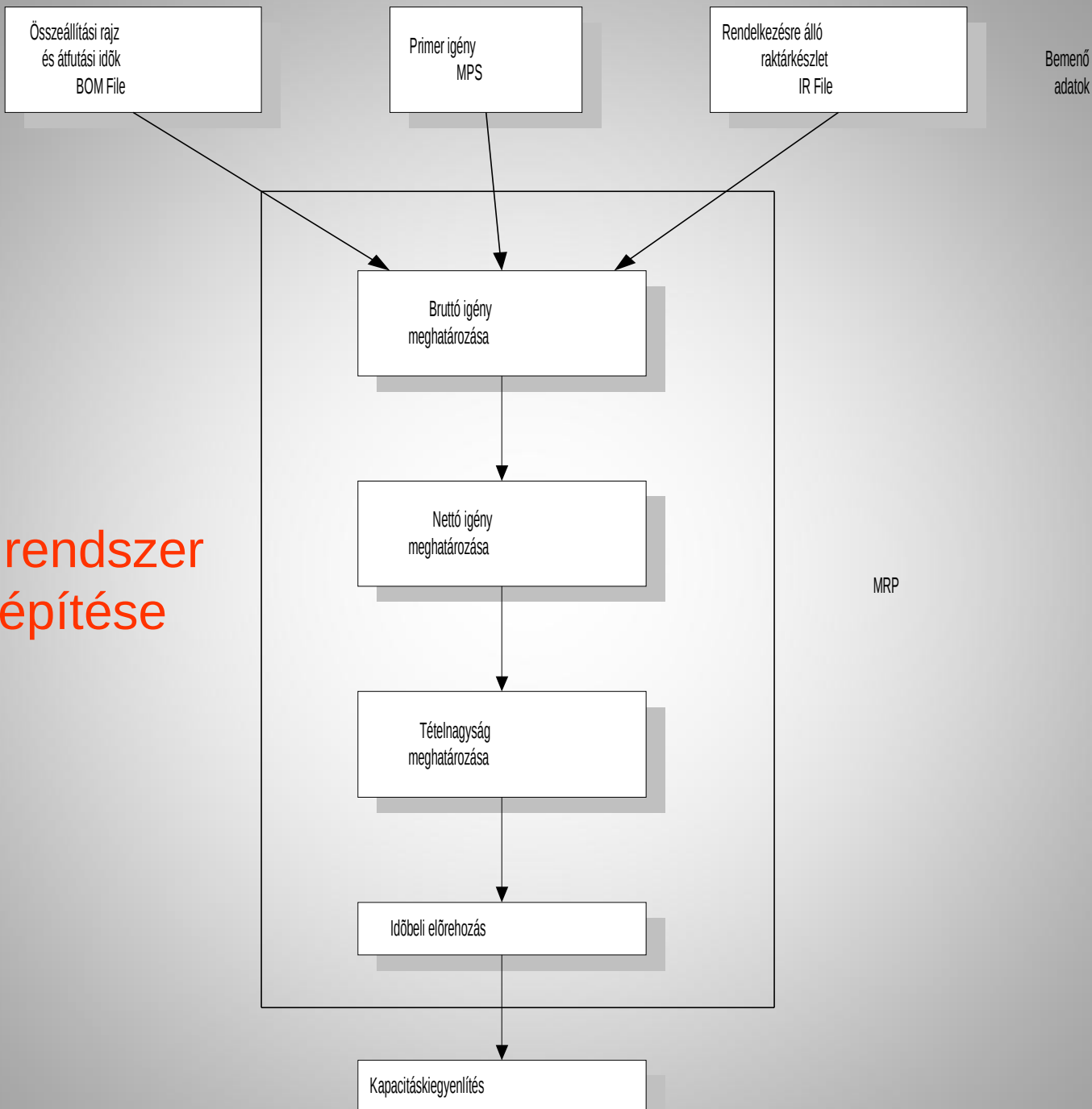
- ami a tényleges **megmunkálási időt** és a **befogási időket** jelenti,
- valamint hozzá számítják az ún. **átviteli időt**:
 - mely a **várakozási**
 - illetve a **szállítási** időt jelenti.

Mivel az **MRP** rendszer egy nagyvonalú (nagyléptékű) tervezési eszköz, ezért az esetek többségében megelégszenek az átfutási idő becslésével.

Egy **MRP** rendszer működtetése során minden gyártási szinten és minden periódusra az alábbi lépéseket kell elvégezni:

- **Darabjegyzék kibontása (bruttó igény meghatározása)**
Ebből derül ki, hogy egy adott alkatrészről hány darabra van szükség az adott végtermék előállításához.
- **Nettó igény meghatározása**
Az előbb meghatározott alkatrészmennyiségből levonják a raktáron lévő rendelkezésre álló készletet.
- **Tételnagyság meghatározása**
A nettó igény ismeretében kiszámítják, hogy mikor és mennyit gyártsanak (vagy rendeljenek) az adott alkatrésztípusból.
- **Időbeli eltolás**
A gyártási illetve rendelési tételnagyság és az átfutási idő (gyártás esetén) vagy a szállítási idő (külső beszerzés esetén) ismeretében meghatározzák, hogy mikor is kell az alkatrészek legyártását (vagy megrendelését) elkezdeni, hogy a kívánt időre rendelkezésünkre álljon.

Az **MRP** rendszer elvi felépítése

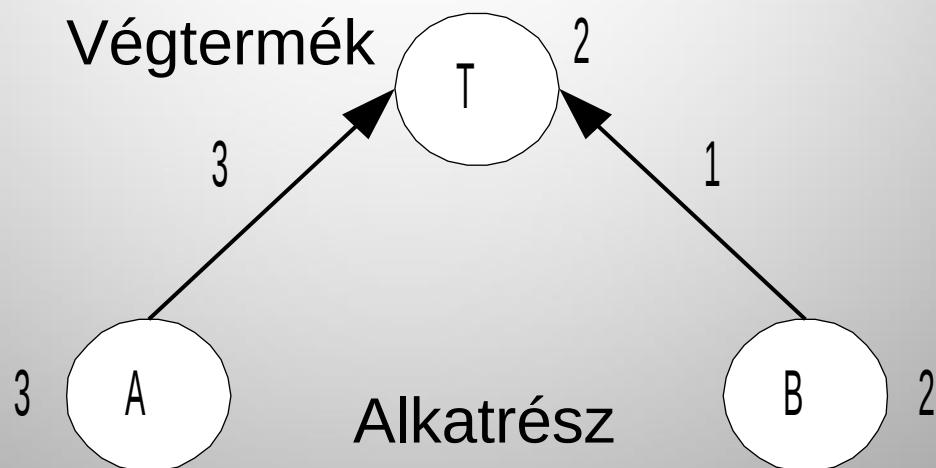


Alapesetben az **MRP** modul nem tartalmaz kapacitástervezési részt. A hiányzó kapacitást nagyobb átfutási idők megadásával lehet pótolni.

Fejlettebb változatok (**MRP II** – Manufacturing Resource Planning) – már azt is vizsgálják, hogy a kiszámított optimális gyártási tételek legyárthatók-e, rendelkeznek-e az ahhoz szükséges erőforrás mennyiséggel.

Egy mintapélda az MRP rendszer működéséről:

Az alábbi ábrán egy termék összeállítási gráfja látható:



A „T” végtermék két alkatrészből – „A” és „B” jelű –, kerül összeszerelésre. Az „A” jelűből 3 darab szükséges, míg a „B” jelűből csak 1. A szükséges mennyiséget a nyilak melletti számok jelölik.

Az „A” és „B” alkatrészek melletti számok az átfutási időket adják meg.

Ha pl. a periódusidő egy hét, ebben az esetben az „A” alkatrész átfutási ideje három hét (**3 egység**), a „B” átfutási ideje két hét (**2 egység**). Vagyis, ha erre a hétre rendelkezésre kell álljon az „A” alkatrész, akkor azt három héttel már előtte kell(ett volna) megrendelni, ill. ha most rendeljük meg, akkor csak három hét múlva fog rendelkezésre állni.

Ez az idő „B” esetében csak két hét. A „T” végterméknek is van átfutási ideje, ami szintén két hét (**2 egység**).

Legyen a **12.** héten **(indulásnál)** a raktárban **8 darab** termék, illetve a **14** héten **4 db** (pl. a visszamondott rendelésből).

Így ezeken a heteken a termék iránti nettó igény valójában csak $30 - 8 = 22$ a **12.** héten, és $24 - 4 = 20$ a **14.** héten.

Ezt az alábbi táblázatban foglalhatjuk össze:

HÉT	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Primer igény („T” iránt)			30	16	24	14	22	15	13
Induló raktárkészlet („T” –ből)			8		4				
Nettó igény = gyártási tételnagyság			22	16	20	14	22	15	13
Megrendelés	22	16	20	14	22	15	13		

Tegyük fel, hogy az átállási költségek a „T” végtermék esetén nem jelentősek, így egy „tételt – tételre” termelési program megvalósítható.

A táblázat szerint tehát már a **10.** héten el kell kezdeni legyártani a **12.** hétre esedékes **22 db** „T” végterméket.

(a gráfban látható volt, hogy az átfutási idő 2 hét)

A **11.** héten el kell kezdeni a **16 db** „T” végterméket, melyet a **13.** héten kell kiszállítanunk, stb.

Ha megvizsgáljuk az „A” jelű alkatrészt, a „T” végtermékhez **3 db** „A” -ra van szükség, melynek átfutási ideje **3** hét. Legyen ebből is néhány darab a raktárban, pl. a **10.** héten **12 darab**.

HÉT	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Bruttó igény („A” iránt, a „T” iránti igényből számítva)				66	48	60	42	66	45	39
Induló raktárkészlet („A” –ból)				12						
Nettó igény („A” –ból)				54	48	60	42	66	45	39
Gyártási tétel nagyság („A” –ból)										
Aktuális raktárkészlet („A” –ból)										
Gyártási feladat („A” –ból)										

„A” alkatrész iránti igény

Gyártási, vagy rendelési tétel nagyság meghatározása

A gyártási illetve rendelési tétel nagyság meghatározásának két kulcseleme van:

- Az egyik az **átállási költség**, ami azt fejezi ki, ha a gyártósort le kell állítani és egy másik termék gyártására át kell állítani, akkor az mennyibe kerül összesen a vállalatnak.
- A másik fontos tétel pedig, hogy a leggyártott, de még fel nem használt **alkatrész vagy végtermék tárolása** a forgóeszközök lekötésén keresztül jelentős pénzösszeget emészt fel.

Az átállási költség fajlagosan (egy darabra vetítve) exponenciálisan csökken, minél nagyobb mennyiséget gyártunk egyetlen átállás során. A készletezési költségek pedig lineárisan nőnek, ha növeljük a gyártott darabszámot.

E két ellentétes irányban változó költség között van egy egyensúlyi pont, vagyis **egy adott darabszámnál** ez a kétfajta **költség megegyezik**.

1. Amennyiben az igény egyenletes, és nem változik a tervezési időszak alatt, akkor használható az **EOQ** (Economic Order Quantity: Gazdaságos Rendelési Mennyiség) formula.
2. Ha az igény a tervezési időszak alatt periódusról periódusra (hétről – hétre) jelentősen változik, akkor egy dinamikus optimalizálási feladatot kell megoldani.

3. Amennyiben az átállási költségek elhanyagolhatók (pl. rendkívül rövid az átállási idő, néhány perc), akkor a **tételt-tételre gyártás** is választható.

Ez azt jelenti, hogy minden periódusban az adott igénynek megfelelő mennyiséget gyártjuk le, majd átállítjuk a berendezéseket más alkatrészek gyártására

A készletgazdálkodásban **dinamikus optimalizálás** a **Wagner – Whitin algoritmus** segítségével történik.

Ez egy kombinatorikai feladat, ahol a variációk száma egyre nő, ahogy egyre több periódust tartalmaz a tervezési időszak.

Tételt – tételre gyártás

A „**tételt – tételre**” gyártás (vagy rendelés) azt jelenti, hogy minden periódusban legyártjuk, ill. megrendeljük az adott periódus igényét. Készletezési költségek nem lesznek, hiszen minden periódusban elfogy az akkor rendelt mennyiség.

Természetesen ennek a készletezési módszernek is van költsége, mégpedig minden egyes periódusban ki kell fizetni a rendelési költséget (beszerzés esetén) ill. viselni kell az átállási költséget (gyártás esetén).

Legyen az **átállási költség** (az **EOQ** modellben rendelési költségként is használatos) jele **A = 400 Ft**, a **raktározási költség** hetente és darabonként:

2 Ft ($v * r = 2 \text{ Ft / db / hét}$).

„A” alkatrész iránti igény

HÉT	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Bruttó igény („A” iránt, a „T” iránti igényből számítva)				66	48	60	42	66	45	39
Induló raktárkészlet („A” –ból)				12						
Nettó igény („A” –ból)				54	48	60	42	66	45	39
Gyártási tétel nagyság („A” –ból)				54	48	60	42	66	45	39
Aktuális raktárkészlet („A” –ból)				0	0	0	0	0	0	0
Gyártási feladat („A” –ból)	54	48	60	42	66	45	39			

A **gyártási feladat** (a táblázat utolsó sora) figyelembe veszi a **3** hétnyi időbeli előrehozás szükségességét, de a már korábban kiszámított mennyiségeken nem változtat.

Az összes költség kiszámítása :

Összesen, ha hét alkalommal rendelünk, egy rendelés 400 Ft, így $7 * 400 \text{ Ft}$ azaz **2800 Ft** lesz a 7 periódusra kiszámított teljes költség.

Rendelési tétel nagyság az EOQ modell alapján

Amennyiben az egyes periódusok igénye nem mutat jelentős ingadozást, akkor az egyes periódusok igényét „helyettesíthetjük” az átlagos igénnyel.

Ezt az alábbi módon határozható meg:

$$D_{\text{átlag}} = \frac{54 + 48 + 60 + 42 + 66 + 45 + 39}{7} * 52 = 2629,7 \approx 2630 \text{db.}$$

az éves igényre alkalmazva az **EOQ** formulát:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 * A * D}{v * r}} = \sqrt{\frac{2 * 400 * 2630}{2 * 52}} = 142,2 \approx 143 \text{db}$$

A rendelés gyakorisága pedig:

$$T = \frac{EOQ}{52} = 2,75 \text{ hét}$$

A" alkatrész iránti igény

HÉT	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Bruttó igény („A” iránt, a „T” iránti igényből számítva)				66	48	60	42	66	45	39
Induló raktárkészlet („A” –ból)				12						
Nettó igény („A” –ból)				54	48	60	42	66	45	39
Gyártási tétel nagyság („A” –ból)				143	0	143	0	0	143	0
Aktuális raktárkészlet („A” –ból)				89	41	124	82	16	114	75
Gyártási feladat („A” –ból)	143	0	143	0	0	143	0			

Az **összes költség** a rendelési és készlettartási költségek összege: **TK(EOQ) = 3 * 400 + (89+41+124+82+16+114+75) * 2 = 1.200 + 1.082 = 2.282 Ft.**

Rendelési tétel nagyság a legkisebb összes költség alapján

A **legkisebb összes költség** azon az egyszerű felismerésen alapul, hogy amennyiben az átállási költség nem elhanyagolható, akkor célszerűbb az átállás után több periódus igényét egy sorozatban legyártani.

Vagyis a **tételt – tételre gyártás** lesz az **etalon**, mint a **legdrágább módszer**.

Vizsgálni kell, hogy ehhez képest a tételek összevonása mekkora megtakarítást eredményez. Amíg az összevonás révén az összes költség csökken, addig célszerű a tételeket összevonni.

Amikor ez a sorozat megfordul, és az összes költség növekedni kezd, az már azt jelenti, hogy a legutolsó tételt már nem érdemes az eddigiekhez hozzácsapni - **érdemesebb abban a periódusban újrakezdeni a gyártást.**

A legkisebb összes költség alapján az alábbi végeredményre jutunk:

Összesen két alkalommal indítjuk a gyártást:

- a 10. periódusban legyártjuk a 10-13 periódus igényét,
- a 14. periódusban legyártjuk az 14-16 periódus igényét.

E gyártás összes költsége az alábbi táblázatban foglalható össze:

Periódus	Nettó igény	Tervezett rendelés	Záró készlet	Készletartási ktg.	Rendelési ktg.	Összes ktg.
10.	54	204	150	300	400	700
11.	48	0	102	204	0	904
12.	60	0	42	84	0	988
13.	42	0	0	0	0	988
14.	66	150	84	168	400	1556
15.	45	0	39	78	0	1634
16.	39	0	0	0	0	1634

Az összes költség:

TK(legkisebb összes ktg.) =

$$= 400 + 2 \cdot (48 + 60 + 42) + 2 \cdot (60 + 42) + 2 \cdot 42 + 400 + 2 \cdot (45 + 39) + 2 \cdot 39 =$$
$$= \mathbf{1.634 \text{ Ft.}}$$

(Ez egyébként közvetlenül kiolvasható a táblázat utolsó sorából is)

Ezek után a tényleges gyártást 3 héttel előre kell hozni, így a **7.** és a **11.** héten fogjuk legyártani a szükséges mennyiségeket.

Rendelési tétel nagyság a legkisebb átlagköltség (egységköltség) alapján

Ez is egy **heurisztikus algoritmus** (Silver – Meal – heuristic), mely szintén nem biztos, hogy abszolút optimumot ad - de mindenképpen egy jó megoldást eredményez.

Ha egyszer átállítottuk a gyártósorokat, akkor érdemes az egyes periódusok igényét összevonni mindaddig, amíg az egy periódusra eső átlagos költség csökken. Vagyis, ha az 1. periódusban gyártjuk le az 1-2. periódus igényét, akkor ennek költsége:

az egyszeri átállás + a második periódus igényének egy periódusnyi készletezési költsége 2 periódusra oszlik el.

Ha az 1. periódusban gyártjuk le az 1-3. periódus igényét, akkor ennek összes költsége (átállás + készletezés) már 3 periódusra oszlik el, stb.

HÉT	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Nettó igény („A” –ból)				54	48	60	42	66	45	39

Az előbbiek alapján ($K_{10,10} = 400$):

$$K_{10,11} = K_{10,10} + v * r * D_{11} = 400 + 2 * 48 = 496 \text{ Ft}$$

Mivel ez két hét költsége, ebből számítjuk ki a heti átlagköltséget:

$$\frac{K_{10,11}}{2} = 248 \text{ Ft}$$

Ha hozzáveszünk még egyheti mennyiséget, vagyis ha a 10. héten kezdenénk a 12. heti mennyiség legyártását, akkor az átlagköltség az alábbiak szerint változna:

$$K_{10,12} = K_{10,11} + 2 * v * r * D_{12} = 496 + 2 * 2 * 60 = 736 \text{ Ft}$$

Mivel ez három hét költsége (10, 11, 12. hét), ebből számítjuk ki a heti átlagköltséget:

$$\frac{K_{10,12}}{3} = 245,3 \text{ Ft}$$

Látható, hogy az átlagköltség tovább csökkent, azaz érdemes egyszerre három hét mennyiségét legyártani!

Nézzük meg, hogy jobban járunk-e akkor, ha a negyedik hét (13. hét) igényét is hozzácsapjuk és a 10. héten még a 13. heti mennyiséget is legyártjuk:

$$K_{10,13} = K_{10,12} + 3 * v * r * D_{13} = 736 + 3*2*42 = 988 \text{ Ft}$$

Mivel ez most már négy hét költsége (10, 11, 12, 13. hét), ebből számítsuk ki a heti átlagköltséget:

$$\frac{K_{10,13}}{4} = 247 \text{ Ft.} \qquad \frac{K_{10,13}}{4} > \frac{K_{10,12}}{3}$$

Látható, hogy a négy hétre számított átlagköltség nagyobb, mint a három hétre számított, ezért az algorithmus itt megszakad.

Eredményként azt kapjuk, hogy az a legjobb, ha három hét igényét összevonjuk, és ezt egyszerre gyártjuk le.

Innen a **gyártási tétel nagyság** így számítható:

$$Q_{10} = D_{10} + D_{11} + D_{12} = 54 + 48 + 60 = 162$$

Mindezek alapján a következő tétel nagyság az alábbiak szerint számítható:

(Az algoritmus a 13. heti mennyiséggel indul újra, a 13. héten. Akkor kell újra átállítani a gépeket.)

$$K_{13,13} = A = 400 \text{ Ft.}$$

$$K_{13,14} = K_{13,13} + v * r * D_{14} = 400 + 2 * 66 = 532 \text{ Ft}$$

Mivel ez két hét költsége, ebből számítjuk ki a heti átlagköltséget:

$$\frac{K_{13,14}}{2} = 266 \text{ Ft}$$

Ha hozzáveszünk még egyheti mennyiséget, vagyis szintén a 13. héten kezdenénk a 15. heti mennyiség legyártását, akkor az átlagköltségünk az alábbiak szerint változna:

$$K_{13,15} = K_{13,14} + 2 * v * r * D_{15} = 532 + 2 * 2 * 45 = 712 \text{ Ft}$$

Mivel ez három hét költsége (13, 14, 15. hét), ebből számítjuk ki a heti átlagköltséget:

$$\frac{K_{13,15}}{3} = 237,3 \text{ Ft}$$

Vagyis az átlagköltség tovább csökkent, így érdemes egyszerre három hét mennyiségét legyártani.

Nézzük meg, hogy jobban járunk-e, ha a negyedik hét (16. hét) igényét is hozzácsapjuk és a 13. héten még a 16. heti mennyiséget is legyártjuk.

$$K_{13,16} = K_{13,15} + 3 * v * r * D_{16} = 712 + 3 * 2 * 39 = 946 \text{ Ft}$$

Mivel ez most már négy hét költsége (13, 14, 15, 16. hét), ebből számítsuk ki a heti átlagköltséget:

$$\frac{K_{13,16}}{4} = 236,5 \text{ Ft} \quad \frac{K_{13,16}}{4} < \frac{K_{13,15}}{3}$$

Látható, hogy a négy hétre számított átlagköltség kisebb, mint a három hétre számított, ezért az algoritmus folytatódik!

Eredményül azt kapjuk, hogy az a legjobb, ha négy hét igényét vonjuk össze, és ezt egyszerre gyártjuk le.

Innen a gyártási tétel nagyság így számítható:

$$Q_{13} = D_{13} + D_{14} + D_{15} + D_{16} = 42 + 66 + 45 + 39 = 192$$

Már csak arra kell figyelni, hogy az „A” alkatrész átfutási ideje három hét, ezért a gyártást ténylegesen a 7. héten kell elkezdni, hogy a tizedik hétre már rendelkezésre álljon a szükséges mennyiség. Az adatok az alábbi táblázatban láthatók:

Periódus	Rendelt mennyiség	Készlettart. Ktg.	Rendelési ktg.	Összes ktg.	Átlag ktg.
10.	54	0	400	400	400
10-11.	102	96	0	496	248
10-12.	162	240	0	736	245,3
10-13.	204	252	0	988	247
13.	42	0	400	400	400
13-14.	108	132	0	532	266
13-15.	153	312	0	712	237,3
13-16.	192	546	0	946	236,5

„A” alkatrész iránti igény

HÉT	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Bruttó igény („A” iránt, a „T” iránti igényből számítva)				66	48	60	42	66	45	39
Induló raktárkészlet („A” –ból)				12						
Nettó igény („A” –ból)				54	48	60	42	66	45	39
Gyártási tétel nagyság („A” –ból)				162	0	0	192	0	0	0
Aktuális raktárkészlet („A” –ból)				108	60	0	150	84	39	0
Gyártási feladat („A” –ból)	162	0	0	192	0	0	0			

Az időbeli eltolás miatt a tényleges gyártás a 7. és a 10. héten lesz.

E gyártási módszer összes költsége:

TK(legkisebb átlag ktg.)=

$$\begin{aligned} &= 400 + 2 \cdot (48 + 60) + 2 \cdot 60 + 400 + 2 \cdot (66 + 45 + 39) + 2 \cdot (45 + 39) + 2 \cdot 39 = \\ &= 1.682 \text{ Ft.} \end{aligned}$$

Dinamikus programozás, a Wagner – Whitin modell

Amennyiben az igény az egyes periódusokban jelentősen ingadozik (mint az előző mintapéldánkban) akkor az **EOQ** modell már nem használható. Természetesen mint nagyvonalú becslés jó, de pontos eredményt nem fog adni.

A **dinamikus programozás** egy speciális tulajdonságát használja ki az algoritmus, melyet **Wagner – Whitin** kritériumnak is neveznek. Lényege, hogy egy periódusban kétféle dolog történhet:

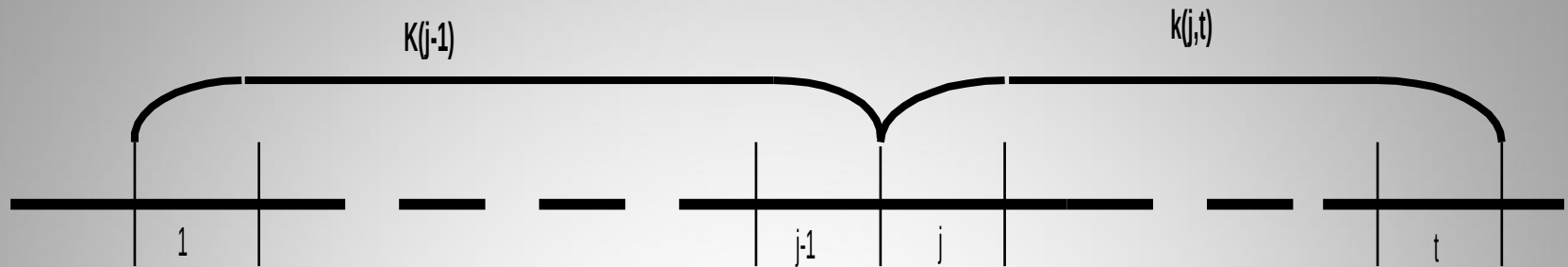
1. Ha a vizsgált időszakban gyártunk, akkor az ezt megelőző periódus végére a raktár kiürül, vagyis a készlet 0 , azaz $X_t \neq 0$ és $I_{t-1} = 0$.
2. Ha a vizsgált időszak végén van raktárkészlet, akkor a következő periódusban nem gyártunk, azaz $I_{t-1} \neq 0$ és $X_t = 0$.

Ebből következően az optimális megoldásra mindig igaz lesz az alábbi feltétel: $I_{t-1} * X_t = 0$, hiszen a szorzatban vagy az egyik, vagy a másik tényező nulla.

Ez a Wagner – Whitin kritérium.

Ez egyben azt is jelenti, hogy mindig egész számú periódusigényét vonjuk össze egy gyártási tételbe, vagyis olyan megoldás biztos nem optimális, ahol a 4. hét igényének egy részét legyártjuk a 3. héten, majd a maradékot a 4. – ben. Ha egyszer a 4. – ben újraindulunk a gyártással, akkor egyszerűbb a teljes mennyiséget a 4. – ben legyártani.

Az algoritmus menete a következő:



Vegyünk a mintapéldát, melyben 7 periódusra kell az optimális rendelési téteknagyságokat meghatározni. Jelöljük „j” -vel azt az időszakot, melyben utoljára gyártunk. Ez azt jelenti, hogy a „j” időszakban fogjuk legyártani a $j, j+1, j+2, \dots, t$ periódusok igényét. Így a raktárkészlet a következők szerint alakul majd:

$$I_j = D_{j+1} + D_{j+2} + D_{j+3} + \dots + D_t = \sum_{w=j+1}^t D_w$$

Ennek megfelelően a raktárkészlet költsége az alábbiak szerint számítható:

$$k(j, t) = i_j * (D_{j+1} + D_{j+2} + \dots + D_t) + i_{j+1} * (D_{j+2} + D_{j+3} + \dots + D_t) + \dots + i_{t-1} * D_t = \sum_{v=j}^{t-1} i_v * \sum_{w=v+1}^t D_w$$

Amennyiben az optimális megoldás szerint az a legjobb, ha a „j”-ik periódusban gyártunk utoljára [az ábrán $k(j, t)$], akkor az ezt megelőző periódusok összes költsége is optimális kell legyen. Még nem tudjuk, hogy a „j”-ik periódus előtt mikor és mennyit gyártunk, de bármi jött is ki, az biztosan jó [az ábrán $K(j-1)$ -el jelölve]. Ugyanezt a gondolatmenetet folytathatjuk tovább visszafelé. Az összes költség az alábbi lesz:

$$TK(1-t) = K(j-1) + A_j + k(j, t)$$

Az optimális megoldást úgy fogjuk megkapni, hogy fokozatosan növeljük a tervezési időszakok számát 1-től, t-ig. Ez egyben azt is jelenti, hogy nem egyetlen feladatot, hanem „t”

számú részfeladatot kell megoldani.

A számítás általános algoritmusa a következő:

$$K(t) = \underset{1 \leq t \leq L}{\text{Min}} \left\{ \underset{1 \leq j \leq t}{K(j-1) + \left(A_j + \sum_{v=j}^{t-1} i_v * \sum_{w=v+1}^t D_w \right)} \right\} = \underset{1 \leq j \leq t}{\text{Min}} \{ K(j-1) + A_j + k(j, t) \}$$

Ez az algoritmus két számítással jár:

1. Először végigmenve az 1. héttől a 7. hétig, kiválasztjuk, hogy mely periódusokban célszerű gyártani és melyekben nem.
2. Másodszor a 7. héttől kezdve visszafelé az 1. hétig kiválasztjuk azokat a periódusokat melyekben gyártanunk kell ahhoz, hogy a legalacsonyabb összes költséget érjük el.

A sorozat indításának költsége (átállási költség): $A = 400$ Ft.
A készletezési költség: $v * r = 2$ Ft /db / hét

Két futó indexet kell használni, „**t**”-vel jelöljük a tervezési időszakot, míg „**j**” – vel azt, amelyikben utoljára gyártunk. Minden periódusban jelöljük vastaggal az addigi legalacsonyabb összes költséget:

$$\mathbf{t = 10, \quad j = 10 \quad K(10) = A = 400 \text{ Ft.}}$$

$$\mathbf{t = 11, \quad j = 10 \quad K(11) = A + v * r * D_{11} = 400 + 2 * 48 = 496 \text{ Ft}}$$

$$t = 11, \quad j = 11 \quad K(11) = K(10) + A = 400 + 400 = 800 \text{ Ft.}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{t = 12, \quad j = 10 \quad K(12) = A + v * r * (D_{11} + D_{12}) + v * r * D_{12} =} \\ = 400 + 2 * (48 + 60) + 2 * 60 = 400 + 216 + 120 = \mathbf{736 \text{ Ft}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t = 12, \quad j = 11 \quad K(12) = K(10) + A + v * r * D_{12} = \\ = 400 + 400 + 2 * 60 = 400 + 400 + 120 = \mathbf{920 \text{ Ft}} \end{aligned}$$

$$t=12, j=12 \quad K(12) = K(11) + A = 496+400 = 496+400 = 896 \text{ Ft}$$

$$\begin{aligned} t=13, j=10 \quad K(13) &= A + v_r(D_{11} + D_{12} + D_{13}) + v_r(D_{12} + D_{13}) + v_r D_{13} = \\ &= 400 + 2*(48+60+42) + 2*(60+42) + 2*42 = 400+300+204+84 = \\ &= \mathbf{988} \text{ Ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t=13, j=11 \quad K(13) &= K(10) + A + v_r(D_{12} + D_{13}) + v_r D_{13} = \\ &= 400 + 400 + 2*(60+42) + 2*42 = 400+400+204+84 = \mathbf{1088} \text{ Ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t=13, j=12 \quad K(13) &= K(11) + A + v*r*D_{13} = 496 + 400 + 2*42 = \\ &= 496 + 400 + 84 = \mathbf{980} \text{ Ft} \end{aligned}$$

$$t=13, j=13 \quad K(13) = K(12) + A = 736 + 400 = \mathbf{1136} \text{ Ft.}$$

A további számítások a fentieknek megfelelően történnek.

Előre történő számítás során meg kell határozni a minimumhelyeket. Visszafelé történő számításnál ezekből kiválasztjuk azokat, melyek a legalacsonyabb összes költséget eredményeznek az adott (számított) periódusra.

A $t=16$, $j=14$ azt jelenti, hogy a 16. héten fellépő igényt a 14. héten kell legyártani. Ha viszont az 14. héten elindul a gyártás, akkor a **Wagner – Whitin** kritériumnak megfelelően a 14. héten legyártjuk az 14. a 15. és a 16. hét igényeit is, vagyis: $Q_{14} = D_{14} + D_{15} + D_{16}$.

Menjünk vissza ezután a 13. hétre (hiszen, ha 14-16-ig már készen vagyunk), és nézzük meg, ott mi lesz az optimális eredmény. Azt találjuk, hogy $t=13$, $j=12$, ami azt jelenti, hogy a 13. hét igényét a 12. héten kell legyártani, mert az a legolcsóbb, így $Q_{12}=D_{12}+D_{13}$.

Végül nézzük meg a 11. hetet, ahol azt találjuk, hogy $t=11$ és $j=10$, ami szerint a 11. hét igényét a 10. héten kell legyártani, így: $Q_{10} = D_{10} + D_{11}$.

A termelési program összes költsége a $t=16, j=14$ sorban lenne található (hiszen ez átfogja a teljes tervezési időszakot) és összesen **1626 Ft** lenne.

Természetesen a kiszámított optimális mennyiségeket itt se felejtjük el **3** héttel előrébb hozni:

így a tényleges termelés a:

7.

9.

11. heteken lesz!

HÉT	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Bruttó igény („A” iránt, a „T” iránti igényből számítva)				66	48	60	42	66	45	39
Induló raktárkészlet („A” –ból)				12						
Nettó igény („A” –ból)				54	48	60	42	66	45	39
Gyártási tétel nagyság („A” –ból)				102	0	102	0	150	0	0
Aktuális raktárkészlet („A” –ból)				48	0	42	0	84	39	0
Gyártási feladat („A” –ból)	102	0	102	0	150	0	0			

Hasonlítsuk össze a különböző algoritmusokkal meghatározott termelési programok összes költségét:

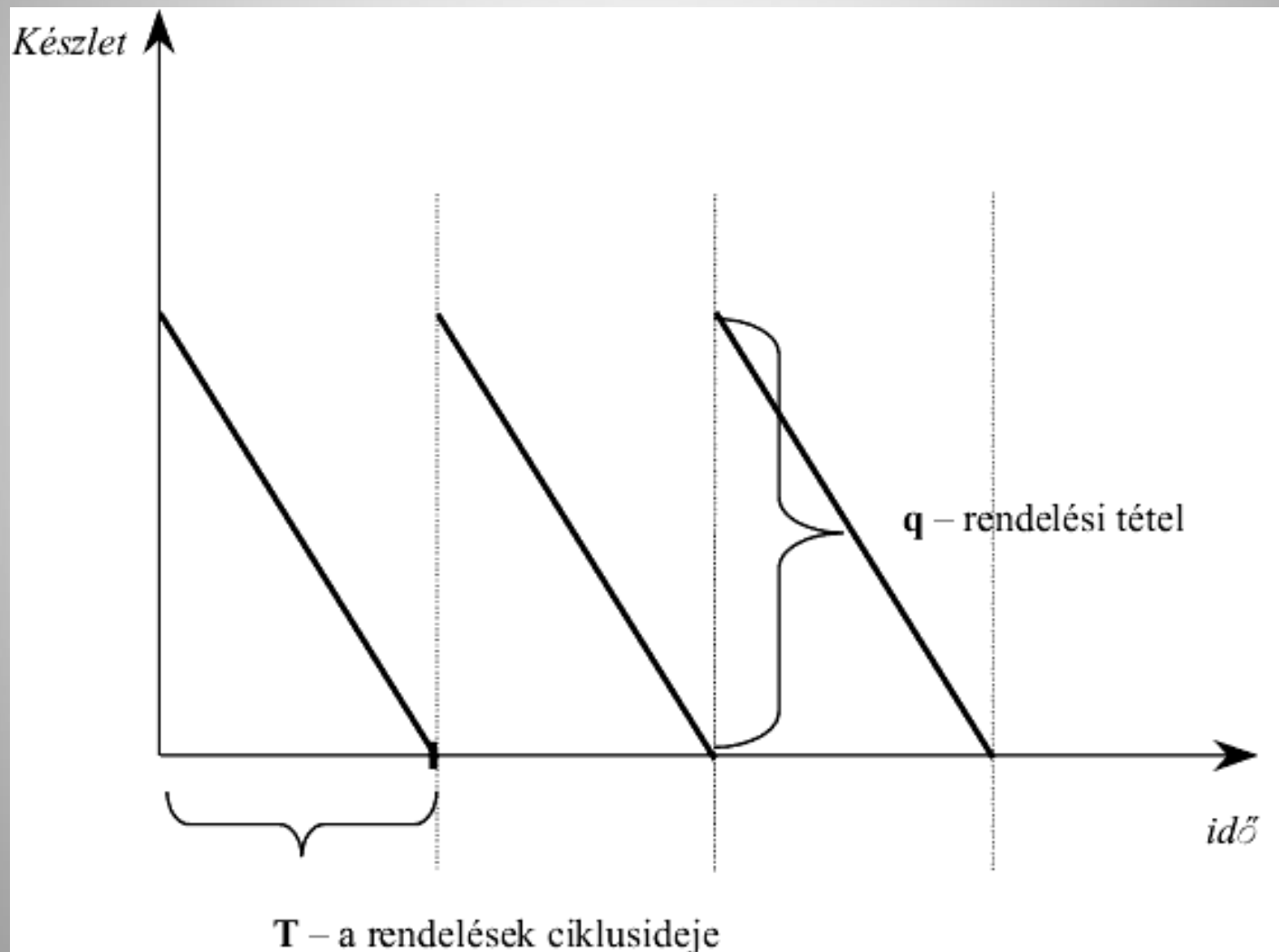
IDŐSZAK	GYÁRTÁSI TÉTELNAGYSÁG Q_i				
	Tételt - tételre	EOQ	Legkisebb összes ktg.	Legkisebb átlag ktg.	Wagner – Whitin algoritmus
10. hét	54	143	204	162	102
11. hét	48	0	0	0	0
12. hét	60	143	0	0	102
13. hét	42	0	0	192	0
14. hét	66	0	150	0	150
15. hét	45	143	0	0	0
16. hét	39	0	0	0	0
Összes ktg.	2.800 Ft.	2.282 Ft.	1.634 Ft.	1.682 Ft.	1.626 Ft.

Erre a feladatra csak a **Wagner – Whitin** algoritmus alkalmazható helyesen, a többi közelítő megoldásnak tekinthető.

A T - q (fűrészfog) készletezési modell

- A legkevesebb szabadságfokkal rendelkező modell mind a rendelési időköz (T), mind a rendelési tételnagyság (q) kötött.
- „vezérelt” készletezési mód (az igény és a teljesítés/előállítás ingadozásai, változásai, a készletek halmozódásához vagy hiányok kialakulásához vezetnek)
- Csak nagy készletmennyiségnél lesz csökkenő az ingadozások okozta hiba
- napjainkban elavult stratégia. (Használhatósága olyan tömegtermelést végző gyártási rendszerekben indokolt, ahol a termelési és felhasználási viszonyok állandónak mondhatók, illetve jól előrejelezhetők)
- A ciklusidő meghatározásánál figyelembe kell venni a rendelés feladási–beérkezési időt (τ), ami azt jelenti, hogy időbe telik, amíg a megrendelt tétel a raktárba érkezik és feldolgozhatóvá válik, miközben az anyagból felhasználás is van.

A T - q (fűrészfog) készletezési modell



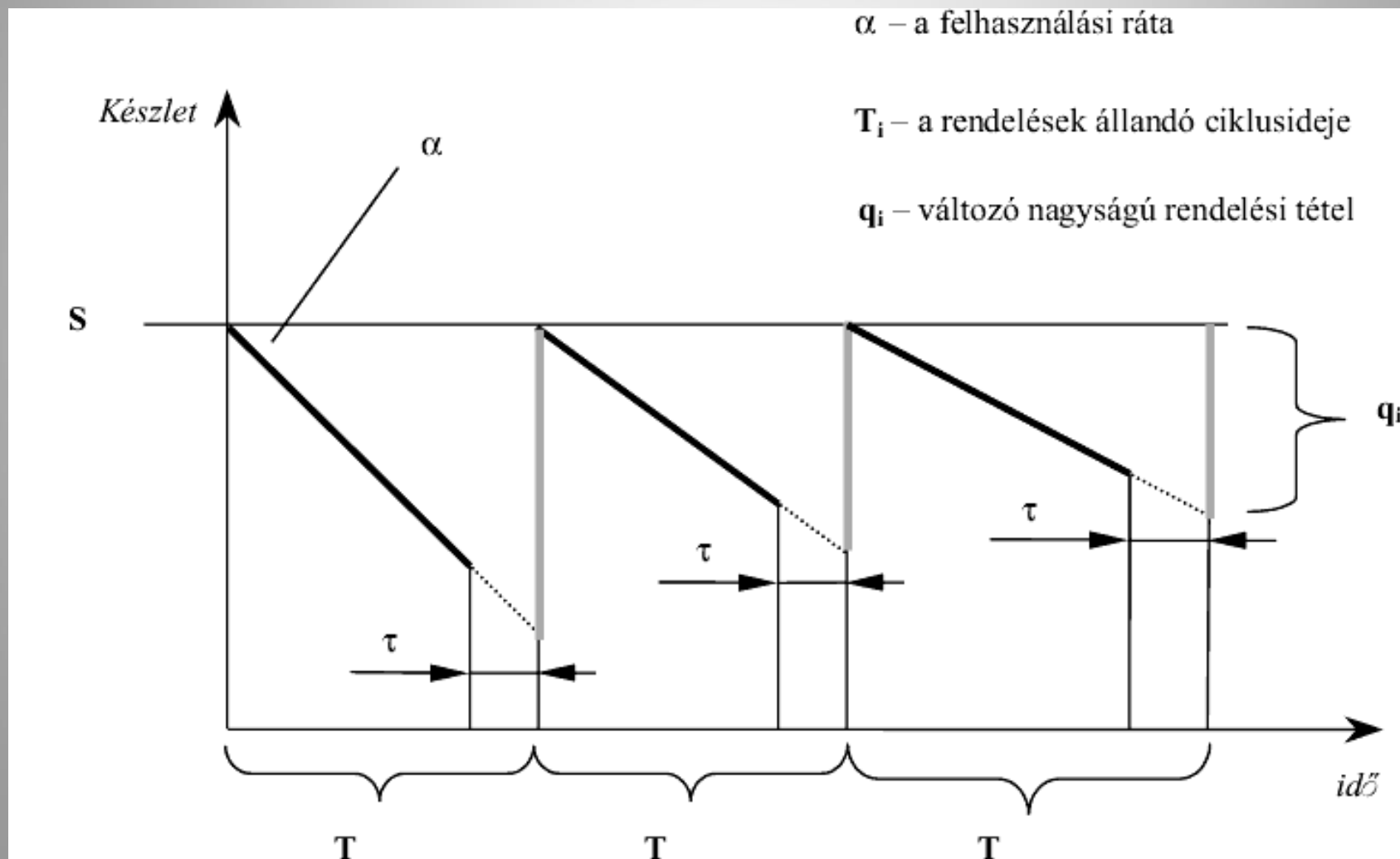
A T-S (ciklikus) készletezési modell

- Ennél a modellnél is azonos időciklusonként végzik a készletek újra töltését, így a logisztikai rendszer időbeli tervezhetősége jó.
- A beszállítandó mennyiségeket (q) az határozza meg, hogy a ciklus alatti felhasználás miatt mekkora mennyiséget kell pótolni ahhoz, hogy ismét a maximális szintre (S) töltsük a készleteket.
- Ennek megfelelően a „ q ” rendelési mennyiség egy valószínűségi változó lesz.
- Szabadsága az előzőnél nagyobb, mégsem igényel folyamatos készletkövetést, csak minimálisan akkora információigény lép fel, hogy a rendelés feladási–beérkezési idő (t) kezdete előtt megbízható adatok legyenek a készletek szintjéről és az ez idő alatt várható felhasználásról.

A *T-S* (ciklikus) készletezési modell

- A változó tétel nagyság miatt a szállító számára kevésbé tervezhető a kiszállítások ideje
- A „ τ ” idő alatt fellépő hiányok a normál beszerzési csatornákon keresztül szinte pótolhatatlanok.
- Csak nagy készletpótlási költségek mellett szerezhető be a hiányzó készlet
- A folyamatos készletkövetés hiánya következtében a rendelés feladásakor csak becsült felhasználási intenzitással számolhatunk. Túlbecsült felhasználási rátával felesleges készlet alakul ki a maximális (S) szint felett, míg alulbecsléskor jobb esetben az újonnan beérkező készlet nem tölti fel a raktárt (S) - szintig – rosszabb esetben a tétel beérkezéséig hiány alakulhat ki
- Alkalmazása ott célszerű, ahol a felhasználás, különösen a „ τ ” idő alatt jól becsülhető, előírt rendelési határidők vannak, illetve nehezen megoldható vagy túl drága a folyamatos készletellenőrzés.

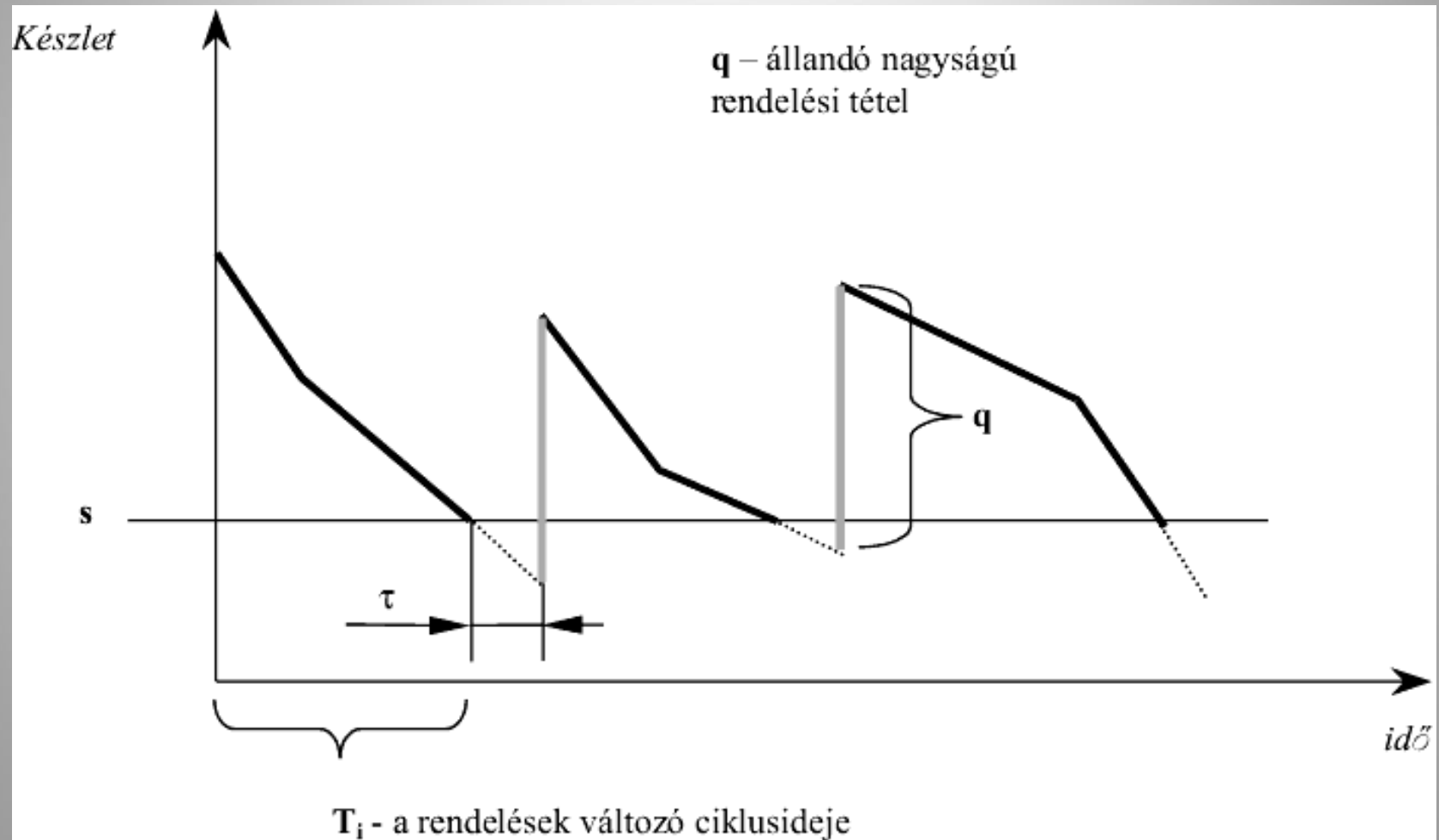
A T - S (ciklikus) készletezési modell



Az s - q (kétraktáros) készletezési modell

- A minimális (s) készletszint és a rendelési tételek (q) nagysága egyaránt előre meghatározott.
- Folyamatos készletfigyelést igényel. Az „ s ”-hez tartozó készletszint elérése – mint a rendszer jelzése – indítja el a „ q ” mennyiségű készlet megrendelését.
- Itt is fontos a felhasználási rátának (α) a késedelmi idő (τ) miatti pontos becslése.
- Pontosabb becslés és kiszámíthatóbb felhasználási ütem, valamint rövidebb rendelés feladási idő alacsonyabb „ s ” készletszintet tesz lehetővé, így használata előnyös lehet.
- Bármely paraméter növekedése nagyobb biztonsági készletet, így magasabb készlettartási költségeket tesz szükségesé.
- Alkalmazása előnyös lehet kis ingadozást mutató igények, rövid „ τ ” esetén, valamint nagy hiányköltséget jelentő készleteknél.

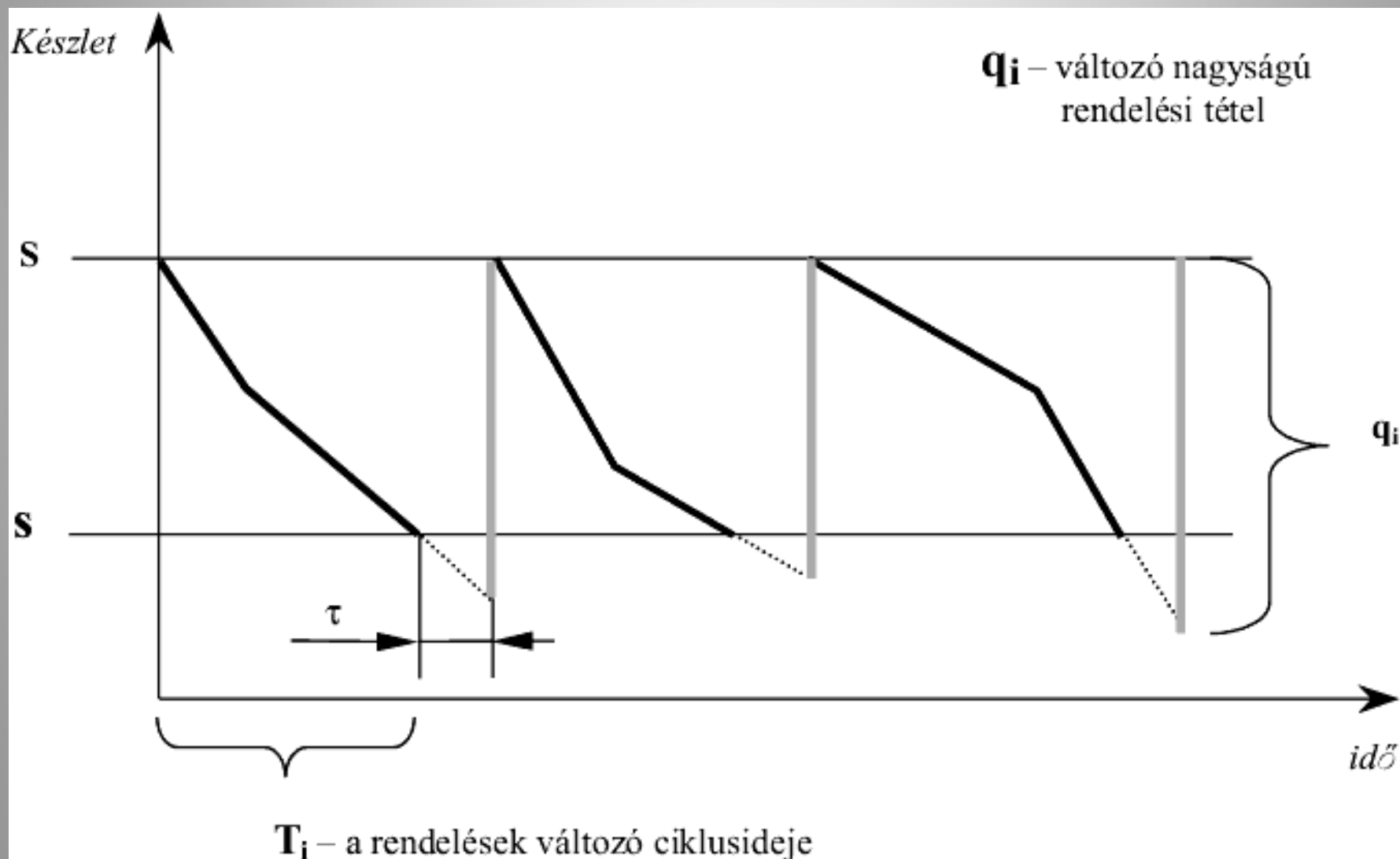
Az s - q (kétraktáros) készletezési modell



Az *S-s* (csillapításos) készletezési modell

- Szabályozott modell
- A készletfeltöltésre vonatkozó jelzés a minimális készlet szint (s) elérése. A maximális készletre (S) való töltéskor lényegében a $(s-q)$ modellnél megismert készlet szintnek a nagymértékű kilengéseit csillapítjuk, megakadályozva ezzel a túlzott készletek kialakulását.
- Ebből eredően a készletrendelés ciklusideje (T) és a megrendelt mennyiségek (q) egyaránt valószínűségi változók lesznek.
- Megkövetelt a folyamatos készletfigyelés, és a készlet felhasználási rátájának „ τ ”-nak a becslése
- Alkalmazása ott javasolt, ahol pontos készletkövetést alakítottak ki a magas hiányköltségek kiküszöbölésére. Jellemzőiben együtt fedezhetők fel a kétraktáros és a ciklikus modell előnyei.

Az *S-s* (csillapításos) készletezési modell



Az újságárus modell

Az igény szerinti tömeggyártás fő jellemzője, hogy a végterméket összeszerelő cég a komponenseket tartós és kooperatív beszállítói – készletezési kapcsolat keretei között szerzi be. Az együttműködés gyakori formája a VMI (Vendor Managed Inventory) üzleti modell, amely az SCM (Supply Chain Management) modellek számítógépes alkalmazásával valósul meg.

Az igény szerinti tömeggyártás kooperatív beszállítói rendszerének követelményéből kiinduló egy új, a gyártás – indítási (setup) költséggel bővített klasszikus „újságárus” feladatra épülő, kiterjesztett költségfüggvényű, több rendelési periódus együttes kezelésére alkalmas, sztochasztikus készletgazdálkodási modell a következő:

Az újságárus modell

$$\begin{aligned}
 K_{123\dots n}(q_{123\dots n}) = & c_f + c_v(q_{123\dots n} - I) + hE[q_{123\dots n} - D_1] + hE[q_{123\dots n} - \\
 & - D_1 - D_2] + \dots + hE[q_{123\dots n} - D_1 - D_2 - \dots - D_n] + pE[D_1 - q_{123\dots n}] \\
 & + pE[(D_1 + D_2) - q_{123\dots n}] + \dots + pE[(D_1 - D_2 - \dots - D_{n-1}) - q_{123\dots n}] + pE \\
 & [D_n + [\dots + [D_2 + [D_1 - q_{123\dots n}]]]]
 \end{aligned}$$

Ahol: c_f – a gyártás indítás (setup) költsége (Ft)

c_v – egy komponens legyártásának költsége (Ft/db)

n – a beszállítói ellátási hiányból eredő büntetés (Ft/db)

Az újságárus modell

D_i – valószínűségi változó a végszerelő által az i -edik rendelési periódusban lehívott igénye (db)

$E[y]$ – az y valószínűségi változó várható értéke

$q_{123\dots n}$ – a komponens raktározási mennyisége n darab periódus esetén (db)

I – induló raktárkészlet (db)

$[a - b]^+ = \max(a - b, 0)$

$[a - b]^- = \min(a - b, 0)$

A modell segítségével analitikus módszerekkel meghatározható:

- a beszállítói bizonytalansággal terhelt,
- a végszerelői igényt kielégítő,
- tetszőleges, véges hosszúságú gyártási időhorizontot figyelembe vevő,

- költség-optimális készletezési politika zárt alakban.

A készletpolitikát jellemző raktározási és indítandó gyártási mennyiség számítása a végszerelő gyártási igény valószínűség – eloszlás típusától független.

$$F_{123...n}(q_{123...n}) = \frac{\sum_{i=1}^n p_i - c_v - hF_1(q_{123...n}) - hF_{12}(q_{123...n}) - \dots - hF_{123...n-1}(q_{123...n})}{p + h}$$

A feladat megoldásában $F_{123...i}()$ jelenti az $i - k$ darab rendelési periódus igény összegeinek együttes eloszlás függvényét.

A $q_{123...n}$ az optimális komponensraktározási mennyisége n darab periódus esetén.

Ez a készletgazdálkodási modell lehetővé teszi a túl kevés vagy túl sok komponens legyártásával keletkező járulékos beszélítói költségek minimalizálását.

Alapfogalmak

A termelés (tágabb értelemben):

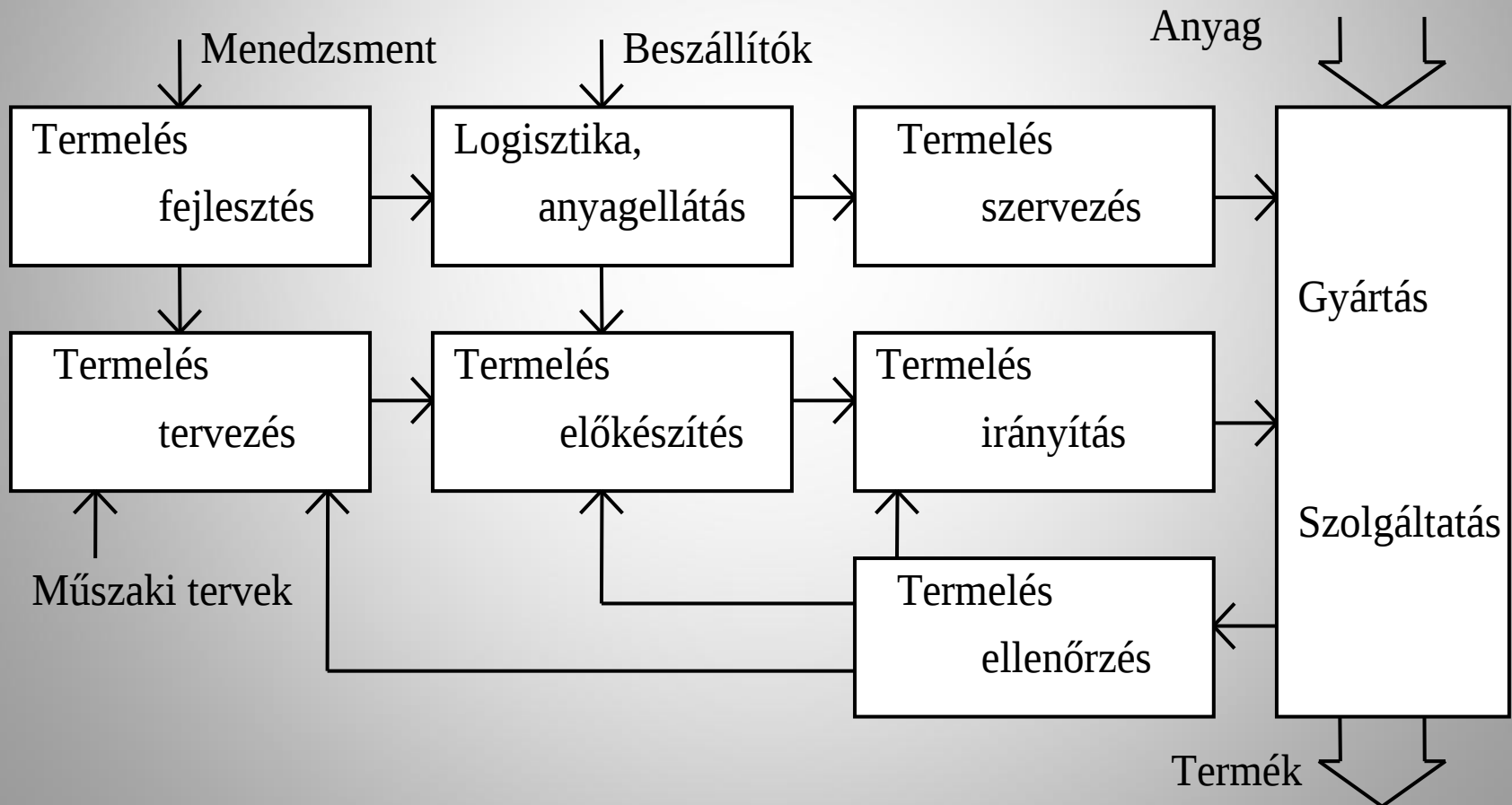
- *szervezett műszaki gazdasági tevékenység, új anyagok,*
- *termékek és szolgáltatások előállítására, a társadalom, a gazdaság igényei és szükségletei szerint.*

Magába foglalja:

- a termelés fejlesztését, és tervezését,
- a termelés szervezését, előkészítését és a logisztikáját,
- a termelés irányítást, ellenőrzést és a végrehajtást (gyártást, szolgáltatást).

Alapfogalmak

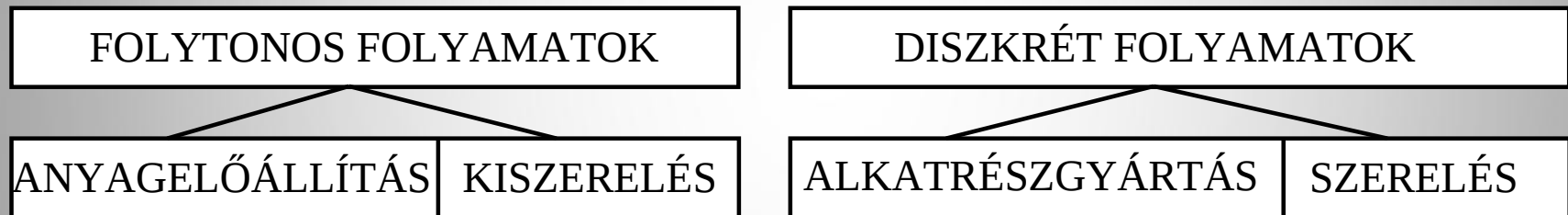
A termelés folyamatábrája:



Alapfogalmak

A **gyártás** (szűkebb értelemben) az **ipari termelés** anyagainak, alkatrészeinek, szerelvényeinek és készter-mékeinek előállítására irányuló, műszaki - gazdasági tevé-kenység.

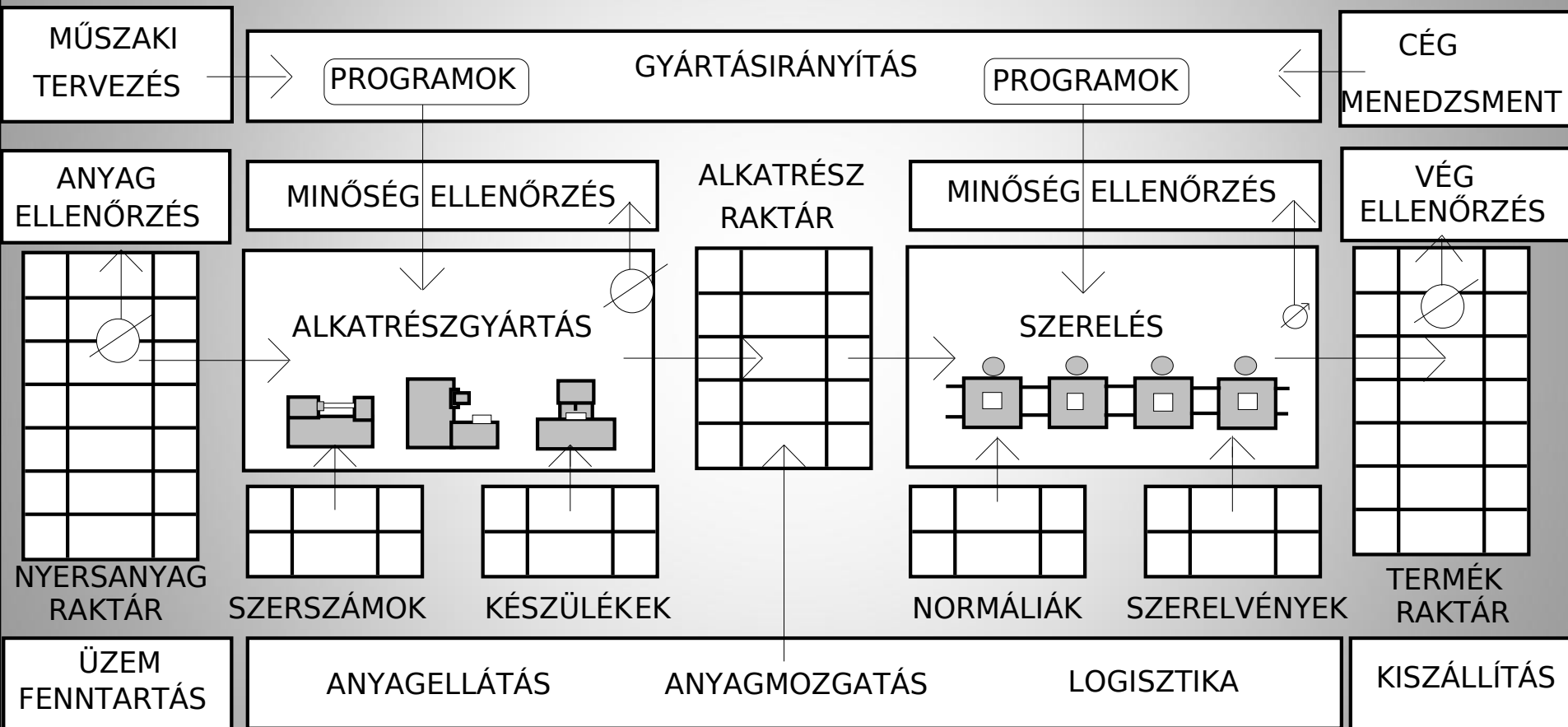
A gyártási folyamatok fő típusai:



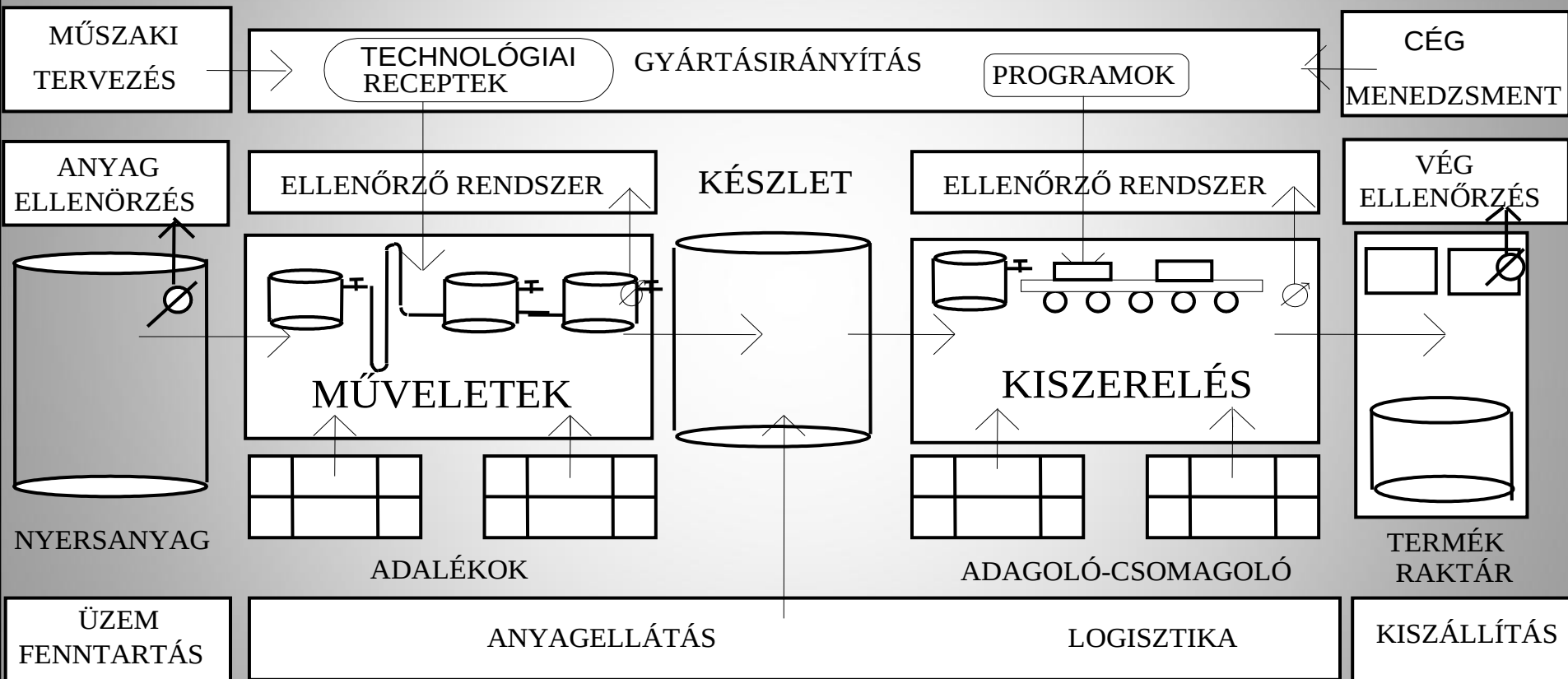
A gyártás magába foglalja:

- a gyártás előkészítését, az anyagellátást, raktározást,
- a technológiai folyamatokat,
- a gyártás szervezését, irányítását, ellenőrzését,
- a gyártási minőség biztosítását,
- az üzemben tartást, és a karbantartást

A diszkrét gyártási folyamat fő részei



A folytonos gyártási folyamat fő részei



Diszkrét gyártási folyamatok

A diszkrét gyártási folyamatokban:

Egymástól fizikai felületeikkel elkülönülő munkadarabok:

- gyártása és szerelése,
- elhatárolt munkaterekben,
- időben szakaszosan,
- gyártási eseményekkel jól elhatárolható módon valósul meg.

A diszkrét gyártási folyamatok két alapvető tech-nológiai folyamattípusa:

1. Alkatrészgyártás
2. Szerelés

Diszkrét gyártási folyamatok

Alkatrész gyártási folyamat:

Geometriailag jól definiált monolit

(újabban monolit és kompozit) munkadarabok megmunkálása folyik, időben egymás után (szekvenciálisan) rendezett megmunkálási műveletek (operációk) elvégzésével.

Minden munkadarabnak geometriailag meghatározott kezdeti és végső állapota van.

Szerelési folyamat

Alkatrészek, normáliák: szabványos alkatrészek és beszállítóktól vásárolt szerelvények összeállítása folyik szekvenciálisan rendezett szerelési műveletek elvégzésével. A szerelési műveletek elvégzésének eredménye a **termék**.

A műveletek elvégzésének színtere a munkahely vagy a gyártóberendezés munkatere (*workplace, manufacturing device*).

Gyártási folyamatok

A **megmunkálások** (forgácsolás, alakítás, kezelés, egyesítés) és szerelés (összeállítás) funkciói a **gyártás fő folyamata**hoz tartoznak.

A raktározás, az anyagmozgatás, a normál és szervenyellátás, a kiszállítás (közös néven: logisztikai funkciók); az anyagvizsgálat a minőség-ellenőrzés, a végellenőrzés (közös néven: minőségbiztosítási funkciók) **a gyártás mellék folyamata**hoz tartoznak.

A szerszámellátás, a készülékezés, az üzemfenntartás (karbantartás, hibaelhárítás, energia és segédanyag ellátás, hulladékkezelés, környezetvédelem) funkciói **a gyártás segéd-folyamatához** tartozik.

Alapfogalmak

A **komplex gyártási folyamat** együttes színtere:
a **gyártórendszer** (Manufacturing System).

A gyártórendszer olyan funkcionális alrendszerekből álló komplex tech-nológiai objektum, amely *hierarchikus felépítésű*. Az alrendszerek között anyagi és információs kapcsolatok vannak.

Az alrendszerek moduljai tevékenységének (a bennük zajló fő-, mellék és segédfolyamatoknak – az *aktivitásoknak*) a célja a **gyártási rendelések** teljesülése.

A gyártórendszerek irányítása olyan komplex termelési funkció, amely a gyártási rendelések teljesítése érdekében:

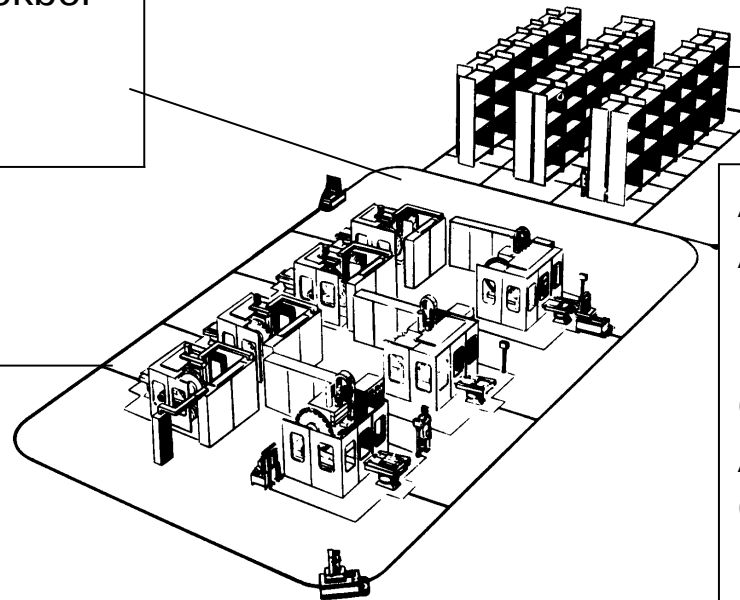
- **előállítja a gyártórendszer működésének rendezett sorozatát,**
- **megfigyeli a gyártórendszer állapotát,**
- **valós időben döntéseket hozva irányítja, felügyeli a gyártási folyamatokat.**

Gyártórendszer

CNC megmunkáló központokból álló, automatizált, rugalmas gyártó rendszer. FMS.

CNC megmunkáló központok

Magas raktár



Automatizált magas raktár
AGV robotkocsik
Palettás készülékek
Fúró-maró központok
CNC vezérlés
Automatikus szerszámtár
Gyártásirányító rendszer
Lokális hálózat LAN
Minősegbiztosító rendszer

Robotkocsi

A számítógéppel segített gyártás – **CAM** *Computer Aided Manufacturing* fogalma

A számítógéppel segített gyártáshoz (**CAM**) tartoznak azok az alkalmazott informatikai, számítógépes módszerek, eljárások, rendszerek és szolgáltatások, amelyek a termelés végrehajtási (operatív) szakaszához, az anyagi, technológiai folyamatokhoz kapcsolódnak.

A CAM fő alkalmazási területei:

- Mechatronikai rendszerek (manipulátorok, szabályzók, szenzorok)
- Gyártásautomatizálás, programozható vezérlés, számjegyvezérlés, és robottechnika
- Gyártórendszerek, gyártósorok, szerelő rendszerek számítógépes irányítása
- Üzemi számítógépes adatgyűjtés
- Üzemek és gyártó műhelyeik számítógépes irányítása
- Raktári és anyagmozgató rendszerek számítógépes irányítása
- Minőségbiztosítási (mérő, ellenőrző) rendszerek számítógépes támogatása
- Ipari számítógépes hálózatok alkalmazása integrált rendszerekben

A számítógéppel segített gyártás (CAM) fogalma

A **számítógéppel segített gyártás (CAM)** magába foglalja:

- a számítógépes gyártásirányítást,
- a logisztikát,
- a minőségbiztosítást.

A **számítógépes gyártásirányítás** magába foglalja:

- a számítógépes műhely- és üzemirányítást,
- a gyártórendszerek, gyártócellák és gépcsoportok számítógépes irányítását
- a gépek, robotok, mérő berendezések és kézi üzemű munkahelyek számítógépes irányítását
- az automatizált folyamat felügyeletet, a pozicionáló rendszerek, manipulátorok mechanizmusok és szenzorok számítógépes irányítását.

A **számítógéppel segített gyártás** szoros kapcsolatban áll a műszaki tervezés két fontos szakterületével:

- Számítógépes technológiai tervezés **CAPP** (*Computer Aided Process Planning*)
- Számítógépes termelés tervezés **PPS** (*Production Planning and Scheduling*)

A számítógéppel segített gyártás (CAM) fejlődése

1. **Hagyományos gyártás:**

- Kézi vezérlésű gépek, művezetőkre alapozott gyártásirányítás
- Papíralapú műszaki dokumentumok

A tömeggyártás fejlődése, problémái:

- A folyamatok részfolyamatokra bontása.
- A műveletek gondos szervezése
- Mechanikus automaták bevezetése a tömeggyártásba
- Aggregát célgépek, gépsorok üzemeltetése
- Huzalozott, relés programozható vezérlések bevezetése
- Hidraulikus és pneumatikus vezérlések alkalmazása
- Üzemirányítás ütemező táblákkal, papír alapú nyilvántartásokkal
- Géprajzok és ábrás művelettervek
- Gyártásirányítási bizonylatok, anyag és szerszámlisták
- Az emberi tényező szerepe

A számítógéppel segített gyártás (CAM) fejlődése

2. Számítógéppel segített gyártás

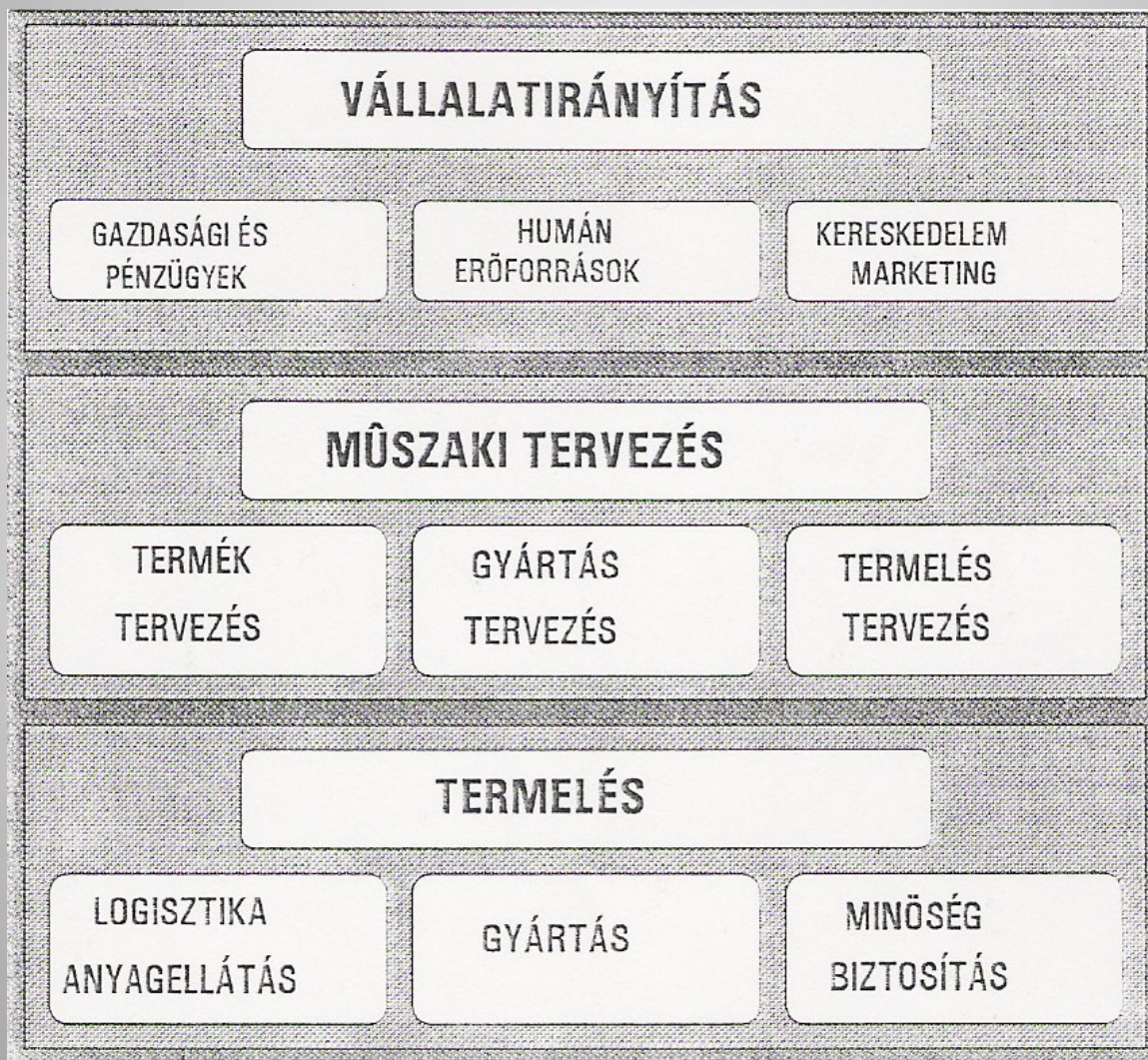
1973 a mikroprocesszor megjelenése

Elektronikus műszaki adatbázisok és dokumentumok

A rugalmas gyártás fejlődése, problémái:

- A folyamatok programozhatósága
- A munkahelyek, gépek csoportokba, cellákba, gyártórendszerekbe szervezése
- A számjegyvezérlés megjelenése a forgácsolásban
- 1960 az NC technológia kidolgozása
- 1970 Robottechnika, PLC vezérlések megjelenése
- Rugalmas, automatizált gyártórendszerek (FMS) megjelenése
- Mikroprocesszoros programozható vezérlések bevezetése
- Szervo rendszerek, helyzetszabályzók alkalmazása.
- Üzemirányítás számítógépes hálózatra alapozott hierarchikus rendszerekkel
- A számítógépes adatfeldolgozás szerepe

A gépgyártó vállalat



A gépgyártó vállalat

A vállalati tevékenység három fő funkcionális területe:

1. Vállalatirányítás

1. Igazgatás (stratégiai tervezés, controlling)
2. Gazdasági és pénzügyek
3. Kereskedelem és marketing

2. Műszaki tervezés

1. Terméktervezés (termékfejlesztés, konstrukció, műszaki dokumentáció)
2. Gyártástervezés (szereléstervezés, előtervezés, folyamattervezés)
3. Termeléstervezés (anyag és készlettervezés, kapacitás tervezés, gyártásütemezés)

3. Termelés

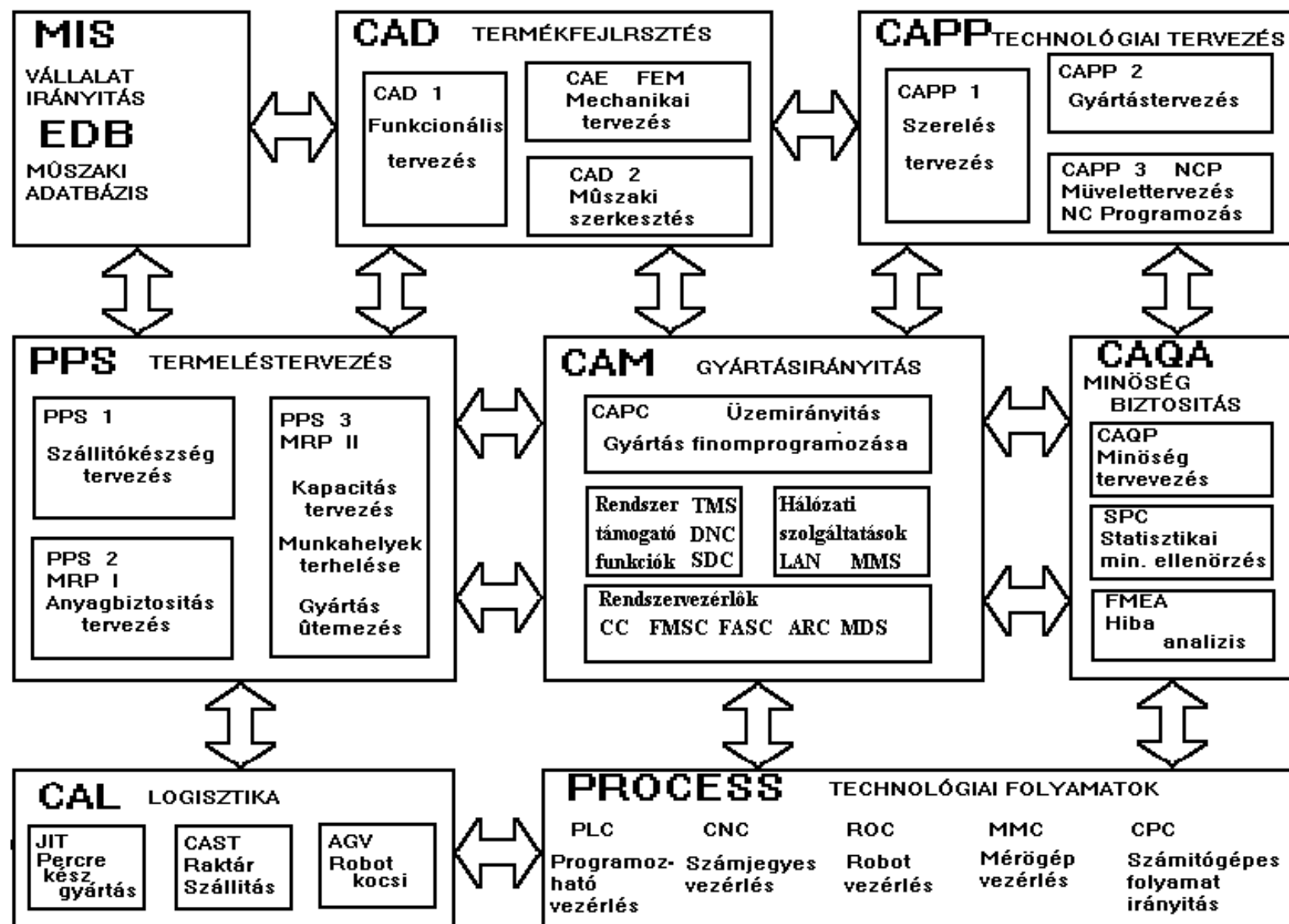
1. Logisztika (anyagellátás, anyagmozgatás, raktározás, kiszállítás)
2. Minőségbiztosítás (minőségtervezés, minőségellenőrzés, hibaelhárítás)
3. Termelés (alkatrészgyártás, szerelés gyártásirányítás)

A gépgyártó vállalat

Egy hatékony gépgyártó vállalat felépítésének főbb jellemzői:

- Strukturált szervezeti felépítés,
- Nyílt vállalati architektúra (Open System Architecture, OSA),
- Integrált informatikai infrastruktúra,
- Piacorientált menedzsment,
- Képzett munkaerő,
- Folyamatos termékfejlesztés,
- Rugalmas termelés,
- Automatizált technológiai erőforrások,
- Teljes minőség-menedzsment (Total Quality Management, TQM).

CIM FUNKCIONÁLIS MODULOK ÉS EZEK KAPCSOLATAI



Számítógéppel Integrált Gyártás

A **CIM** számítógépes eljárás, módszer és koncepció a termelési rendszer fő alrendszerének, funkcióinak integrálására. A **CIM** egy koncepcionális keret, amelyen az integrációs feladatokat a számítástechnika - számítógépes hálózatok segítségével oldják meg.

A CIM fogalom fejlődése:

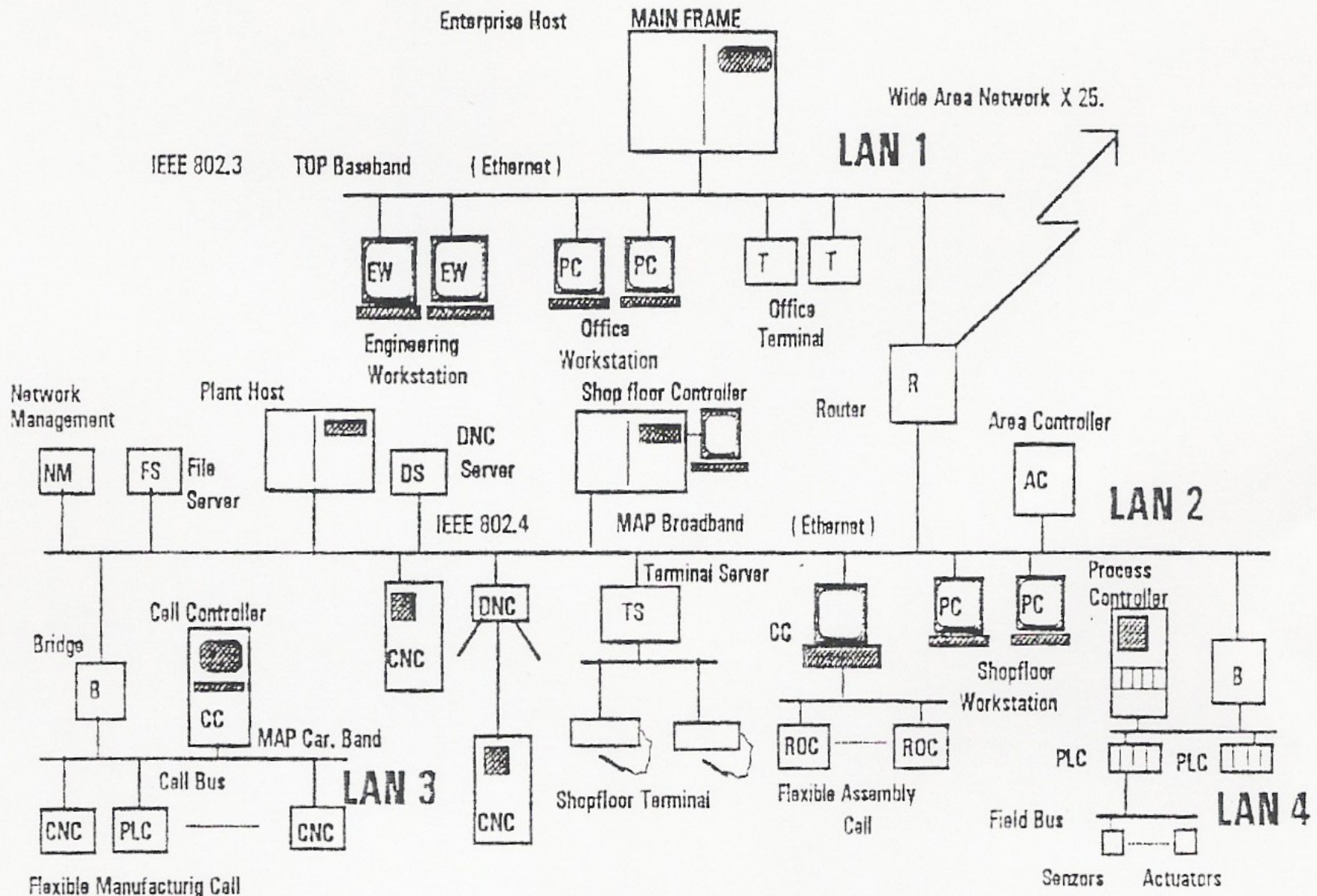
CIM I: Az automatizált rugalmas gyártórendszerek moduljainak integrációja (CNC, PLC, ROC, DNC, CC)

CIM II: A gyártás (CAM) integrációja a műszaki tervezési (CAD, CAPP, PPS) modulokkal.

CIM III: A gyártás, a műszaki tervezés és a vállalati menedzsment funkcionális integrációja (MIS, CAD, CAM), egységes műszaki adatbázis kialakítása.

CIM IV: Integrált, nyílt vállalati funkcionális architektúra kialakítása az integrált vállalati informatikai rendszerrel

Vállalti informatikai hálózat



Vállalati informatikai hálózat

A **CIM** típusú vállalati informatikai hálózat számítógépes helyi hálózatok együttesére épül (LAN).

A vállalati menedzsment funkciókat vállalati nagyszámítógép szolgálja ki: **Mainframe**.

Az irodai hálózatok protokolljainak céljára dolgozták ki a: **TOP** rendszert.

Az üzemi hálózatok protokollja céljaira dolgozták ki a: **MAP** (Manufacturing Automation Protocol) rendszert.

Elterjedt az Ethernet –TCP/IP rendszer is.

A távoli csomópontok **X25**. szabvány szerint kommunikálnak egymással. (Wide Area Network: WAN).

A **Router** a különböző típusú hálózatokat kapcsolja össze. A **Bridge** az azonos típusú hálózati szegmenseket kapcsolja össze. A bonyolult hálózatokat a **LAN manager** vezérli. A felhasználók különböző hálózati szolgáltatásokat használhatnak (pl: FTP, HTTP, DNS)

Vállalati informatikai hálózat

Az informatikai rendszer négyszintű, hierarchikus felépítésű:

LAN 1 Irodai hálózat: a menedzsment és a műszaki tervezés igényeit szolgálja ki.

LAN 2 Üzemi hálózat: a termelés igényeit szolgálja ki.

LAN 3 Cella hálózat: a gyártó, szerelő, raktári és anyagkezelő cellák igényeit szolgálja ki.

LAN 4. Végrehajtó hálózat: a szenzorok, hajtások, végrehajtó szervek igényeit szolgálja ki.

Vállalati informatikai hálózat

A hálózatokra különböző teljesítményű csomópontok csatlakoznak:

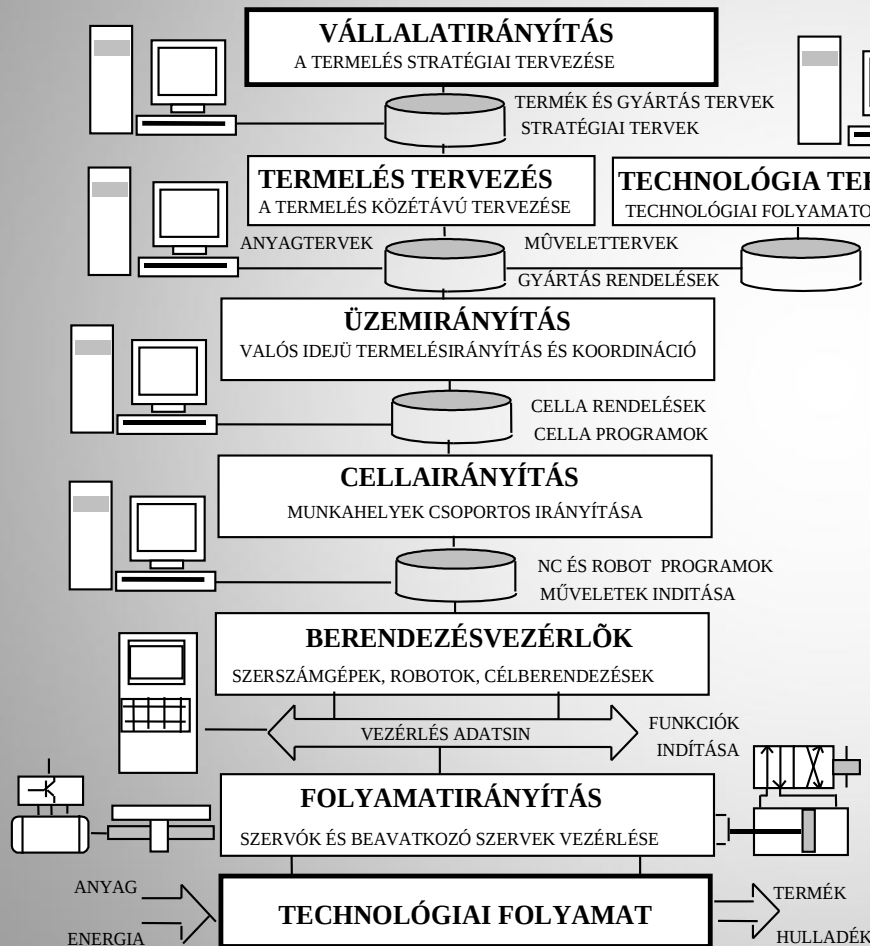
- **Cell Controller:** cellavezérlők. A gyártóberendezések egy csoportját irányítják.
- **Area Controller:** alrendszer-vezérlő. Nagyobb, önálló üzemszervek vezérlője.
- **Shopfloor controller:** műhelyszintű vezérlő, a technológiai gyártórendszerek koordinátora.
- **Process controller:** technológiai folyamatvezérlő (pl. festő. hőkezelő rendszerek)
- **Shopfloor Terminal:** kézi vezérlésű munkahelyeket integrál hálózata.
- **Shopfloor Workstation:** üzemi grafikus munkahely (pl.: művezetők, minőségellenőrök számára)

Vállalati informatikai hálózat

A **MAP** projektet az 1980-as években a General Motors amerikai autógyártó óriáscég kezdeményezte.

A GM üzemeiben több ezer berendezés vezérlőt (PLC, CNC, ROC) alkalmaznak a motor, a karosz-széria gyártó és szerelő sorokon. Ezek program-ellátását, szinkronizált irányítását csak hálózattal lehetett megoldani. A MAP szigorúan követi az ISO OSI (Open System Interconnection) referencia modell szabvány elemeit.

hierarchiája



MIS, PPS és CAPP modulok

CAM komponensek

CAPC, CAL és CAQM
CAPC komponensek

MES és SFC modulok
FMSC és CC modulok
CNC, ROC, MMC
modulok
PLC és Microcontrollerek

hierarchiája

Ez a modell 6 szintű. A szintek közül **kettő a: termelés tervezés szintje**, további **négy szint: a gyártó-rendszerek irányítási hierarchiája**.

A termelés tervezés a piac igényei alapján tervezi meg a termelést. A tervezés időtartama háromszintű:

Hosszútávú	-	Stratégiai tervezés
Középtávú	-	Termelés tervezés
Rövid távú	-	Termelés ütemezés

A termelési tervek végrehajtása a gyártórendszerek feladata.

A gyártórendszer – megmunkáló, szerelő vagy kezelő alrendszerek együttese.

A gyártásirányítás hierarchiája

Megmunkáló alrendszer lehet például a **megmunkáló központ**.

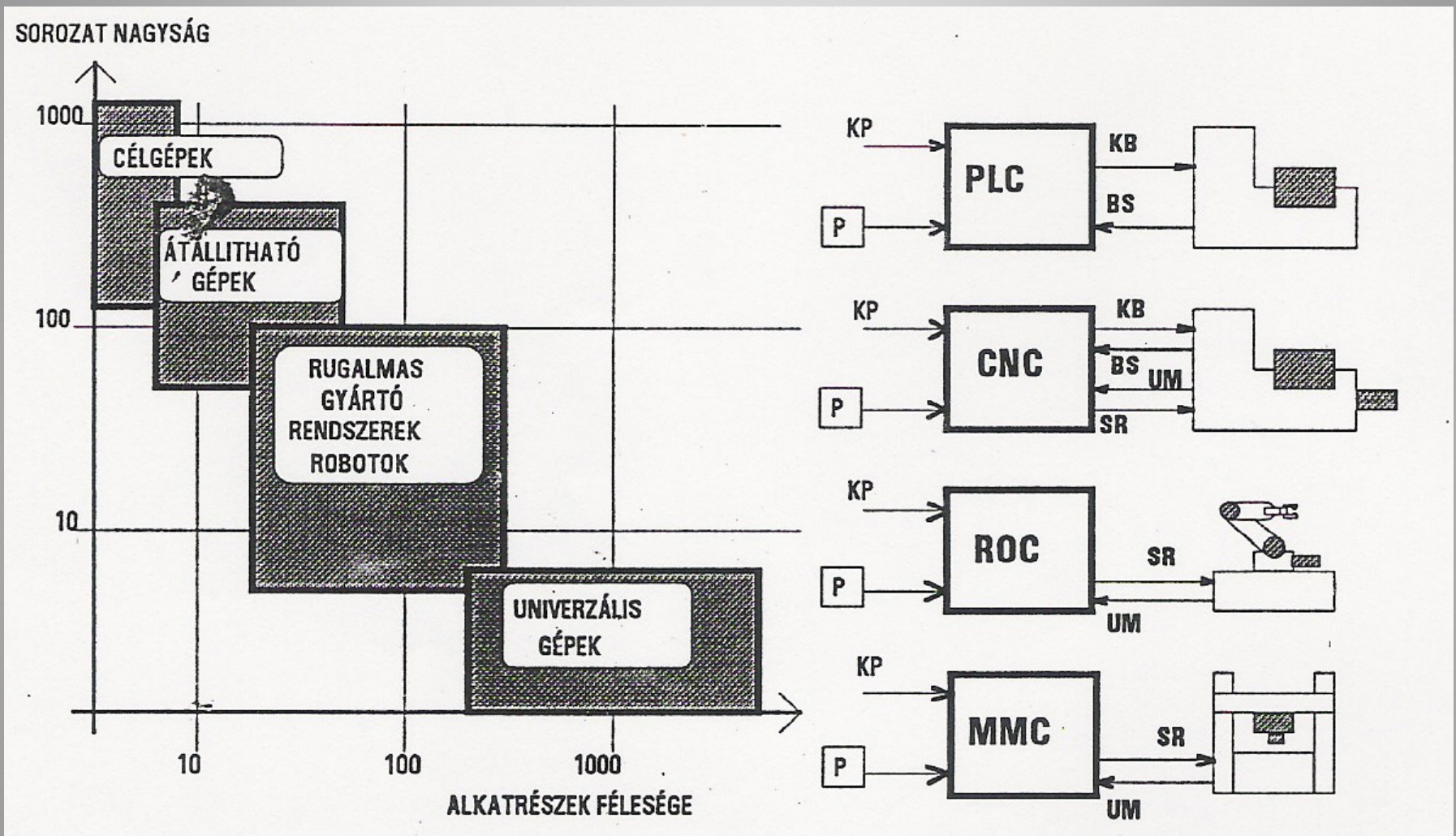
Megmunkáló központ: gépek, szerszámok és anyagkezelő modulok együttese.

A megmunkáló rendszeren belül több autonóm irányító egység is működhet.

Egy **fúró - maró központ** irányítását pl. egy **CNC** vezérlő, egy vagy több **PLC** és esetleg egy **integrált robotvezérlő** együttesen végzi.

A technológiai folyamat **beavatkozó szervei** különböző **szervo** és **kapcsoló rendszerek**. A **digitális gyártási** folyamatok irányításában nagy szerepe van a **Pozicionáló rendszerek**nek. A gépgyártás technológia operációi (műveletei) ugyanis **Munkadarab-Szerszám kölcsönhatáson** alapulnak.

vezérlése



KP: Kézi kezelőpult P: Működtető program. KB: kétállapotú beavatkozó szervek.

BS: Bináris szenzorok UM: útmérő rendszerek SR: szervó rendszerek

vezérlése

Célgépek, célberendezések:

- Egyedi szerszámozás: kis műveleti koncentráció.
- Kétállapotú beavatkozó szervek: kapcsolt motorok, hidraulika, pneumatika, tengelykapcsolók, bináris szenzorok
- Logikai vezérlés, előírt szekvenciák és ciklusok: PLC (Programable Logic Controller)

Átállítható gépek:

- Speciális szerszámozás: másológépek, alakítógépek, programozható gépek.
- Bináris és digitális szenzorok. Mérőtapintók. Helyzetkapcsolók
- Kétállapotú és szervo típusú beavatkozó szervek.
- Programozható vezérlés. PLC. Másoló szervók.
- Vezértárcsák. NC vezérlés.

vezérlése

Univerzális gépek

- Univerzális szerszámozás. Megmunkáló központok. Nagy műveleti koncentráció.
Főként digitális és analóg szenzorok. Útmérők. Felügyeleti szenzorok.
Főként helyzetszabályzók, adaptív szabályzók.
Főként CNC és számítógépes vezérlés. Szervo típusú robotvezérlés. ROC

A modern elektronikus vezérlések fejlődése elmossa a különbséget a különböző vezérlők között.

A PLC, CNC, ROC, MMC és Process Controllerek architektúrája egyre közelebb kerül egymáshoz.

Kialakul az Univerzális Ipari Vezérlők (Universal Industrial Controller UIC) prototípusa.

Gyakran előforduló angol szavak, rövidítések jelentése

CIM	<i>Computer Integrated Manufacturing</i>	Számítógéppel integrált gyártás
CAM	<i>Computer Aided Manufacturing</i>	Számítógéppel segített gyártás
CAPC	<i>Computer Aided Production Control</i>	Számítógépes termelésirányítás
PAC	<i>Production Activity Control</i>	Gyártási folyamatirányítás
MES	<i>Manufacturing Execution Systems</i>	Számítógépes gyártásirányítás
FMS	<i>Flexible Manufacturing Systems</i>	Rugalmas gyártórendszerek
SFC	<i>Shop Floor Control</i>	Műhelyszintű gyártásirányítás
CAQM	<i>Computer Aided Quality Management</i>	Számítógépes minőség menedzsment
CAL	<i>Computer Aided Logistics</i>	Számítógéppel segített logisztika
ILAN	<i>Industrial Local Area Networks</i>	Ipari lokális számítógépes hálózatok
CNC	<i>Computer Numerical Control</i>	Számítógépes számjegyvezérlés
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i>	Programozható vezérlő
ROC	<i>Robot Control</i>	Robot vezérlő
CAPP	<i>Computer Aided Process Planning</i>	Számítógéppel segített folyamat tervezés
PPS	<i>Production Planning and Scheduling</i>	Termelésstervezés és ütemezés
DNC	<i>Distributed Numerical Control</i>	Elosztott számjegyvezérlés
CC	<i>Cell Controller</i>	Cellavezérlő
CAD	<i>Computer Aided Design</i>	Számítógéppel segített (konstrukciós) tervezés
MIS	<i>Management Information System</i>	Menedzser információs rendszer
MMC	<i>Measuring Machine Control</i>	Mérőgép vezérlés

1. Termelésirányítás-szemléletű ERP

1.1 Material Requirement Planning MRP I

Ez az integrált vállalatirányítási rendszerek kialakulásának első lépcsőfoka. Az **MRP I** az alábbi kérdésekre keresi, illetve adja meg a választ:

- Mit kell gyártani?
- Mi szükséges hozzá?
- Mi az, ami már van?
- Mi az, amit be kell szerezni?

Az **MRP I** rendszerek még a vállalati ügyviteli folyamatoknak csak egy részére terjedtek ki, ezért még nem tekinthetők integrált alkalmazásoknak.

Az **MRP I** továbbfejlesztett változatát, amiben már megjelenik az „idődimenzió” is, **Zárláncú MRP** -nek nevezik. Ez a verzió lehetővé teszi a rendelések határidejének tervezését, ütemezését, nyomkövetését és összhangban tartását a gyártási, illetve beszerzési munkafolyamatokkal.

1. Termelésirányítás-szemléletű ERP

1.2 Manufacturing Resource Planning MRP II

Ez az integrált vállalatirányítási rendszerek evolúciójának következő példánya, amely az **MRP I** -ből, illetve a **Zárláncú MRP** -ből fejlődött ki. Az **MRP II** jelentését legjobban az **APICS (American Production and Inventory Control Society)** szakértőinek definíciója adja:

„Olyan eljárás, amely egy termelővállalat össz erőforrásának hatékony tervezését segíti elő. Működési és pénzügyi tervet készít, valamint szimulációs módszert alkalmaz a „mi lenne, ha?” típusú kérdések megválaszolására.

Egymással összekapcsolódó műveletek elvégzésére képes:

- üzleti, értékesítési, működési és termelési tervet készít,
- ezekhez ütemezéseket készít,
- anyag- és kapacitásigényt tervez,
- valamint kivitelezést támogató rendszereket üzemeltet a kapacitás számítások alapján.

1. Termelésirányítás-szemléletű ERP

1.3 Enterprise Resource Planning EPR

Erőforrás tervezés, de jellemzően ez már **Integrált Vállalatirányítási Rendszer**.

Az **ERP** szoftverek fogalmát Thomas F. Wallace és Michael H. Kremzar az alábbiak szerint határozzák meg:

„Az integrált vállalatirányítási rendszer előrejelzi és összhangban tartja a keresletet és a kínálatot. Ez egy egész vállalatra kiterjedő eszközkészlet, melynek segítségével előrejelzés, tervezés és ütemezés valósítható meg. Alkalmazásával a vevők és a szállítók egy teljes ellátási láncba kapcsolhatók. Bevált döntéshozatali eljárások működtethetők, összehangolható az étékesítés, a marketing, a termelési egységek, a logisztika, a beszerzés, a pénzügy, a termékfejlesztés és a humán erőforrás.”

Az integrált rendszerek **IR lényegi jellemzője** és **előnye** is, hogy a különböző ügyviteli területeken használt szoftvermodulok egységes keretrendszerben, egy központi adatbázisba dolgoznak, így az adatokat elég csak egy adott helyen rögzíteni.

2. Számviteli-pénzügyi irányultság

Nem érdekes a termelési folyamat, mert a **cél**:

- a költség-nyilvántartás,
- a költség-tervezés,
- a pénzügyi eredmény kimutatása/elemzése.

Elegendő a „cikk-mélység” -ig történő könyvelés:

- egy „gyártási egység” lekönyvelése,
- egy sorozat elkészültének a lekönyvelése.

A termelésirányítás vagy hiányzik, vagy súlyos nehézséggel, legtöbbször utólag épül be.

Ha hagyományos számviteli-pénzügyi rendszerből indulnak ki, nem könnyű a kiegészítés (készlet-finomságok, programozás, stb.)

3. Szigetrendszer architektúrák

- a. Beszerzés, készletezés
- b. Raktár, tárgyeszköz-gazdálkodás
- c. Termelés-tervezés, - irányítás
- d. Termelés-elszámolás, minőségbiztosítás
- e. Emberi erőforrások, bérelszámolás
- f. Számvitel, pénzügyek
- g. Értékesítés, vevőkapcsolat
- h. Kontrolling, vezetési információk
- i. Kutatás-fejlesztés

3.a Beszerzés, készletezés

A **beszerzés**: a termeléshez / szolgáltatáshoz szükséges anyagokat, eszközöket biztosítja: - **azt, jól, jókor, olcsón** -

- a szükséges időben,
- szükséges összetételben,
- optimális áron,
- megbízható szállítótól.

Problémák: késés, minőség, kiszerezés, ár, stb.

Megoldás: előrendelés, raktározás (költség!),
vagy: „rendelésre történő gyártás”?

Készletezés: napi – heti – havi – napi – órás (**JIT**)!

Készletmodellek informatikai támogatása:

- készletfigyelés,
- szállítói nyilvántartás,
- megrendelés-nyilvántartás,
- matematikai készletmodellek,
- karbantartás-előrejelzés,
- termelés-tervezés,

3.a Beszerzés, készletezés

A beszerzés/készletezés informatikai háttere:

Adatfeldolgozási állományok:

- termelési anyagszükséglet,
- szállítók,
- készletek,
- függő rendelések,
- rendelés-visszaigazolások.

Adatfeldolgozási kapcsolatok:

- készletek,
- termeléstervezés,
- számvitel,
- szállítók.

Folyamatok:

- irodai munka (75%),
- tárgyalás (25%),
- megrendelések kezelése,
- beérkezett tételek kezelése.

3.a Beszerzés, készletezés

A beszerzés/készletezés informatikai háttere:

Döntéshozatali szinten :

- árelemzés,
- tenderek,
- logisztikai modellek,
- készletezési modellek.

A **tender** során a kiírója valamilyen áru, vagy szolgáltatás beszerzésére, vagy egy projekt végrehajtására ír ki egy versenytárgyalást. A **tender célja**: hogy a legjobb ajánlatot választhassa a kiíró, valamint megőrizze a verseny tisztaságát.

Problémák, amiken segíteni lehet IT-vel:

- minőségi információ a szállítókról,
- minőségi információ vevőkről,
- visszacsatolás a megrendelő osztálynak,
- rendelés- és szállítás módosítások,
- pénzáttutalások,
- kapcsolat a szállítókkal (**EDI** Electronic Data Interchange , **Web**, **GIRO** Elektronikus tranzakciók feldolgozására specializálódott szolgáltató központ.)

3.b Raktár, tárgyeszköz-gazdálkodás

A raktárgazdálkodás:

- a beszerzett,
- a gyártás alatti,
- az értékesítésre (kiszállításra) váró anyagok, termékek, egyéb eszközök kezelését jelenti.

Problémái:

- cikk-mélységű nyilvántartás – akkor hosszú rekordok,
- többféle csomagolási egység – hatalmas adatbázis,
- több-szempon্তু visszakeresések (eltarthatóság, szállító, mennyiség és érték szerint,
- raktári hely szűkössége,
- a tárgyak felcímkézése (barcode, RFID Radio Frequency IDentification),
- leltározási igények, vámraktározás,
- FIFO/LIFO kiszállítás követése,
- raktári mozgás (avulás, kiszállítás, selejt, megbontás, stb.),
- adatbázis: cikkszám / anyagszám / termékszám

3.b Raktár, tárgyeszköz-gazdálkodás

A tárgyi-eszköz kezelés: a nagy értékű berendezéseket, gépeket, állatokat, földet, számítógépeket, szoftvereket (!) tartja nyilván.

Az anyaggazdálkodás, raktárkezelés informatikája:

Adatfeldolgozási állományok:

- készletállományok,
- előírt készletszintek,
- eszközleltár,
- szállítói állományok,
- cikktörzs állományok,
- licenszek.

Adatfeldolgozási kapcsolatok:

- | | |
|----------------|-------------------------------|
| - beszerzés, | - termelés, |
| - értékesítés, | - jövedéki termékek kezelése, |
| - számvitel, | - kiszállítás. |

3.b Raktár, tárgyeszköz-gazdálkodás

Az anyaggazdálkodás, raktárkezelés informatikája:

Folyamatok:

- bevételezés,
- szintellenőrzés,
- újrarendelés számítása,
- készletmozgások követése raktárak között,
- készlet-értékelések (lejárát, adó- és árváltozások).

Döntéshozatali szint:

- szükséglettervezés,
- készletszintek optimalizálása,
- **ABC** analízis (kiemelt termékcsoportok kiválasztásának módszere)
- helygazdálkodás

Problémák, amiken segíteni lehet az IT segítségével:

- hiányok miatti veszteségek,
- forgási sebesség növelése,
- elfekvő készletek csökkentése,
- optimalizálások, értékelés, leltár...

3.c Termelés-tervezés, - irányítás

A termelés-tervezés: hosszú-, közép- és rövidtávra számolja az erőforrás-szükségleteket, a beszerzési igényeket.

A rövidtávú terveket: gyártás-programozásnak nevezzük.

Problémái:

- a termékből le kell vezetni az összetételt: a szerelési-előállítási folyamattervet,
- ezt dokumentálni kell (gyártási fa, anyagszükséglet-mátrixok, darab-jegyzék készítése),
- kapacitás-tervezés segítségével műveleti terveket kell összeállítani,
- késések miatti költség, extrakapacitások beállításának költsége,
- a beavatkozás következményeinek becslése, számítása.

3.c Termelés-tervezés, - irányítás

A termelés-tervezés/irányítás informatikája:

Adatfeldolgozási állományok:

- szükségleti listák,
- termékszerkezet,
- termékösszetétel,
- nyersanyagok,
- félkész termékek,
- termelési tervek,
- design adattár
- gépkapacitások,
- munkautalványok.

Adatfeldolgozási kapcsolatok:

- megrendelések,
- raktár,
- értékesítés,
- beszerzés
- műhely,

Folyamatok:

- tervezés,
- költség- és munkaelszámolások,
- vészkapacitások tervezése.
- anyagellátás-ütemezés,
- kapacitás-terhelések simítása,

Döntéshozatali szint:

- termeléstervezés, - gyártás-irányítás, - **CAD/CAM** tervezés

CAD Computer Aided Design: számítógéppel segített tervezés

CAM Computer-aided manufacturing: számítógéppel támogatott gyártás,

3.c Termelés-tervezés, - irányítás

A termelés-tervezés/irányítás informatikája:

Problémák, amiken a számítógép segíthet:

- terméktervezés,
- ütemezés,
- optimalizálás,
- visszacsatolás,
- termékváltozások,
- tervezési átfutási idők,
- **JIT** (Just – in – Time),
- **CIM** (Computer Integrated Manufacturing: Számítógéppel integrált gyártás)

3.d Termelés-elszámolás, minősegbiztosítás

A termelés elszámolás:

- figyeli a tényleges ráfordításokat,
- összegyűjti:
 - az anyagköltségeket,
 - az élőmunka költségeit,
 - az alvállalkozókat,
 - a nem tervezett költségeket, stb.

Problémái:

- Az előkalkulációt össze kell vetni a most (aktuális időben) elkészítendő uttókalkulációval – ezt (hosszú ciklusnál) lehetőleg folyamatosan kell végezni,
- Fedezetszámításokat kell végezni,
- Mindezt dokumentálni kell befelé és kifelé (megrendelő, NAV)

3.d Termelés-elszámolás, minősegbiztosítás

A termelés-elszámolás informatikája:

Adatfeldolgozási állományok:

- a termelésbe felvett tételek,
- munkaerő,
- minőségi paraméterek.
- termelő berendezések,
- termelési tervek,

Adatfeldolgozási kapcsolatok:

- készletezés,
- számvitel,
- megrendelés,
- kontrolling,
- kiszállítás,
- minősegbiztosítási rendszer.

Folyamatok:

- tervkövetés,
- minőségellenőrzés,
- utókalkuláció.
- tervlebontás,
- pogramozás elemzése,
- teljesítmény-nyomkövetés,

Döntéshozatali szint:

- munkacsoportok,
- ütemezést végző munkavezetők,
- floor management (üzletvezető, termelésvezető)

3.d Termelés-elszámolás, minősegbiztosítás

A termelés-elszámolás informatikája:

Problémák, amelyeken segíteni lehet:

- valósidejű folyamatkövetés,
- minőségellenőrzés,
- munkaerő-allokáció
- gépi termelésirányítás,
- gépterhelés,
- termelés-tervezés segítése utókalkulációval

A minősegbiztosítás: ma teljes körű a termelésben és minden más folyamatban. Alapja a tervezett folyamatok lefutásának dokumentálása, a kimenetek (mutatószámok) statisztikai értékelése.

Problémái:

- igen sok paraméter gyűjtése, értékelése, dokumentálása, archiválása,
- anyagok-termékek paraméterezése,
- termelési folyamatok lépéseinek mérése, elemzése.

3.e Emberi erőforrások, bérelszámolás

Az EER /HR rendszer:

- Az alkalmazottak, külsősök személyi és teljesítmény adatait tartja nyilván.

Problémák:

- igen nagy adatmennyiség (képzettség, előélet, munkakörök, jogosultságok, stb.),
- hosszú és biztonságos tárolás,
- hivatalos iratok hiteles nyilvántartása,
- hatóságok (EU!) követelményei, stb.

A bérelszámolás:

A juttatások elszámolását végzi:

- alapbérek, - jutalmak, - túlmunkák, - járulékok,
 - levonások, - előlegek, - adók, - ösztöndíjak,
 - segélyek, - cafeteria juttatási rendszerek,
- és mindezeknek az utólagos elemzése, archiválása, stb.

3.e Emberi erőforrások, bérelszámolás

Problémái:

- NINCS határidős késési lehetőség! A Naptár dönt!
- Külön IR rendszert kell működtetni, vagy együtt a többivel?
- Precíz (és állandóan változó, rövid időtávon hatályba lépő!) jogszabályok, rendeletek: **NEM VÁLLALATI KATEGÓRIA!**

Az HR és bérrendszerek informatikája:

Adatfeldolgozási állományok:

- személyzeti nyilvántartások,
- képzési nyilvántartások,
- jogszabály-nyilvántartások (visszamenőlegesen is!),
- termelés-elszámolás nyilvántartása,
- fizetési jegyzékek archiválása,
- képzettségek nyilvántartása,
- munkaköri leírások nyilvántartása,
- belső szabályzatok nyilvántartása, stb.

3.e Emberi erőforrások, bérelszámolás

Az HR és bérrendszerek informatikája:

Adatfeldolgozási kapcsolatok:

- Munkaerő-felvétel,
- Beléptető rendszerek,
- jutalmazási és cafeteria rendszer,
- munkaidő- nyilvántartások
- hatóságok értesítései,
- termelési utókalkuláció,
- jogtárak,
- képzések

Folyamatok:

- munkaerő-felvétel, elbocsátás, kilépés, jutalmazás,
- termelés-elszámolás, ledolgozott idők számítása, bérszámfejtés,
- kötelező képzésekre beiskolázás, önképzés, bizonyítványok, stb.

Döntéshozatali szint:

- felső vezetők,
- munkahelyi vezetők,
- HR osztály és szakemberei,
- munkaügyi bíróság

3.f Számvitel, pénzügyek

A számvitel: a törvények által előírt elszámolásokat, „a könyvek vitelét” végzi. **Célja** a gazdálkodási helyzet aktuális bemutatása:

- **Főkönyvi könyvelés** (General Ledger):
 - mérleg-számlák könyvelése szintetikusan,
 - esemény-kódok alapján történik, az analitikus bizonylatok készítése más rendszerben folyik.
- **Szállítói folyószámlák** (Accounts Payable): a szállítók által benyújtott és részben – esetleg – kiegyenlített számlákat tartalmazza.
- **Vevői folyószámlák** (Accounts Receivable): a vevőknek küldött számlákat, részteljesítéseket, fizetési egyenlegeket tartalmazza.
- **Zárások, mérlegek** (eszközök-források-egyenleg)
- **Eredmény-kimutatás:** bevételek és költségek, eredmény (veszteség)

3.f Számvitel, pénzügyek

Kapcsolatok:

- minden más rendszerhez kapcsolódik
- törvény által előírt, szigorú rendben folyik,
- gyakran változik, folyamatos update szükséges,
- A külső hitelesítés folyamatosan megkövetelt (NAV).

Pénzügyek:

A pénzügyi alrendszer pénzzel foglalkozik:

- készpénz-forgalom,
- bankszámlák,
- devizák,
- kifizetések,
- hitelek,
- értékpapírok.

Problémái:

- szigorú bizonylatolás és elszámolás,
- EU szabályok betartása,
- egyedi döntések lehetősége
- devizák,
- adózás,
- VÁM, (NAV).

3.f Számvitel, pénzügyek

Pénzügyek:

Folyamatok:

- banki műveletek,
- átutalások,
- bérfizetés,

Kapcsolatok:

- számvitel,
- kontrolling,
- külső kapcsolatok (bankok, biztosítók, tőzsde, brókerek, stb.)

Támogatás:

- on-line banking,
- deviza-műveletek elemzése,
- bankkártyák használata,
- hitelek elemzése,
- pénzeszközök portfólió-menedzselése

3.g Értékesítés, vevőkapcsolat, disztribúció

Az értékesítés:

a termelési /szolgáltatási folyamat végtermékét viszi a piacra :

- megrendelés alapján nagy- és kiskereskedelmi szervezetnek adja át,
- vagy közvetlenül eljuttatja a fogyasztóhoz, és beszedi az ellenértéket.

Az értékesítési folyamat mai korszerű formái:

- | | | |
|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">- e-marketing,- web-marketing,- on-line piac, |  | <ul style="list-style-type: none">Közvetlen vevőkapcsolatCRM Customer Relationship ManagementIgen olcsó információszerzés |
|---|---|---|

Kapcsolatok:

- külső adatpiacokra támaszkodik,
- belső adatállományokat épít,
- megrendelési, termelési és számlázási rendszerekhez kapcsolódik,
- árképzési stratégiai rendszerekkel kommunikál, stb.

3.g Értékesítés, vevőkapcsolat, disztribúció

Értékesítés, vevők kezelése:

Adatfeldolgozási állományok:

- vevők,
- piacok,
- piaci elemzések,
- versenytársak,
- megrendelői adatbázisok,
- számlák állományai

Adatfeldolgozási kapcsolatok:

- termelésstervezés,
- termelésirányítás,
- készraktár,
- disztribúció,
- könyvelés,
- számlázás,
- vevőkapcsolat

Folyamatok:

- piaci vizsgálatok,
- értékesítés elemzése,
- felsővezetői jelentések készítése,
- reklamációk elemzése

Döntéshozatali szint: marketing menedzsment

Problémák, amiken az IT segíthet:

- tömeges megkérdezések,
- statisztikai elemzés,
- OLAP on-line vezetői adatkockás elemzés,
- Web-es elérések

3.g Értékesítés, vevőkapcsolat, disztribúció

Disztribúció: a termék/szolgáltatás térbeli (fizikai) eljuttatása a végső fogyasztóhoz.

Adatfeldolgozási állományok:

- szállítási diszpozíciók,
- vevőállomány,
- raktárak,
- járműpark,
- térképek,
- járattervek,
- reklamációk

Adatfeldolgozási kapcsolatok:

- megrendelés-feldolgozás,
- számlázás,
- reklamációk

Folyamatok:

- komissziózás (raktári egységekből vevőegységek leszedése),
- járat tervezés,
- járat optimalizálás,
- járat követés,
- esetleg: megrendelés-felvétel

Döntéshozatali szint:

- optimalizálási munkák,
- menetirányítás,
- egyedi járműkezelés

- Problémák, amiken segíteni lehet:**
- automatikus termékleszedés,
 - rakomány elrendezés,
 - üzemanyag-gazdálkodás

3.h **Kontrolling és vezetési információk**

A **kontrolling** a költségek és hozamok elemzését végzi, szintetikus adatok alapján: előkészíti a **tervezési** munkát.

Problémái:

- a költségeket keletkezési helyükhöz, eseményekhez kell kötni (ezekből „igen sok” is lehet),
- a részletes folyamatfelbontás hatalmas adatmennyiséget eredményez,
- profit- és költség-centrumokat kell definiálni,
- több ezer változó termék, változó beszerzések, adózás, deviza-árfolyamok változása

Folyamatok:

- | | | |
|-------------------|-----------------|----------------|
| -adatgyűjtés, | - elemzés, | - átkönyvelés, |
| -átcsoportosítás, | - dokumentálás, | - vizualizáció |

Állományok:

- minden beszámolási alrendszerhez kapcsolódik,
- saját állományokat épít fel az adattárházakban

3.i Kutatás és fejlesztés

A **K+F munkák** feladatai:

- alapkutatás,
- termék-fejlesztés,
- alkalmazott (ipari) kutatás,
- termelési rendszerekkel kapcsolatos fejlesztések, stb.

Kapcsolatok:

- szabadalmi adatbázisok,
- szakirodalmi tudástárak,
- vállalati tudásbázisok, stb.
- licenszek,
- saját know-how adattárak,

Informatika:

- innovációs folyamatok segítése,
- belső kommunikációs rendszerek,
- tudás-menedzsment rendszerek,
- Intranet,
- tudásbázisok,
- támogató szoftverek

Mai integrált folyamat-szemlélet

„Lépünk ki az alrendszerekből és figyeljük a folyamatra”

Ellátási lánc : **Supply Chain Management**

Ügyfél-kapcsolati munkák: **Customer Relationship Mgmt**

Átfogó vezetői információkezelés, üzleti intelligencia, és online adatbányászat: **Business Intelligence Systems**

Stratégiai vállalatvezetés: **Corporate Governance**

A kiegyensúlyozott mutatószámok rendszere az elemzéshez és a tervezéshez nyújt segítséget nem csupán pénzügyi, hanem a fejlődést biztosító szervezeti és HR információk segítségével. **Balanced Scorecard Method:** pénzügyi, vevői, szervezeti és belső fejlődési-tanulási szempontok együttes figyelembe vétele a vállalat komplex tervezési feladatában.

Hálótervezés

Vállalati Információs Rendszerek

Hálótervezés fogalma

- Egy munkaterv, projekt időbeli lefolyásának optimális ütemezése, elemzése, az egyes tevékenységek időbeli összehangolása, az egymás után vagy egymással párhuzamosan végezhető tevékenységek ütemezése.
- **Mire jó tulajdonképpen?**
A munkafolyamat tényleges végrehajtása követhető, a tervhez képest jelentkező lemaradás időben felismerhető, módosító intézkedések megtehetők.
- Lényegében a tevékenységek folyamatának ábrázolása a ***háló, hálóterv***.

Alkalmazási lehetőségei

- I. Időtervezés
- II. Költségtervezés
- III. Erőforrás allokálás

I. Időtervezési technikák

- Bizonyos **projekttervezési módszerek** összefoglaló elnevezése.
- Lényegi rész a **hálódiaagram**, melyben a feladatok és tevékenységek közötti belső összefüggések megjelennek.
- **Háló:** olyan súlyozott körmentes, irányított gráf, amelynek egy kezdő és egy végpontja van.
- Két alaptípus van, melyek közötti különbséget a tevékenységek idejének meghatározása jelenti.
- A két legismertebb és az egy-egy alaptípust képviselő módszer a **PERT** (Program Evaluation and Review Technique) és a **CPM** (Critical Path Method).
- A **CPM** esetében a megvalósulás ideje meghatározott
- a **PERT** esetében a megvalósulási időt egy adott valószínűségi eloszlásfüggvény ír le.

Hálótervezés

- **Hátrány:**

- -a hálótervezés önmagában az erőforrások tervezésére nem használható, ebből a szempontból az oszlopdiagramok jobbak
- -menet közbeni módosítások átvezetése lehetetlen

- **Előny:**

- -igen hasznos az ütemezésben, ellenőrzésben és a költségek figyelemmel való kísérésében
- -a kapcsolatok gyors felismerését segíti
- -kritikus út és csúszási idő meghatározása révén a legfontosabb tevékenységeket segít meghatározni
- -széles körben használható

A hálótervezési módszerek csoportosítása

- **Időtervezés jellege:** sztochasztikus, determinisztikus.
- **Felhasználási céljuk alapján:** idő-, költség-, és erőforrás optimalizáló technikák.
- **A hálók irányultsága alapján:**
 - tevékenységorientáltak vagy
 - eseményorientáltak.
- **Megjelenési formájuk szerint:** tevékenység-nyíl, tevékenység-csomópont, esemény-csomópontú hálók.

Időtervezés jellege szerint

- **Sztochasztikus hálótervezési módszerek:**
Olyan hálótervezési módszerek, melyeknél a tevékenységidőt egy valószínűségi eloszlás sűrűségfüggvénye határozza meg. (Ilyen, pl. a **PERT** háló.)
- **Determinisztikus hálótervezési módszerek:**
Olyan hálótervezési módszerek, melyeknél a tevékenységidők jól meghatározott értékek. (Ilyen, pl. a CPM, MPM, DCPM stb. háló.)

Felhasználási céljuk alapján

- Az időoptimalizáló eljárásoknál cél a projekt átfutási idejét megtalálni. (Ilyen, pl. **PERT, CPM, MPM**, stb.)
- A költség- és erőforrás optimaló eljárásoknál az átfutási idő meghatározása mellett, a költség, erőforrás optimalás, de a kiegyenlítés is fontos szempont. (Ilyen pl. **CPM/COST, PERT/COST, CPA, RAMPS, RAPP, ERALL** stb.)

A hálóok irányultságuk alapján

- A **tevékenységorientált hálónál** a tevékenységek, míg az **eseményorientált hálóknál** az események hangsúlyozása kerül az előtérbe.

Megjelenési formájuk szerint

- A **tevékenység-nyíl hálóknál** az élek reprezentálják a tevékenységeket, a csomópontok az eseményeket.
- A **tevékenység-csomópontú hálóknál**, az élek reprezentálják az eseményeket, a csomópontok a tevékenységeket.
- Az **esemény csomópontú hálóknál** is az élek reprezentálják a tevékenységeket, a csomópontok pedig az eseményeket, de itt az események hangsúlyozása lényeges. Míg a tevékenység-nyíl hálóknál az események ábrázolását el is hagyhatjuk.

CPM

- Kritikus Út Módszer (Critical Path Method)
- 1957-ben fejlesztették ki:
- -a projektet alkotó tevékenységekre összpontosít
- -azonosítja a szükséges kapcsolatokat a tevékenységek között
- -minden egyes tevékenység becsült időtartamát ábrázolja
- -kiszámolja a leggazdaságosabb megvalósítási módot

CPM

- Elkészítés lépései:
 - minden egyes tevékenység azonosítása
- tevékenységek egyszerű listája
 - előd / utód – **logikai** – kapcsolat meghatározása
- tevékenységek belső kapcsolatának azonosítása és vizuális megjelenítése
 - tevékenységek időtartamának meghatározása
 - legkorábbi kezdés (ES)
 - legkorábbi befejezés (EF)
 - legkésőbbi kezdés (LS)
 - legkésőbbi befejezés (LF)

CPM

- lényege a kritikus út meghatározása
- **kritikus út**: az az út, melynek hossza meg-
egyezik a projekt átfutási idejével; kritikus
tevékenységek összessége
- Kritikus út meghatározásának lépései:
 - minden egyes tevékenységre meghatározzuk az
ES, EF, LS, LF értékeit
 - minden tevékenységre meghatározzuk a teljes
csúszást (TF) $TF = LS - ES$; $TF = LF - EF$
 - kritikus tevékenységeket összekötve megkapjuk a
kritikus utat

A háló végleges szerkesztésének menete

- Logikai gráf elkészítése (tevékenység végleges elhelyezése)
- Ezen a gráfon a tevékenységek és események elhelyezése
- Tevékenységek és események közötti kapcsolódások kidolgozása.

A szerkesztés iránya lehet:

- Progresszív (előrehaladó)
- Retrográd (visszafelé haladó)
- A kettő kombinációja

A tevékenységekre vonatkozóan 4 időadatot számolunk:

1) Legkorábbi kezdésre (ES): t_{fa} t = időpont

t_{fa} = az a legkorábbi időpont, amikor a tevékenység már elkezdhető.

Mindig 0. időpontban kezdünk.

Egy tevékenység legkorábbi kezdési időpontját megkapjuk, ha a megelőző tevékenység t_{fa} értékéhez hozzáadjuk ugyanezen tevékenység időtartamát:

$$t_{fa} + D \quad D = \text{időtartam}$$

2) Legkésőbbi kezdésre (LS): t_{sa}

t_{sa} = az az időpont, amikor feltétlenül meg kell kezdeni a tevékenységet, annak érdekében, hogy a következő tevékenység vagy az egész program csúszását elkerüljük.

Számítása retrográd (visszafelé) módszerrel történik.

n = utolsó tevékenység

$$t_{fan} = t_{san}$$

Az utolsó tevékenység legkésőbbi kezdési időpontja azonos az utolsó tevékenység legkorábbi kezdésével.

$$t_{sa(n-1)} = t_{san} - D_n \quad D_n = \text{utolsó tevékenység időtartama}$$

$t_{sa(n-1)}$ = utolsó előtti tevékenység legkésőbbi kezdése

3) *Legkorábbi befejezésre (EF):* t_{fe}

t_{fe} = az az időpont, melynél hamarabb nem tudjuk befejezni a tevékenységet.

$$t_{fe1} = t_{fa1} + D_1$$

t_{fe1} Az első tevékenység legkorábbi befejezése.

t_{fa1} Az első tevékenység legkorábbi kezdése.

D_1 = első tevékenység időtartama.

4) Legkésőbbi befejezésre (LF): t_{se}

t_{se} = Az az időpont, amíg a tevékenységet feltétlenül be kell fejezni.

$$t_{se1} = t_{sa1} + D_1$$

t_{se1} = első tevékenység legkésőbbi befejezése

t_{sa1} = első tevékenység legkésőbbi kezdése

D_1 = első tevékenység időtartama

Tartalék idők

1) **Teljes tartalékidő: GP** = az az időtartam, melyen belül a tevékenység kezdete eltolható, és a befejezés időpontja nem veszélyezteti a kritikus úton lévő tevékenységek határidőre történő befejezését.

$$GP = t_{sa} - t_{fa} = t_{se} - t_{fe}$$

t_{sa} = Legkésőbbi kezdés

t_{fa} = Legkorábbi kezdés

t_{se} = Legkésőbbi befejezés

t_{fe} = Legkorábbi befejezés

2) Szabad tartalékidő: FP = az az időtartam, melyen belül az i-j tevékenység eltolható úgy, hogy a j-k tevékenység legkorábbi kezdési idejét nem befolyásolja.

$$\mathbf{FP} = \mathbf{t}_{fa(j-k)} - \mathbf{t}_{fe(i-j)}$$

(i-j) = egymást követő tevékenységekre vonatkozóan

(j-k) = egymást követő tevékenységekre vonatkozóan

Mindig (csak és kizárólag) csomópontnál keletkezik, más pontokon az értéke 0.

(Csomópont: több tevékenység érkezik be.)

3) Feltételes tartalékidő: BP = a teljes és a szabad tartalékidő különbsége.

$$\mathbf{BP} = \mathbf{GP} - \mathbf{FP}$$

Ha **BP** és **FP** = 0 $\longrightarrow$ kritikus út

4) Független tartalékidő: UP = az az időmennyiség, mellyel korlátozás nélkül rendelkezik az adott tevékenység saját

idején felül. Ez az érték lehet negatív is (a többi csak pozitív lehet). Ennyivel bármilyen körülmények között csúszhatnak a tevékenységekre számított időpontok.

$$\text{UP} = t_{fa(j-k)} - t_{se(k-i)} - D_{(i-j)}$$

A CPM hálóterv (kritikus út módszere)

Ez egy **munkamenet – terv** folyamatábrája speciális **gráf-modell** alakjában ábrázolva.

Gráf: pontoknak és éleknek (irány nélküli vagy irányított) valamilyen halmaza, a halmaz elemei közötti kapcsolatok feltüntetésével.

A **CPM** – háló a tevékenységek befejezés-kezdés kapcsolatára épül.

A **CPM** – háló tevékenység-orientált, tevékenység-él típusú modell.

A **CPM** – hálók elemkészletének nevezzük azokat az egyezményes jelöléseket, melyek segítségével a folyamat ábrázolható.

Az ábrázolás során:

- folytonos vonallal (él) jelöljük a tevékenységeket,
- körrel vagy nyújtott körrel (csomó) jelöljük az eseményeket,
- két párhuzamos vonallal (él) jelöljük a fiktív tevékenységeket, melyeknek csak időigényük van és általában egy tevékenység "befejezését" jelentik,
- szaggatott vonallal (él) jelöljük a látszattevékenységeket, melyek az egyes tevékenységek közötti függőségi kapcsolatokat fejezik ki.

A CPM háló elemkészlete az alábbi:



További jellemzők az elemkészlethez kötődnek az alábbiak szerint:

- a tevékenységet és a fiktív tevékenységet jelző nyilakra írjuk fel a tevékenység jelét és zárójelben az időigényességét,
- az eseményeket jelző körökbe írjuk az események sorszámát. (Az események sorszáma nem azonos a tevékenységek sorszámával.),
- a kezdő esemény sorszáma mindig **0**,
- fontos ügyelni arra, hogy a tevékenységeket jelző nyilak mindig az alacsonyabb sorszámú eseményből a magasabb sorszámú esemény felé mutatnak,

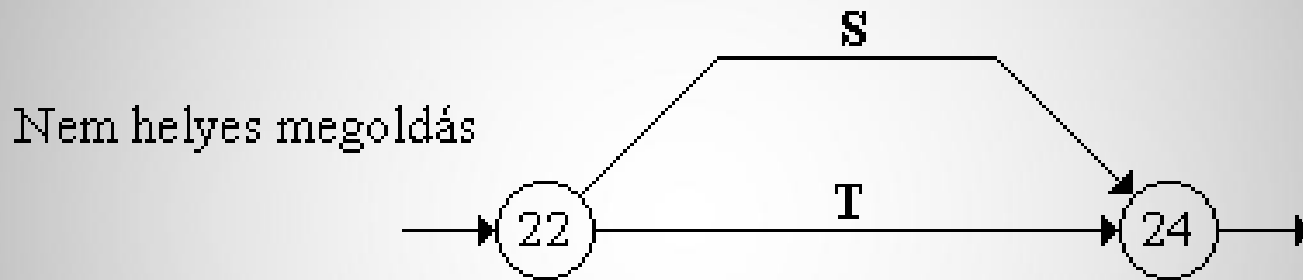
- az eseményeket jelző körök fölött és alatt kell jelölni az időelemzés adatait.

A **CPM** háló ábrázolás technika alapfogalmai és megkö-
tései:

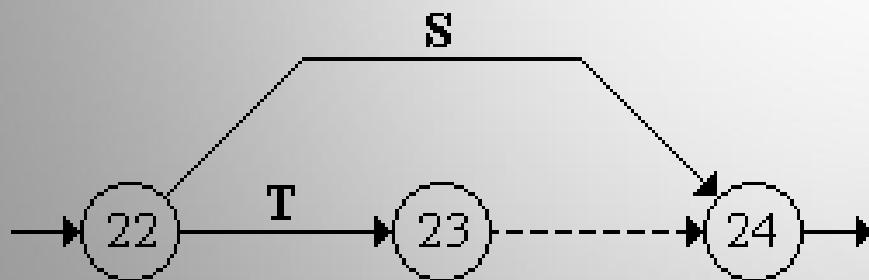
- minden hálótervnek egy kezdő és egy befejező eseménye van,
- a hálótervben nem képződhet hurok,
- a tevékenység-élek nem metszhetik egymást (lehetőleg),
- a tevékenység-éleket a határoló események (csomók) számjeleivel (pl. **0-1**, **6-7**, **6-9**, **7-10**, stb), vagy a tevékenység meghatározott jeleivel (**A**, **B**, **C1**, **C2**, stb) jelöljük,
- tevékenység-él csak esemény-csomóból indulhat és csak oda irányulhat,
- két egymást követő eseményt két tevékenység nem kapcsolhat össze. (Megoldás lehet egy látszattevékenység beiktatása.)

Logikai hálóterv: minden tevékenységet úgy ábrázolunk, ahogyan az a folyamat végrehajtása során logikai – időrendi sor-

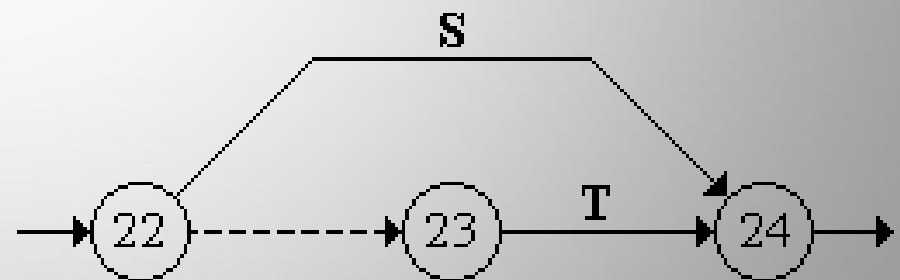
rendben egymás után, vagy egymással párhuzamosan végrehajtható. A hangsúly az egyes tevékenységek kapcsolódásainak, összefüggéseinek feltárásán és ábrázolásán van. A logikai hálótérv kidolgozásának alapja a tevékenységek folyamatszintű és teljes körű ismerete.



Helyes megoldások

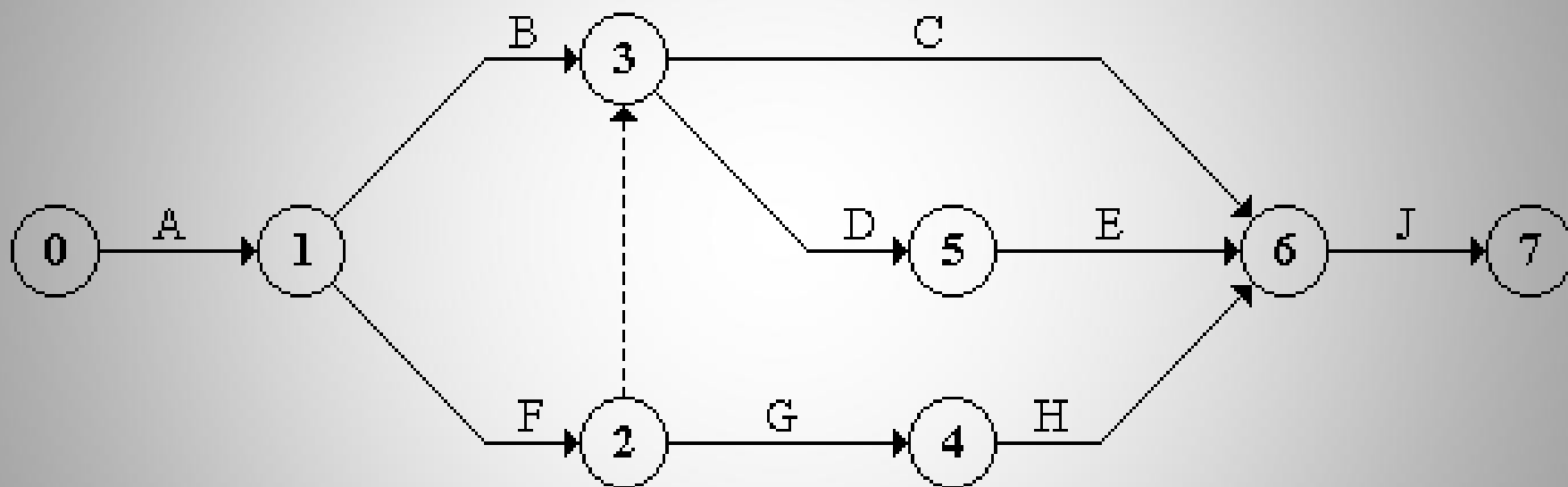


Az S és T tevékenységeket egyidőben kezdjük



Az S és T tevékenységeket egyidőben fejezzük be

A gyakorlati munkát segíti, ha rendelkezésünkre állnak a típus hálótípusok. Ilyen pl. a beruházások-típus hálótípusa, melyet a következő ábrán láthatunk:



I. Időtervezési technikák

Gantt- diagram

- **Általános jellemzői:**
 - szalagdiagram
 - legrégebbi tervezési technika
 - elkészítés és értelmezése könnyű
 - azonnal igazítható a tervezési követelmények széles változataihoz
 - tevékenységek a bal oldalon, tevékenységek időtartama a vízszintes szalagon található
 - jól látható a párhuzamosan végezhető tevékenységek köre

Gantt- diagram

- A **Gantt – diagram** a rövid távú tervezési eljárás egyik lehetséges segédeszköze.
- A **Gantt – diagram** az idő függvényében ábrázolja a tevékenységeket.
Leolvashatók róla az egyes résztvékeny-ségek kezdeti és befejezési időpontjai, valamint a teljes folyamat időszükséglete is.

Gantt-diagram

Előnye:

- könnyen áttekinthető formában ábrázolja az ütemtervet
- figyelembe vehető az összes tevékenység
- meghatározhatók a prioritások, függőségek, párhuzamosságok

Hátránya:

- sok tevékenységből álló, összetett projektek esetén elveszíti előnyét
- nem képes ábrázolni a megfelelő összefüggéseket

Hátrány kiküszöbölése:

- csúszási időtartam bevezetése
- függőségi nyilak ábrázolása

A Gantt-diagram összeállításának menete:

- az adott témának megfelelően meghatározzuk a tevékenységeket,
- meghatározzuk a folyamat teljes átfutási idejét (határidejét),
- meghatározzuk az egyes munkalépések időszükségletét,
- feltárjuk az egyes munkalépések logikai összefüggéseit, tehát hogy mely lépések végezhetők párhuzamosan, illetve egymást megelőzve, követve,
- fentiek figyelembevételével a tevékenységek időszükségletét vonallal jelöljük.

	Hónapok	Októ-ber	November								Decem-ber	Eredmény	Résztevők	
Projekt-elem	Feladat / Hetek	0	1	2	3	4	5	6	Vállalkozó	Megrendelő				
Előkészí-tés	2 team megalakítása (A -Zéró bázisú, B - Átalakító)											Ütemterv, teamek jóváhagyása	Értékelemzé-si tanácsadók	Megrendelő
	Ütemterv véglegesítése												Értékelemzé-si tanácsadók	Megrendelő
	Információk véglegesítése												Értékelemzé-si tanácsadók	Megrendelő
Informá-ció-s szakasz	Elvárások, igények pontosítása			A								Elvárások , stake-holderek	Értékelemzé-si tanácsadók	Megrendelő munkatársai
				B									Értékelemzé-si tanácsadók	Megrendelő munkatársai
	A szervezet funkcionális modelljének felállítása				A							A szervezet funkcionális modellje	Értékelemzé-si tanácsadók	Megrendelő munkatársai
					B								Értékelemzé-si tanácsadók	Megrendelő munkatársai
	Célállapot meghatározása, fejlesztési időhorizont rögzítése					A						Az elérni vágyott állapot körvonalazása, feltételek rögzítése	Értékelemzé-si tanácsadók	Megrendelő munkatársai
	A funkcióteljesítés értékelése a jelenlegi szervezetben					B						A jelenlegi szervezeti működés ún. gyenge pontjai	Értékelemzé-si tanácsadók	Megrendelő munkatársai
Költségelemzés (létszáelemzés) a jelenlegi szervezetre					B						Értékelemzé-si tanácsadók		Megrendelő munkatársai	

Hálótervezési módszerek

- Minden összetett feladat lebontható elemi lépésekre, feladatokra,
- Minden elemi feladatra megadható:
 - a végrehajtáshoz szükséges idő,
 - a végrehajtáshoz szükséges személyek száma,
 - az azt megelőző elemi feladat (kivétel: induló feladat),
 - a vele párhuzamosan végezhető feladat,
 - az azt követő elemi feladat (kivétel: befejező feladat),
- Az elemi feladatok logikai hálóba rendezhetők,
- A háló alapján kiszámítható a feladatok (tevékenységek)
 - legkorábbi kezdés ideje,
 - legkorábbi befejezés ideje,
 - legkésőbbi kezdés ideje,
 - legkésőbbi befejezés ideje,
- Az időadatok alapján meghatározható az a leghosszabb időszükséglet (kritikus út) amennyi idő alatt a teljes feladatot el kell végezni.

CPM

Critical Path Method (kritikus út módszere)

Lényege: határozott tartamú tervezés, azaz minden tevékenység meghatározott idővel (adattal) rendelkezik.

Az összeállított hálóban **eseményeket** és **tevékenységeket** ábrázolunk.

A tevékenységeket az események választják el egymástól, és csak addig tartanak, amíg egy befejeződő tevékenységet egy másik tevékenység fel nem vált.

A tevékenységek fajtái:

TEVÉKENYSÉG	IDŐSZÜKSÉGLET	MUNKAVÉGZÉS	HASZNÁLAT
Munkafolyamat	van	van	Bármilyen munkavégzés
Várakozási tevékenység	van	nincs	Beton megkötése, szőlő érlelése
látszattevékenység	nincs	nincs	Függőséget, feltételt jelent

Módszer

A háló minden tevékenységéhez hozzárendelünk egy időadatot amely az elvégzéséhez szükséges (látszattevékenységnél ez nulla).

Ezután kiszámítjuk a kritikus utat (leghosszabb út), mégpedig úgy, hogy meghatározzuk a tevékenységek:

- legkorábbi kezdési és
- legkésőbbi kezdési időpontjait.

Ahol ez a két időpont megegyezik, ott lesz a kritikus út a kezdeti eseménytől a záró eseményig.

Példa

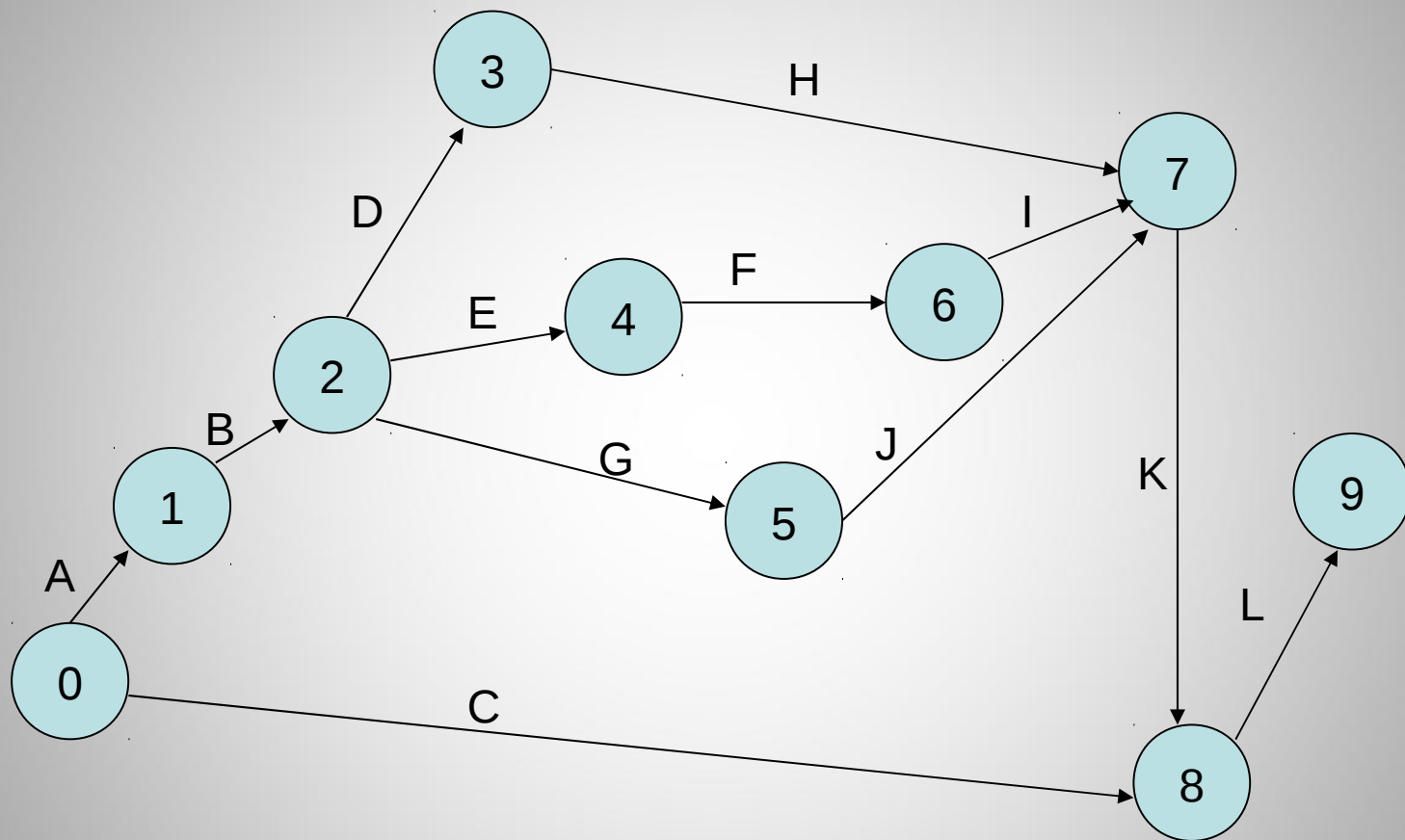
Tervezzük meg a szervezési munka időtartamát a célkitűzéstől a helyzetfelmérés befejezéséig!

(Azaz számoljuk ki, mennyi idő szükséges az adat felvételezéshez!)

A figyelembe veendő tevékenységek:

	Tevékenységek	Idő (hét)
A -	Feladat meghatározása	2
B -	Feladatok lebontása	1
C -	Szervezési cél leírása	1
D -	Dokumentumok begyűjtése	2
E -	Kérdőívek összeállítása	2
F -	Kérdőívek szétosztása, kitöltése	4
G -	Személyes interjúk	4
H -	Dokumentumok feldolgozása	3
I -	Kitöltött kérdőívek feldolgozása	3
J -	Interjúk összegzése, feldolgozása	4
K -	A jelenlegi helyzet anyagának összeállítása	4
L -	A szervezési cél és a jelenlegi helyzet összehasonlítása	2

Rajzoljuk fel a logikai hálót!



Számítsuk ki a kritikus utat!

- **Ennek a folyamata:**
 - Rajzolunk egy mátrixot, ahol a fejrovat és az oldalrovat a az események sorszáma
 - A táblázata tevékenységek időadatait tartalmazza
(kezdőesemény: függőleges, záróesemény: vízszintes)

Kitöltés:

0-ból (függ) 1-be(vízs) az A úton jutok, ami 2 egység hosszú,
ezt írom a keresztcellába

...

Legko- rábbi kezdés		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	0		2								
	1			1							
	2				2	2	4				
	3								3		
	4							4			
	5								4		
	6								3		
	7									4	
	8										2
	9										
Legkésőbbi kezdés											

A táblázat kitöltése után ki kell számolni a rózsaszín cellák értékeit a következő módon:

- Előbb a függőleges, **legkorábbi kezdő időpontokat** számoljuk:
 - A **0** esemény tevékenysége a **0** időpontban következhet be legkorábban, ide tehát **0** -át írunk.
 - Az 1-es eseményhez tartozó legkorábbi kezdés: megvizsgáljuk az 1-es oszlopot, ahol találunk egy 2-est a 0 esemény sorában. Ezt hozzáadjuk az előző 0 értékhez, megkapjuk a következő értéket, ami a 2.
 - ...
 - A 7-es eseménybe három tevékenység torkollik, közülük a **LEGNAGYOBBAT** kell választani

- A legkésőbbi kezdési időpontoknál (vízszintesen) visszafelé haladunk:
ez most $9 \cdot 2 = 18$ hét, ezt írjuk az alsó cellába
 - a továbbiakban a sorokat figyeljük,
 - hasonló algoritmus szerint járunk el mint az előbb,
 - csak itt levonjuk
 - csomópontnál mindig a legkisebb értékkel számolunk

A keresztértékeknél ha megegyező számok (eredmények) vannak, oda jelet teszünk, majd ezek sora adja a kritikus út hosszát.

(0-1-2-4-6-7-8-9)

Legko- rábbi kezdés		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0		2								
2	1			1							
3	2				2	2	4				
5	3								3		
5	4							4			
7	5								4		
9	6								3		
12	7									4	
16	8										2
18	9										
Legkésőbbi kezdés		0	2	3	9	5	8	9	12	16	18
		X	X	X		X		X	X	X	X

költségtervezés

- Lényege, hogy a végrehajtás ideje és a költségek között összefüggés van.
- Ha csökkentjük a végrehajtás idejét, nőnek a költségek.
- Ezt csak addig célszerű tennünk (időcsökkentés), amíg a költségek nem nőnek aránytalanul.

- Alkalmazandó szabály:

normál idő: minimális idő

normál költség: maximális költség

a normálidők alapján kiszámítjuk a kritikus utat.

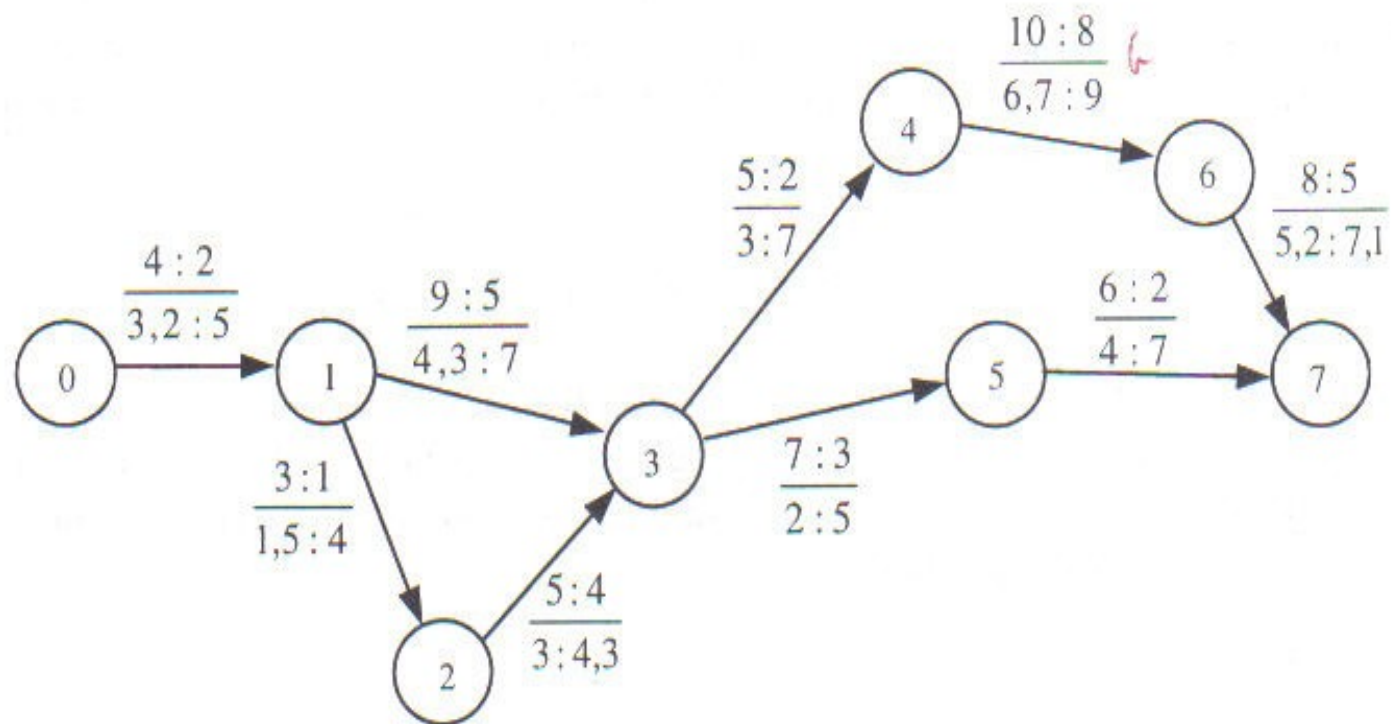
Majd felépítjük a táblázatunkat, amiben kiszámoljuk a költségnövekedési együtthatót (KE)

max.költség - normál költség

normál idő – minimális idő

- A KE együttható értéke megmutatja, hogy egységnyi időcsökkentéshez mekkora költségnövekedés járul.

példa



Legkorábbi kezdés		0	1	2	3	4	5	6	7
0	0		4						
4	1			3	9				
7	2				5				
13	3					5	7		
18	4							10	
20	5								6
28	6								8
36	7								
Legkésőbbi kezdés		0	4	8	13	18	30	28	36
		X	X		X	X		X	X

TEVÉKENYSÉG	IDŐ		KÖLTSÉG		KE
	normál	minimális	normál	maximális	
0-1	4	2	3200	5000	900
1-2	3	1	1500	4000	0250
1-3	9	5	4300	7000	675
2-3	5	4	3000	4300	1300
3-4	5	2	3000	7000	1333
3-5	7	3	2000	5000	750
4-6	10	8	6700	9000	1150
5-7	6	2	4000	7000	750
6-7	8	5	5200	7100	633
	Összes költség		32900	55400	

Alkotó szakasz	Ötletek gyűjtése a célállapot meghatározására								A	A						A célállapotnak megfelelő funkcióellátási stratégiára és szükséges erőforrások biztosítására vonatkozó ötletek	Értékelemzési tanácsadók	Megrendelő munkatársai	
	Ötletek gyűjtése a gyengepontok feloldására								B		B					Nagyobb működési hatékonyságot ígérő ötletek	Értékelemzési tanácsadók	Megrendelő munkatársai	
	Ötletek értékelése, szelektálása										A					A javaslat alapját képező ötletek	Értékelemzési tanácsadók	Megrendelő munkatársai	
	Ötletek értékelése, szelektálása										B					A javaslat alapját képező ötletek	Értékelemzési tanácsadók	Megrendelő munkatársai	
Tervezés, javaslatlételi szakasz	Javaslatok tervezése (egyéni munka)										A	A				A team által jóváhagyott megoldások egyéni kidolgozása	Értékelemzési tanácsadók	Megrendelő munkatársai	
	Javaslatok tervezése (egyéni munka)										B	B				A team által jóváhagyott megoldások egyéni kidolgozása	Értékelemzési tanácsadók	Megrendelő munkatársai	
	Javaslatok összehangolása, továbbfejlesztése												W	S			Értékelemzési tanácsadók	Megrendelő munkatársai	
	Javaslatok dokumentálása, észrevételek átvezetése													A	B	A	B	A munka folyamatának és a végső javaslatoknak a dokumentálása	Értékelemzési tanácsadók
Javaslatok átadása	Javaslatok bemutatása, kérdések megválaszolása, zárás														A	B	Dokumentáció és értékelés	Értékelemzési tanácsadók	Megrendelő és Megrendelő munkatársai

A diagram használata jelentős segítséget nyújt a program előrehaladásának követésében. Ahogy a feladat előrehalad, feljegyzést készíthetünk az egyes lépések készenléti százalékaról. Ezzel a módszerrel a diagram első rátekintésre mutatja a program állását. Azonnal nyilvánvalóvá válik a tényleges haladás a tervezett haladáshoz viszonyítva. Ez lehetővé teszi a korrekciós intézkedések végrehajtását, (pl. intenzív alkotó és/vagy tervezési szakasz beiktatása) mielőtt a munka reménytelenül elmaradna a program mögött.

A téma indításakor figyelmen kívül hagyott, vagy a megindulás után pótlólagosan felvett lépéseket a munka haladása közben fel lehet venni a diagramba (pl. élettartam vizsgálat; szennyvíz minőségi mérések; „K” darab elgyártása, bemérése, stb.).

A kiegészítő lépésekhez szükséges pótlólagos időt felmerülésük alkalmával fel kell becsülni, és a diagramot módosítani szükséges.

A Gantt-diagram egyéb felhasználási lehetőségei:

- az értékelemzési munkaterv
- a munkafeladat (művelet) hozzárendelése „x” géphez
- munkások optimális hozzárendelése a munkafeladatokhoz
- a rendelés hozzárendezése „y” géphez
- programozás időkorlátokkal
- termelésirányítási feladatok megoldása
- kutatási, fejlesztési feladatok rendszerben történő kezelése adott gazdálkodó egységnél
- vállalkozói pénzügyi gazdálkodás, tervezés (pl. hitelkihelyezés ütemezése), stb.

Az MPM-háló

- Az **MPM** (**M**etra **P**otenciális **M**ódszer, az angolszász országokban Precedence Diagramming Method) technika a francia Roy nevéhez kötődik. A kézi ábrázolású technika a tevékenységeket a gráf csomópontjaiként ábrázolja, a gráf élei pedig a tevékenységek közötti logikai kapcsolatokat szimbolizálják.
- Az **MPM** háló a logikai kapcsolatoknál kezeli a minimális, maximális kapcsolatokat, kezeli a vég-kezdet, kezdet vég kapcsolatok minden kombinációját.
- Az **MPM** technikával megszakítható tevékenységek is tervezhetők.

Véletlen tartalmú események: PERT

- 1958-ban fejlesztették ki az Amerikai Haditengerészet-nél
- felépítése és azonosítása hasonló a **CPM**-hez
- akkor használjuk, ha a háló tevékenységeinek időtartamait a véletlen tényezők hatása miatt nem tudjuk pontosan előre meghatározni
- alkalmazásának két alapvető követelménye
 - egyes tevékenységek időtartamai független valószínűségi változók legyenek
 - e valószínűségi változók várható értékei és szórása előre meghatározható, elég jól becsülhető legyen

PERT

- **Három időtartam becslése:**
 - legoptimálisabb (ha minden rendben történik)
 - legvalószínűbb (legreálisabb becslés)
 - leg pesszimistább (minden rosszul megy)
- **Számítás módja:**

$$t_e = \frac{t_o + 4t_m + t_p}{6} \text{ és } v = \left(\frac{t_p - t_o}{6} \right)^2$$

t_e = várt időtartam; t_o = legoptimálisabb időtartam

t_m = legvalószínűbb időtartam;

t_p = leg pesszimistább időtartam

v = tevékenységek idejének varianciája

II. Költségtervezés

CPM/COST, MPM/COST

1. Determinisztikus költségtervezés determinisztikus időtervezés esetén

- Minimális átfutási idő, minimális költségnövekmény
- Optimális összköltség elérése: átfutási idő csökkentésével

Fogalmak

- **Normál idő:** Az az időmennyiség, amely a tevékenység normál/tervszerű végrehajtásához szükséges. (minimális változó költség) (tevékenységre vonatkozik)
- **Roham idő:** az a legkisebb időmennyiség, amely alatt a tevékenységet végre lehet hajtani. (maximális változó költség) (tevékenységre vonatkozik)
- **Minimális átfutási idő:** az a legkisebb időmennyiség, amellyel a projekt még megvalósítható. (projekt átfutására vonatkozik)
- **Normál átfutási idő:** az az időmennyiség, amelynél valamennyi tevékenység normál lefutása mellett valósul meg a program.
- **(Költség) optimális átfutási idő:** az az átfutási idő, melynél a projekt összköltsége minimális.

Minimális átfutási idő/minimális költségnövekmény (**CPM/COST, MPM/COST**)

- A **CPM/COST, MPM/COST** módszer egy széles körben alkalmazható hálótervezési technika. Az algoritmus során először egy **CPM** vagy egy **MPM** hálót kell felrajzolni, majd a kritikus úton lévő minimális költség-növekedéssel járó tevékenységek lefutási idejét csökkentjük. A lépéseket érdemes egy táblázatban összefoglalni.

2. Determinisztikus költségtervezés sztochasztikus időtervezés esetén PERT/COST

- Program összköltségének csökkentése.
- A projekt minimális lefutási idejének meghatározása minimális (változó)költség növekedés mellett.
- A projekt minimális összköltségének meghatározása.

III. Erőforrás allokáció

- Erőforrás-tervezés: nem csupán az a cél, hogy a projektet a lehető leghamarabb befejezzük, hanem az is fontos szemponttá válik, hogy egy adott kapacitáskorlátot ne lépjünk túl.
- Fajtái:
 - Időkorlátos erőforrás tervezés.
 - Erőforrás-korlátos erőforrás tervezés.

Erőforrás allokáció (ERALL-modell)

Az erőforrás-allokáció célja:

- az átfutási időt (lehetőleg) nem növelve,
- a kapacitáskorlátot nem túllépve,
- a nem kritikus úton lévő tevékenységeket a tartalékidejükön belül mozgassuk el, úgy, hogy az erőforrás terhelési diagram a kapacitás korlátot minden pontjában kielégítse.

Ezt pl. egy simítási eljárással valósíthatjuk meg, mely egy heurisztikus eljárás. Ez a módszer, ha létezik a feladatnak egy megengedett megoldása, akkor megtalálja.

Hálós tervezési- és irányítási rendszerek

A hálós tervezési eljárások figyelembe tudják venni és megfelelő módon tudják ábrázolni:

- az egyes tevékenységek, folyamatok bonyolult, egymástól függő vagy egymásra ható összefüggéseit,
- az egyes tevékenységek, folyamatok megvalósítása során kitűzött részhatáridő változások hatásait a végső határidőre,
- az egyes tevékenységeknek a folyamat végrehajtása során változó fontossági sorrendjét és ennek segítségével a *kritikus utat*,
- a különböző célok szerinti optimalizálást.

A hálók olyan alaptervek, melyek mindenkor a folyamat időarányos képét mutatják és mindenki által érthető, egységes rendszerben készülnek. Alapot szolgáltathatnak egy, a valóságot tükröző gazdaságos információ – rendszer felépítéséhez, mely nagyobb tájékozottsággal hozott döntéseket tesz lehetővé.

A hálóterv: irányított gráf. A terv, az elképzelés grafikus ábrázolása a folyamat időbeli lefolyásának és logikai, technológiai kapcsolatainak együttes feltüntetésével.

A hálók orientációját és típusait a jellemző hálófajták (*CPM*, *MPM* és *PERT*) megjelölésével a következő táblázat foglalja össze:

	Hálótervek			
<i>orientáció szerint</i>	<i>tevékenység-orientált</i>			<i>esemény-orientált</i>
ípus szerint	tevékenység-él	tevékenység-csomó	esemény-él	esemény-csomó
jellemző hálóterv	CPM	MPM	nincs jellemző háló	PERT

Menedzsment és IR: kihívások

- ERP-szintű integráltságot többféle alapról kiindulva lehet elérni
- A vállalati folyamatok bonyolultsága rendszer-szemléletű IR – átszervezést igényel
- Az integráció a meglévő, a megszokott rendszerek leépülésével jár
- Az OLAP - szintű üzleti intelligencia nagy szakértelmet kíván
- A funkcionális rendszerek csak kis és KKV-nál támogathatóak független módon

CPM

Critical Path Method

Kritikus Út Módszere

*Gyártásütemezés: megoldás a kritikus út módszerrel II.,
dinamikus programozás*

Kritikus út módszer - CPM

CPM: Critical Path Method

Adott

- az ütemezendő elemi műveletek halmaza (activity)
- minden elemi művelet előfeltételei (szintén elemi műveletek)
parciális rendezés (egymásutániság)
- minden elemi művelet *végrehajtási ideje*

Táblázatba rendezhető

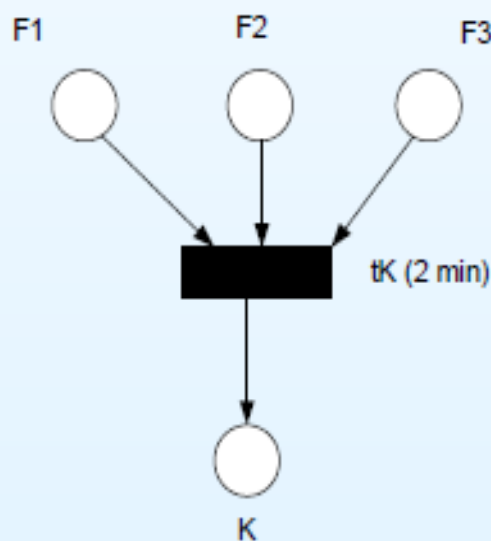
Grafikus leírás: CPM gráf

- *élei megfelelnek az elemi műveleteknek* (egy-egy értelmű megfeleltetés)
- csúcsok megfelelnek eseményeknek (rendszer-állapotok bekövetkezésének)

A CPM gráf és a Petri háló kapcsolata

A CPM gráfbeli művelet megfelel egy olyan átmenetnek egy **időzített Petri hálóban**, amelynek

- bemeneti eseményei (előfeltételei) a CPM gráfbeli művelet előfeltételei
- tüzelési ideje a művelet végrehajtási ideje
- következménye csak egy feltételből áll



A kritikus út kiszámítása – 1

Algoritmikusan, két menetben

- I. Előrefelé haladó számítás: legkorábbi bekövetkezési idők
 1. A kezdő esemény kezdeti idejét nullára állítjuk
 2. Minden műveletet akkor kezdünk, ha az előfeltételek teljesültek
 3. Minden esemény legkorábbi bekövetkezési ideje (E_i) a beléje vezető műveletek befejeződési idejeinek **maximuma**
- II. Visszafelé haladó számítás: legkésőbbi bekövetkezési idők
 1. A befejező esemény legkésőbbi bekövetkezési idejét a legkorábbira állítjuk
 2. Minden művelet legkésőbbi bekövetkezési idejét a vég-esemény legkésőbbi bekövetkezési idejéből számítjuk, levonva belőle a művelet végrehajtási idejét
 3. Minden esemény legkésőbbi bekövetkezési ideje (L_i) a belőle induló műveletek kezdő idejeinek **minimuma**

A kritikus út kiszámítása – 2

Csúszási idők

1. Eseményekre: a legkésőbbi és a legkorábbi bekövetkezési idő különbsége, $S_i = L_i - E_i$
2. Az i -edik eseményből a j -edikbe vezető műveletre:

$$S_{ij} = L_j - E_i - t_{ij}$$

ahol t_{ij} a művelet végrehajtási ideje

Kritikus út: azon műveletekből (élekből) áll, amelyek csúszási ideje nulla

Dinamikus programozás

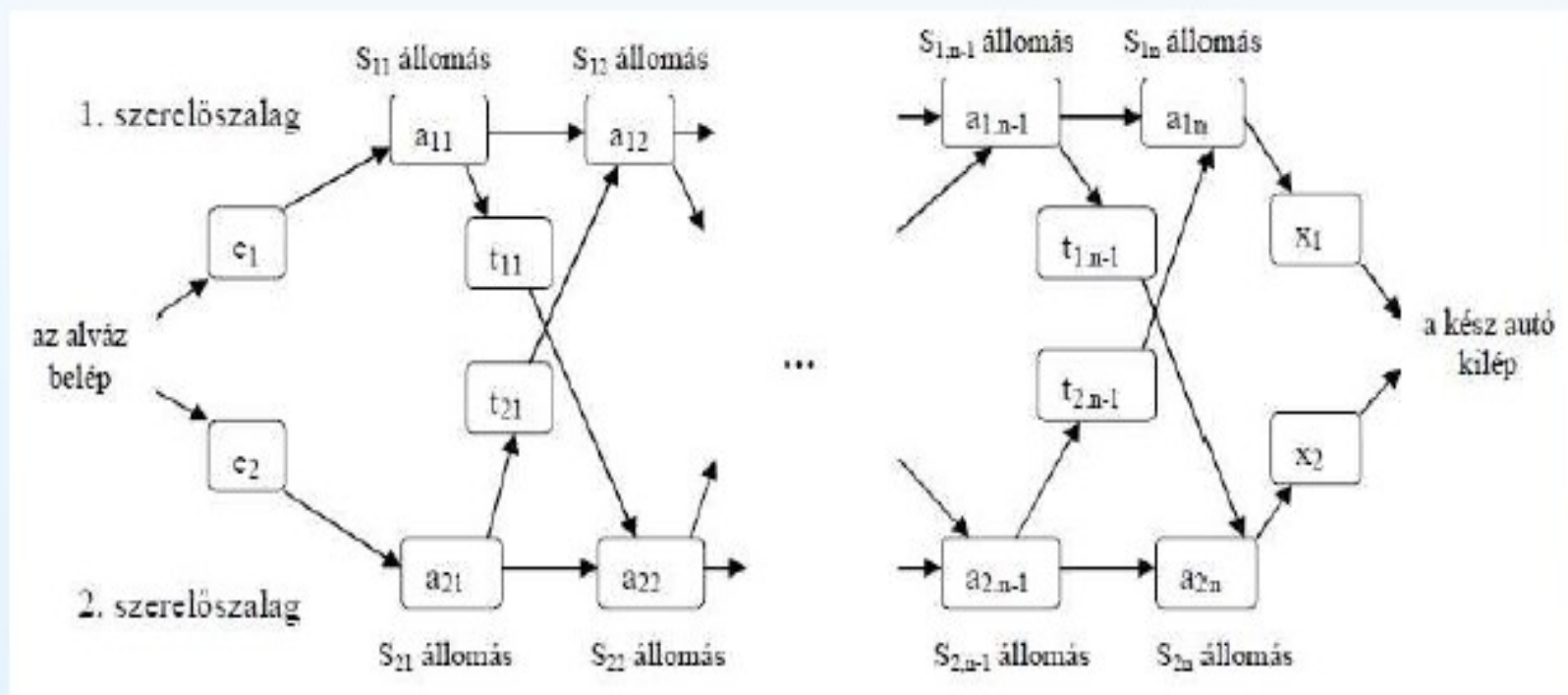
Egy dinamikus programozási algoritmus kifejlesztése 4 lépésre bontható fel:

1. *Jellemezzük az optimális megoldás szerkezetét.*
2. *Rekurzív módon definiáljuk az optimális megoldás értékét.*
3. *Kiszámítjuk az optimális megoldás értékét alulról felfelé történő módon.*
4. *A kiszámított információk alapján megszerkesztünk egy optimális megoldást.*

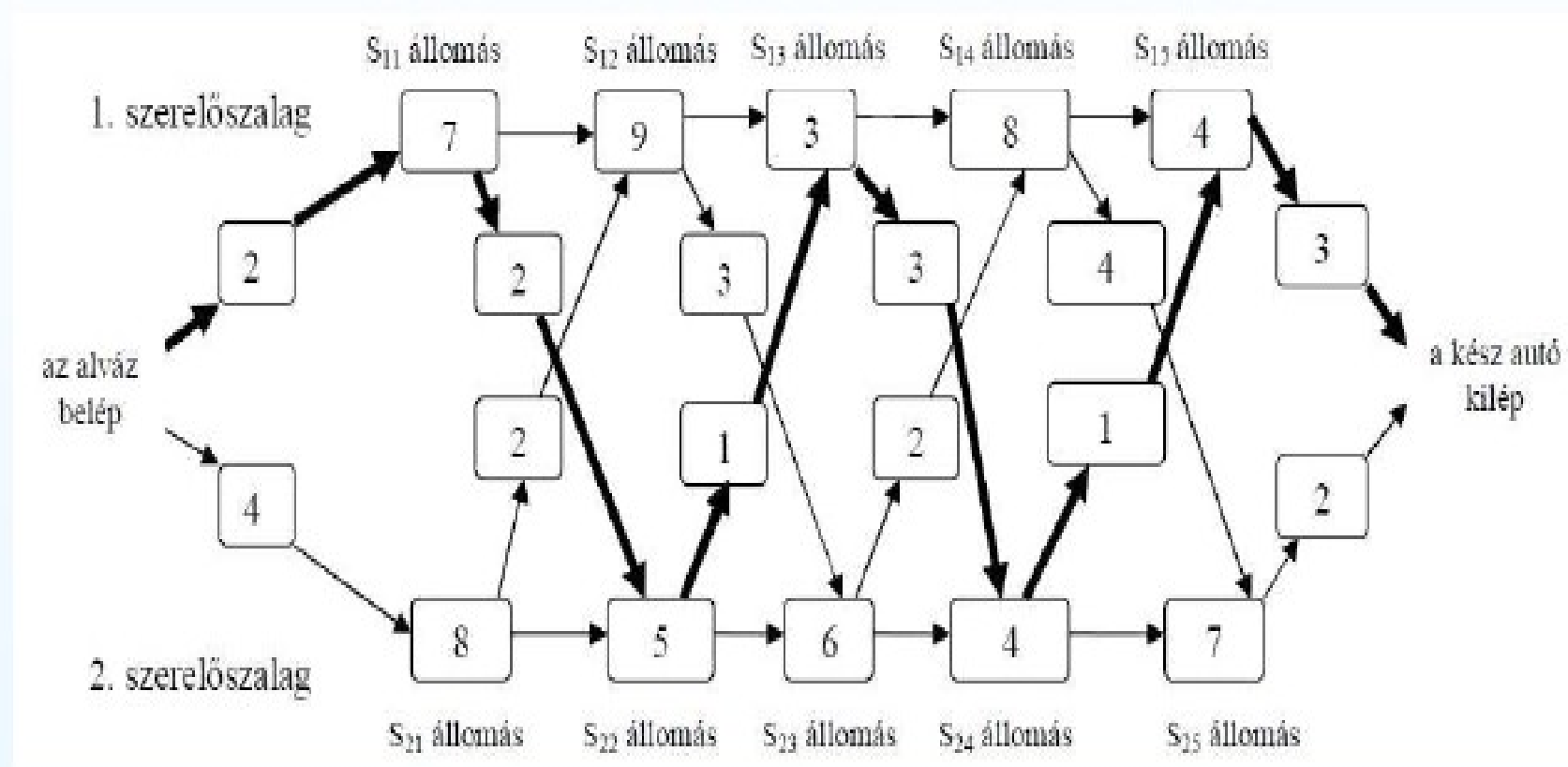
A dinamikus programozás minden egyes részfeladatot és annak **minden részfeladatát pontosan egyszer oldja meg, az eredményt egy táblázatban tárolja**, és ezáltal elkerüli az ismételt számítást, ha a részfeladat megint felmerül.

Szerelőszalag ütemezése

Mindegyik szalagnak n állomása van, melyek indexei $j = 1, \dots, n$. S_{ij} jelöli az i -edik ($i = 1$ vagy 2) szalag j -edik állomását. Az első szalag j -edik állomása (S_{1j}) ugyanazt a funkciót látja el, mint a második szalag j -edik állomása (S_{2j}). Az S_{ij} állomáson a műveleti időt a_{ij} jelöli.



Szerelőszalag ütemezése -Példa



A teljes leszámlálás számítási ideje $\Omega(2^n)$. Ez nagy n mellett elfogadhatatlan.

1. lépés: a legrövidebb gyártási út szerkezete

Tekintsük a lehetséges legrövidebb utat, ahogy egy alváz a kiindulási helyzetből túljut az S_{1j} állomáson.

Ha $j = 1$, akkor csak egy lehetőség van, és így könnyű meghatározni a szükséges időt.

$j = 2, \dots, n$ esetén két lehetőség van:

- Az alváz érkezik közvetlenül az $S_{1,j-1}$ állomásról, amikor ugyanannak a szalagnak a $(j - 1)$ -edik állomásáról a j -edik állomására való átszállítás ideje elhanyagolható.
- Az alváz $S_{2,j-1}$ felől érkezik, az átszállítás ideje $t_{2,j-1}$.

Tegyük fel, hogy az S_{1j} állomáson való túljutás leggyorsabb módja az, hogy oda az $S_{1,j-1}$ felől érkezünk.

Az alváznak a legrövidebb módon kell túljutnia az $S_{1,j-1}$ állomáson, mert ha volna egy gyorsabb mód, hogy az alváz túljusson a $S_{1,j-1}$ állomáson, akkor ezt használva magán $S_{1,j}$ -n is hamarabb jutna túl, ami **ellentmondás**.

1. lépés: a legrövidebb gyártási út szerkezete

Általánosabban fogalmazva azt mondhatjuk, hogy a szerelőszalag ütemezésének

(hogy megtaláljuk a legrövidebb módot az S_{ij} állomáson való túljutásra)

optimális megoldása tartalmazza egy részfeladat

(vagy az $S_{1,j-1}$ vagy az $S_{2,j-1}$ állomáson való leggyorsabb áthaladás)

optimális megoldását.

Erre a tulajdonságra **optimális részstruktúraként** fogunk hivatkozni.

Azaz részfeladatok optimális megoldásaiból megszerkeszthető a feladat optimális megoldása.

2. lépés: a rekurzív megoldás

Az optimális megoldás értékét a részfeladatok optimális értékeiből rekurzívan fejezzük ki.

A részfeladatok legyenek mindkét szalag j -edik állomásán való leggyorsabb áthaladás megkeresésének a feladatai $j = 1, \dots, n$ mellett.

Jelölje $f_i[j]$ azt a legrövidebb időt, ami alatt az alváz túl tud jutni az S_{ij} állomáson.

Célunk annak a legrövidebb időnek a meghatározása, ami alatt az alváz az egész üzemen keresztül tud haladni.

Ezt az időt f^* jelöli.

$$f^* = \min\{f_1[n] + x_1, f_2[n] + x_2\}$$

$$f_1[1] = e_1 + a_{11}$$

$$f_2[1] = e_2 + a_{21}$$

2. lépés: a rekurzív megoldás

Hogyan kell kiszámolni az $f_i[j]$ -t $j = 2, \dots, n$ és $i = 1, 2$ esetén?

$$f_1[j] = \min\{f_1[j-1] + a_{1j}, f_2[j-1] + t_{2,j-1} + a_{1j}\}, \text{ ha } j = 2, \dots, n.$$

$$f_2[j] = \min\{f_2[j-1] + a_{2j}, f_1[j-1] + t_{1,j-1} + a_{2j}\}, \text{ ha } j = 2, \dots, n.$$

A következő rekurzív egyenletet kapjuk:

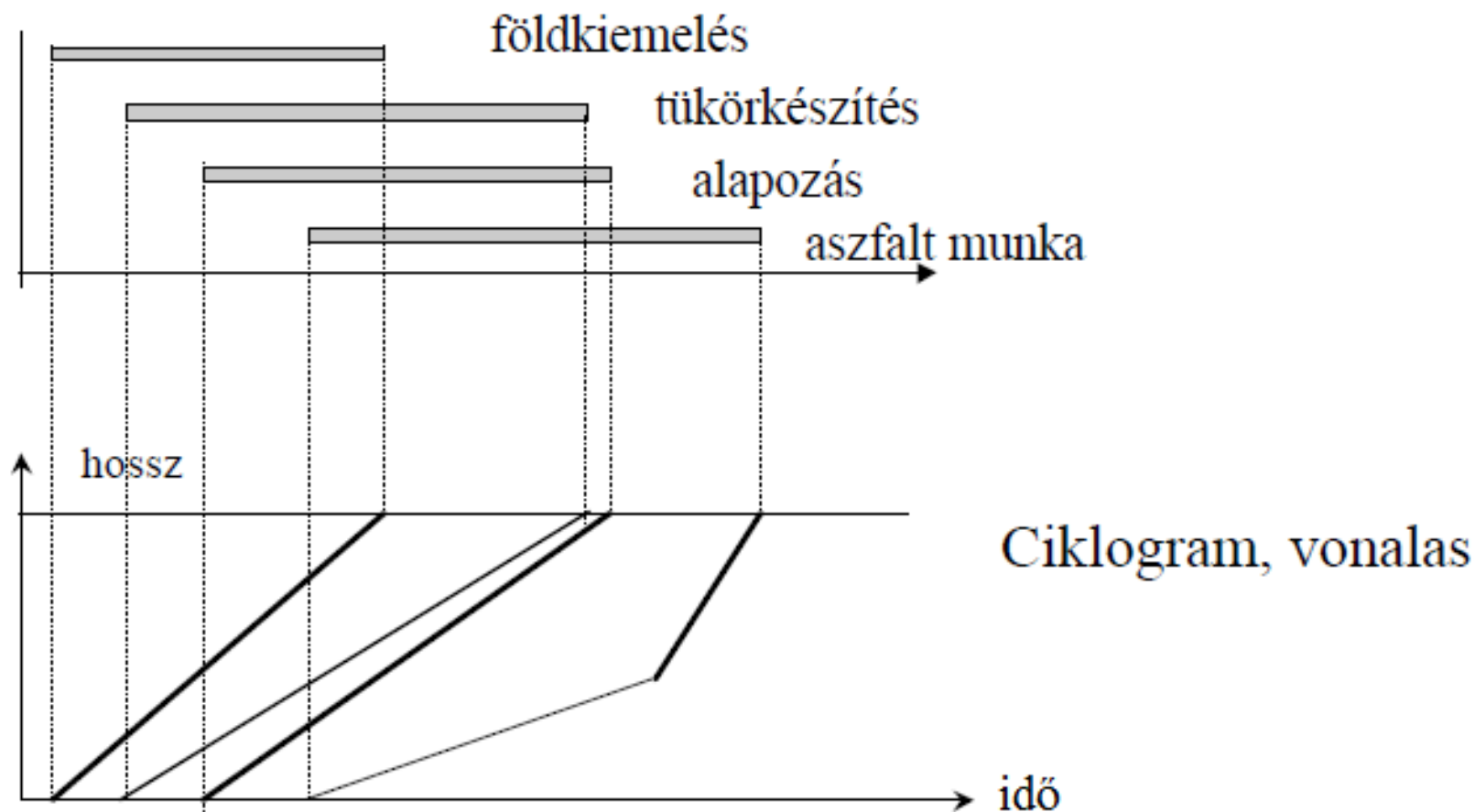
$$\begin{aligned} f_1[j] &= \begin{cases} e_1 + a_{11}, & \text{ha } j = 1, \\ \min\{f_1[j-1] + a_{1j}, f_2[j-1] + t_{2,j-1} + a_{1j}\}, & \text{ha } j \geq 2 \end{cases} \\ f_2[j] &= \begin{cases} e_2 + a_{21}, & \text{ha } j = 1, \\ \min\{f_2[j-1] + a_{2j}, f_1[j-1] + t_{1,j-1} + a_{2j}\}, & \text{ha } j \geq 2 \end{cases} \end{aligned}$$

Időtervezés

A CPM háló

Hagyományos eszközök

- Sávos ütemterv, Gantt diagram



Időtervezés lépései

- feladat tevékenységekre bontása(WBS, munkalebontás módszere) „Scope”
- tevékenységidő (erőforrások) meghatározása (normarendszerek, ÉMIR, FEMIR, EN)
- (Naptárak definiálása akár minden tevékenységre, erőforrásra)
- tevékenységek közötti logikai kapcsolatok meghatározása
 - - fizikai törvényszerűségből eredő kapcsolatok
 - - szervezeti feltételek
- kritikus tevékenységek és a tartalékidő meghatározása= időelemzés

Ütemezés

- minimális átfutási idő,
- minden esemény
 - legkorábbi és legkésőbbi bekövetkezési időpontok
- minden tevékenység
 - legkorábbi kezdési
 - legkorábbi befejezési
 - legkésőbbi kezdési
 - legkésőbbi befejezési idő (azzal a feltétellel, hogy az átfutási idő nem változik)
 - tartalékidők

Hálóak csoportosítása

- Az ábrázolási forma lehet
 - tevékenység-élű, (CPM)
 - tevékenység csomópontú (MPM PDM).
- A tevékenység idő lehet
 - megszakíthatatlan, megszakítható,
 - determinisztikus, sztochasztikus (PERT).
- Tevékenységek közötti kapcsolatok száma szerint egy meghatározott, vagy több különböző kapcsolat.

Critical Path Method (CPM)

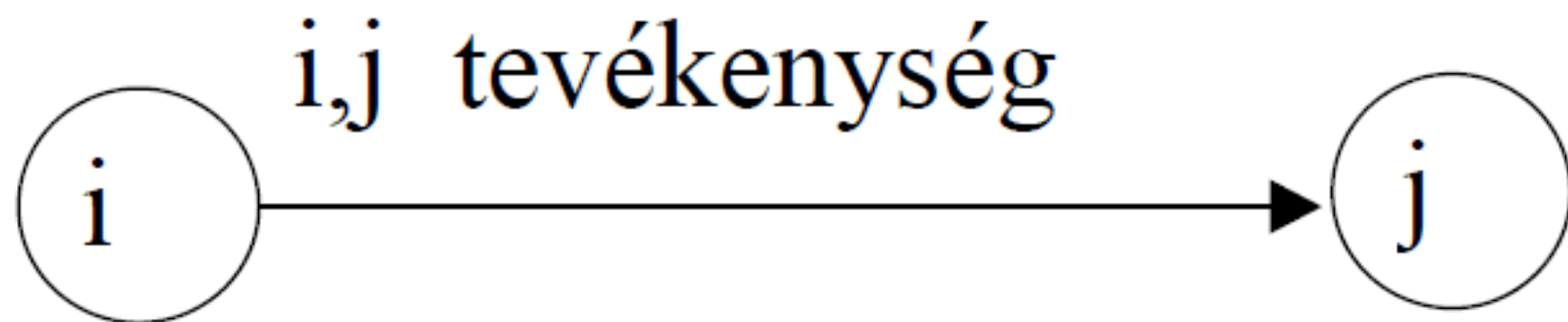
Activity On Arrow (AOA)

- Tevékenység-él háló (AOA) = Irányított élek halmaza,
 - - minden élen adott az élhossz (tevékenység idő)
 - - egy kezdő és egy végpont
 - - nincs kettős él
 - - hurokmentes (pozitív hurok mentes)

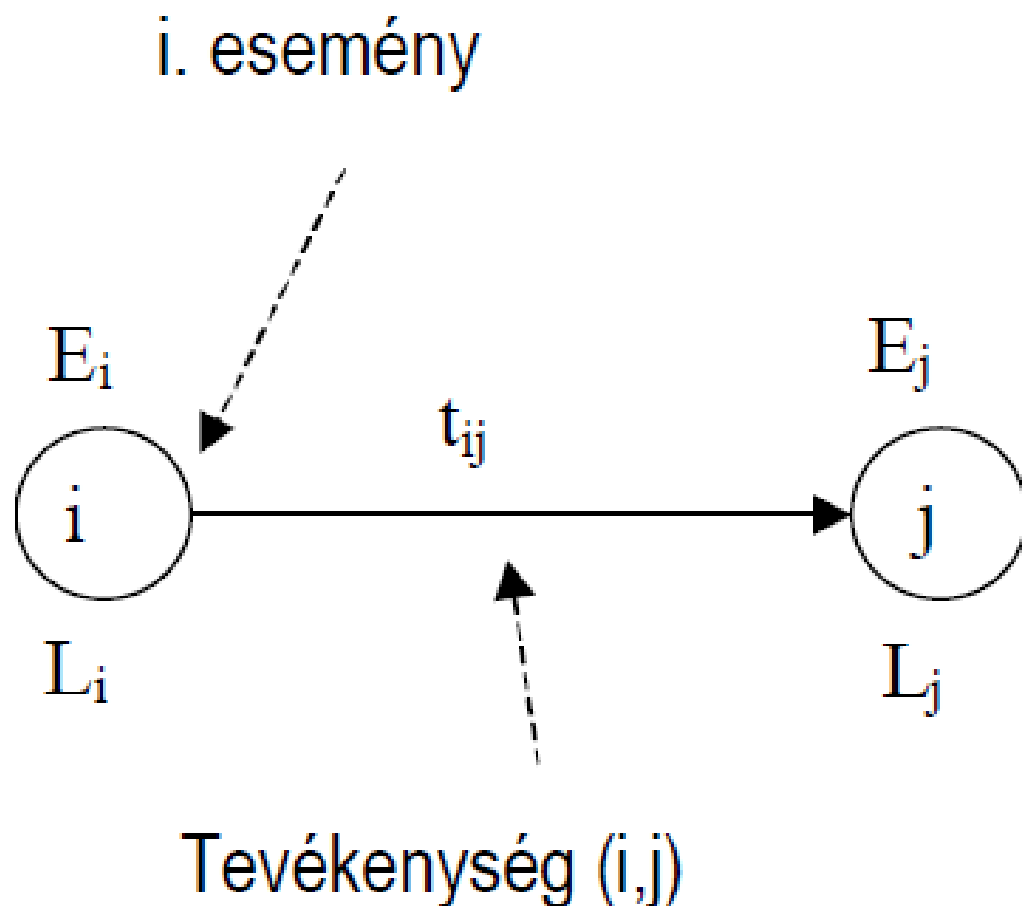
Háló elem

i. esemény

j. esemény



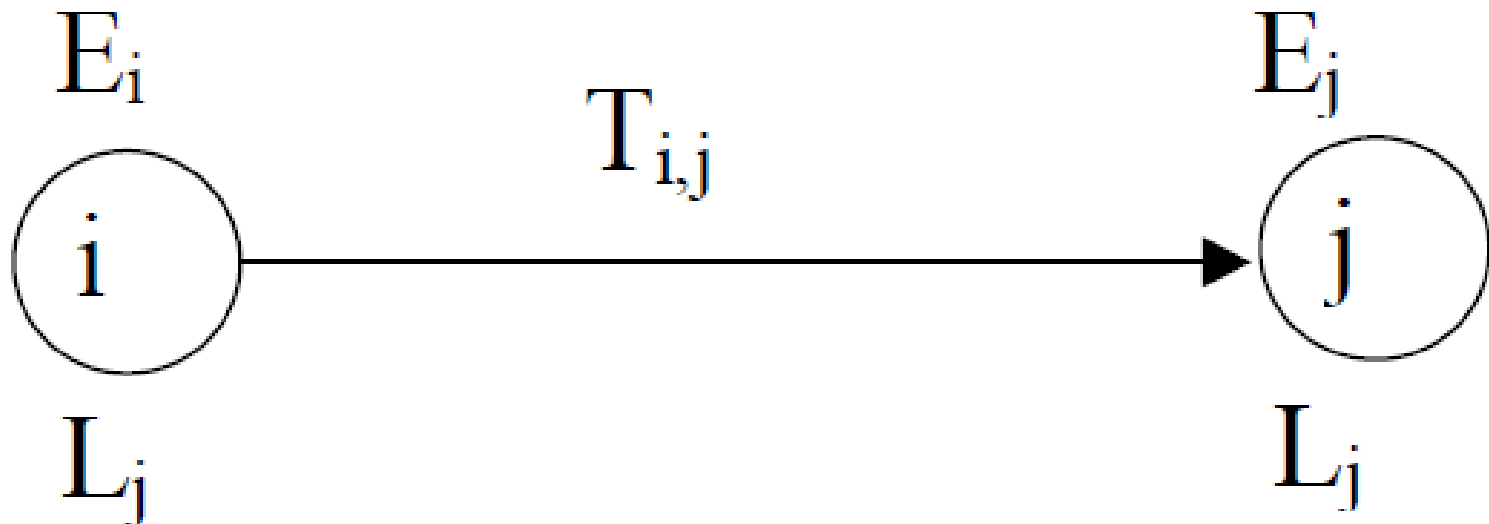
A CPM háló egy tevékenysége



Események bekövetkezése

eseménynek nincs időbeli kiterjedése

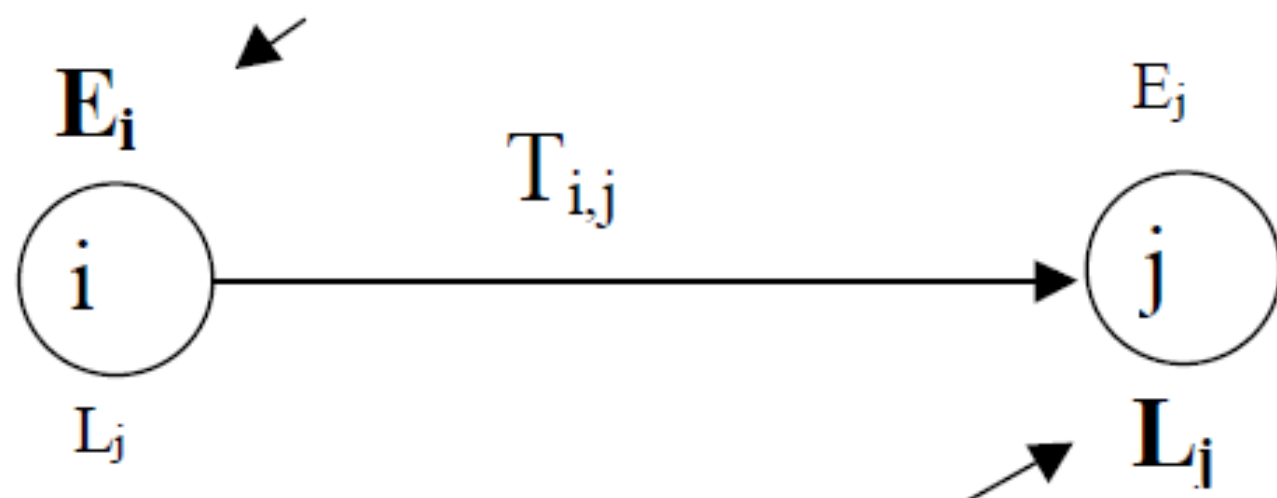
Legkorábbi esemény idők



Legkésőbbi esemény idők

Tevékenységek kezdete és vége

A $T_{i,j}$ tevékenység legkorábbi kezdete

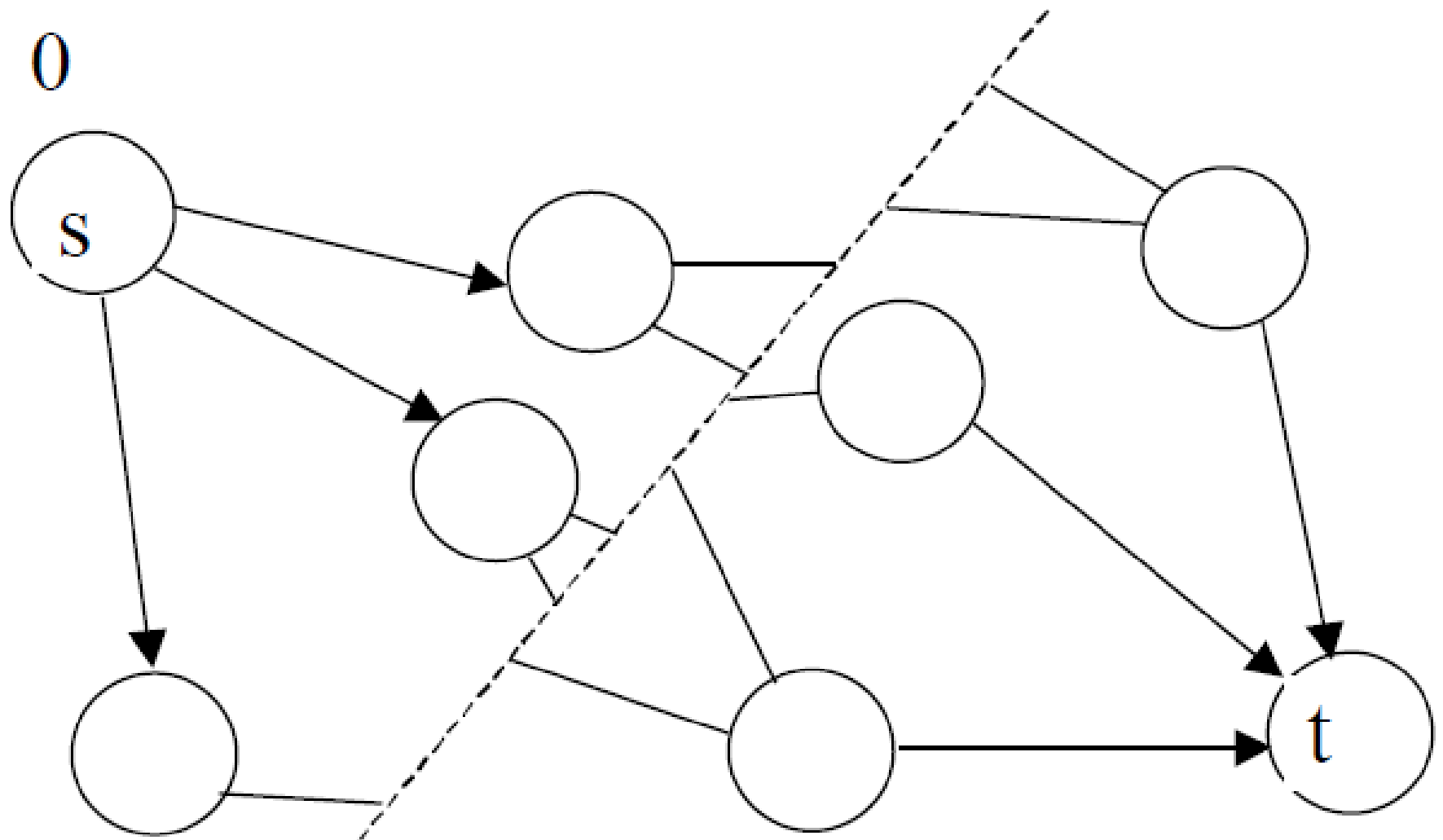


A $T_{i,j}$ tevékenység legkésőbbi befejezése

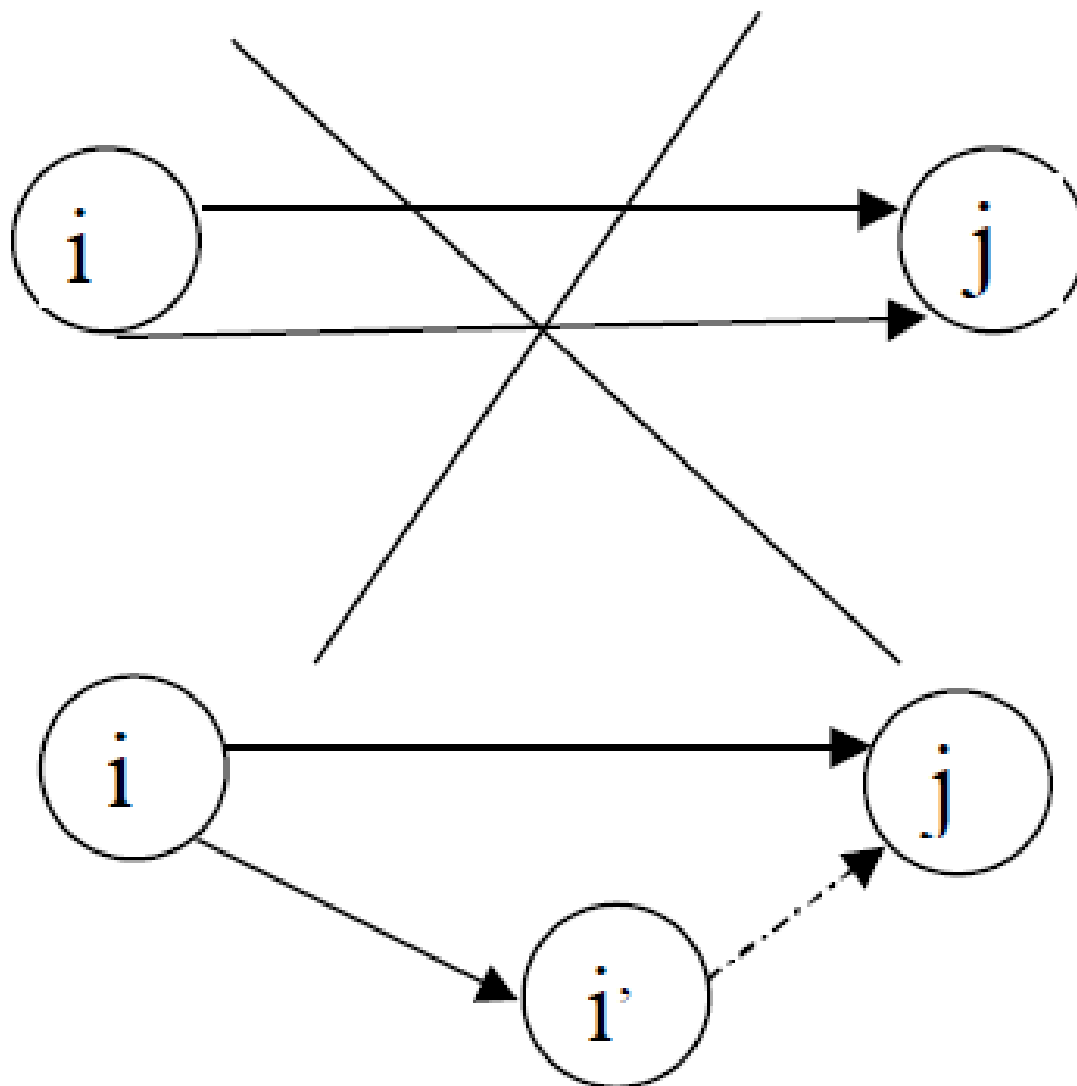
Függőségi szabály

- Egy esemény bekövetkezik, ha minden befutó tevékenység befejeződött.
- Egy tevékenység akkor kezdődhet el, ha a kezdő esemény bekövetkezett.

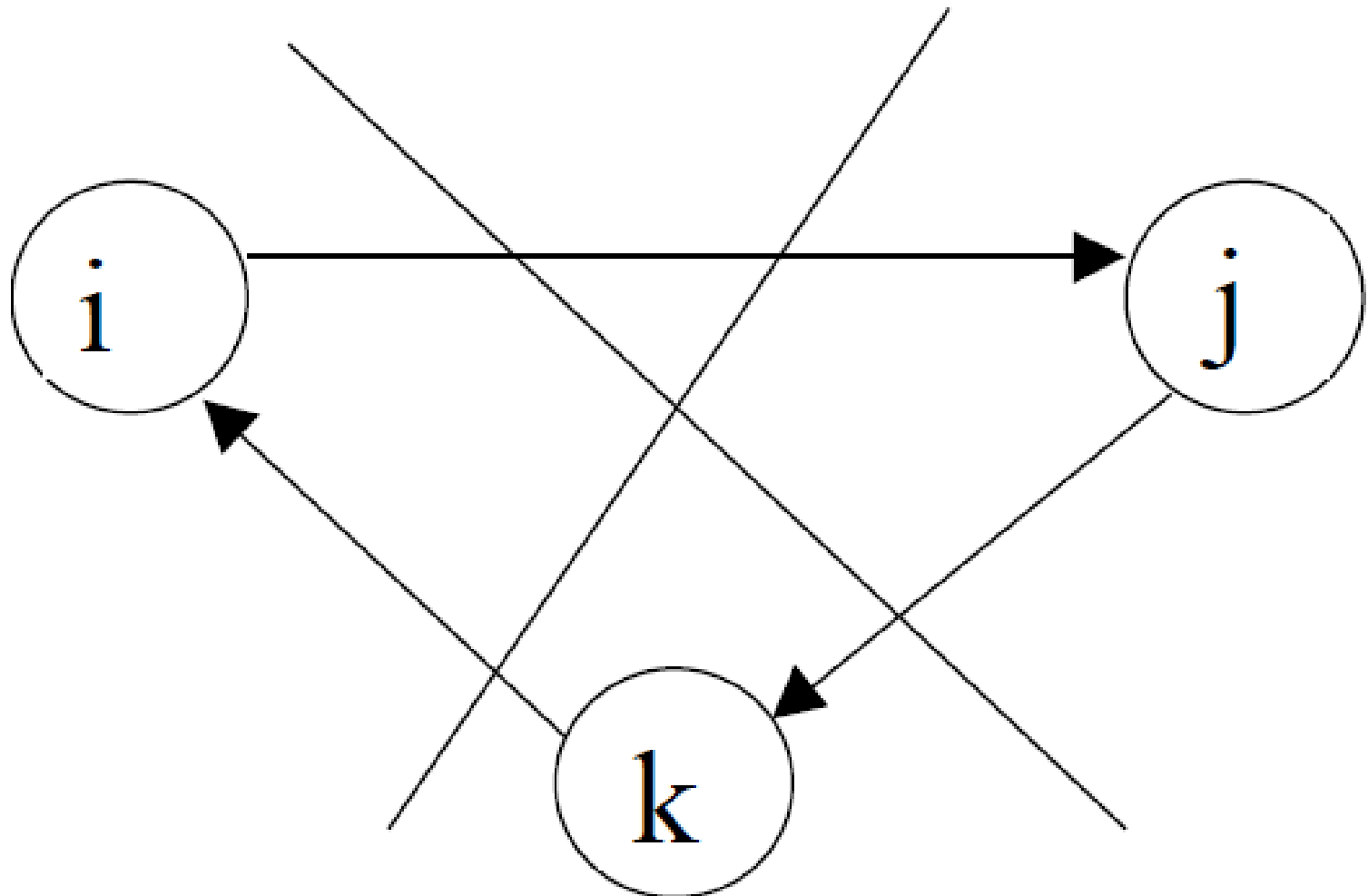
Egy kezdő és egy végpont



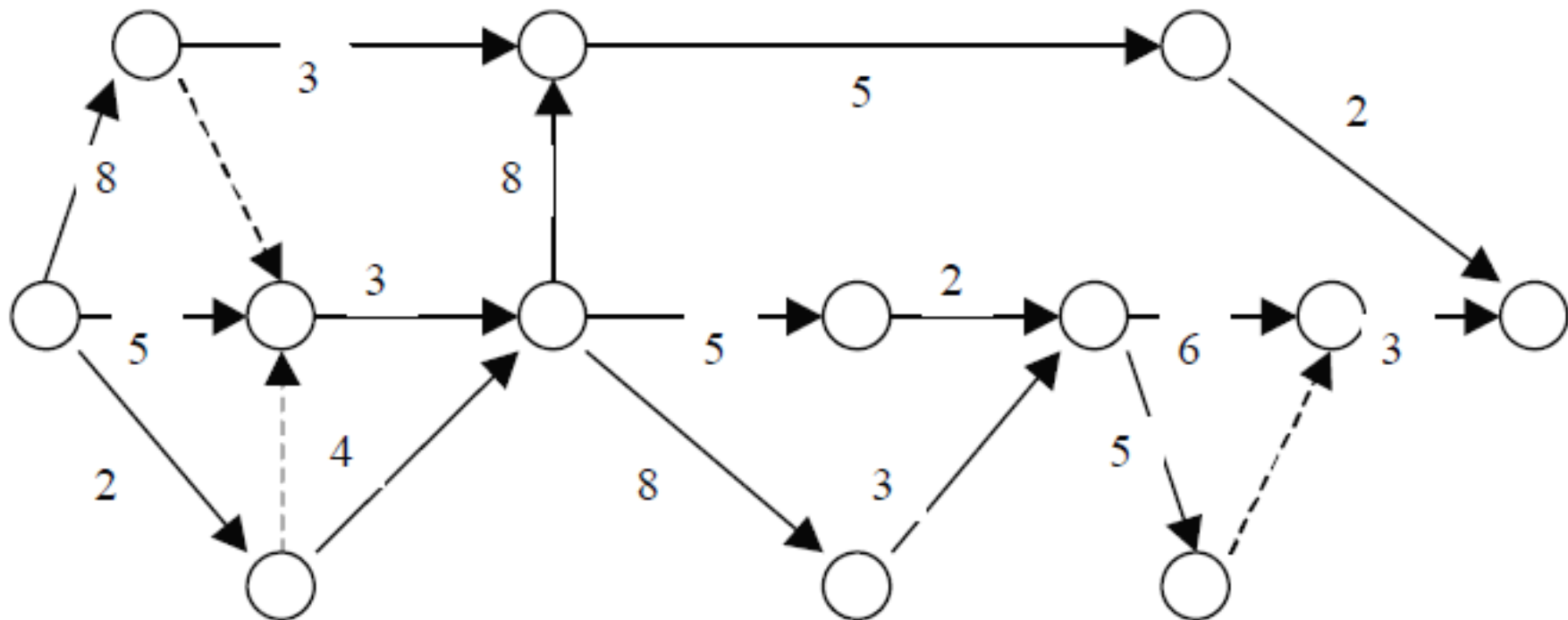
Nincs kettős él



Itt és most
hurok nem megengedett



CPM



Példa 1

• Tevékenységek:	Megelőző tevékenység
– felvonulás	nincs
– anyagrendelés	nincs
– anyag szállítás	anyag rendelés, felvonulás
– földmunka	felvonulás

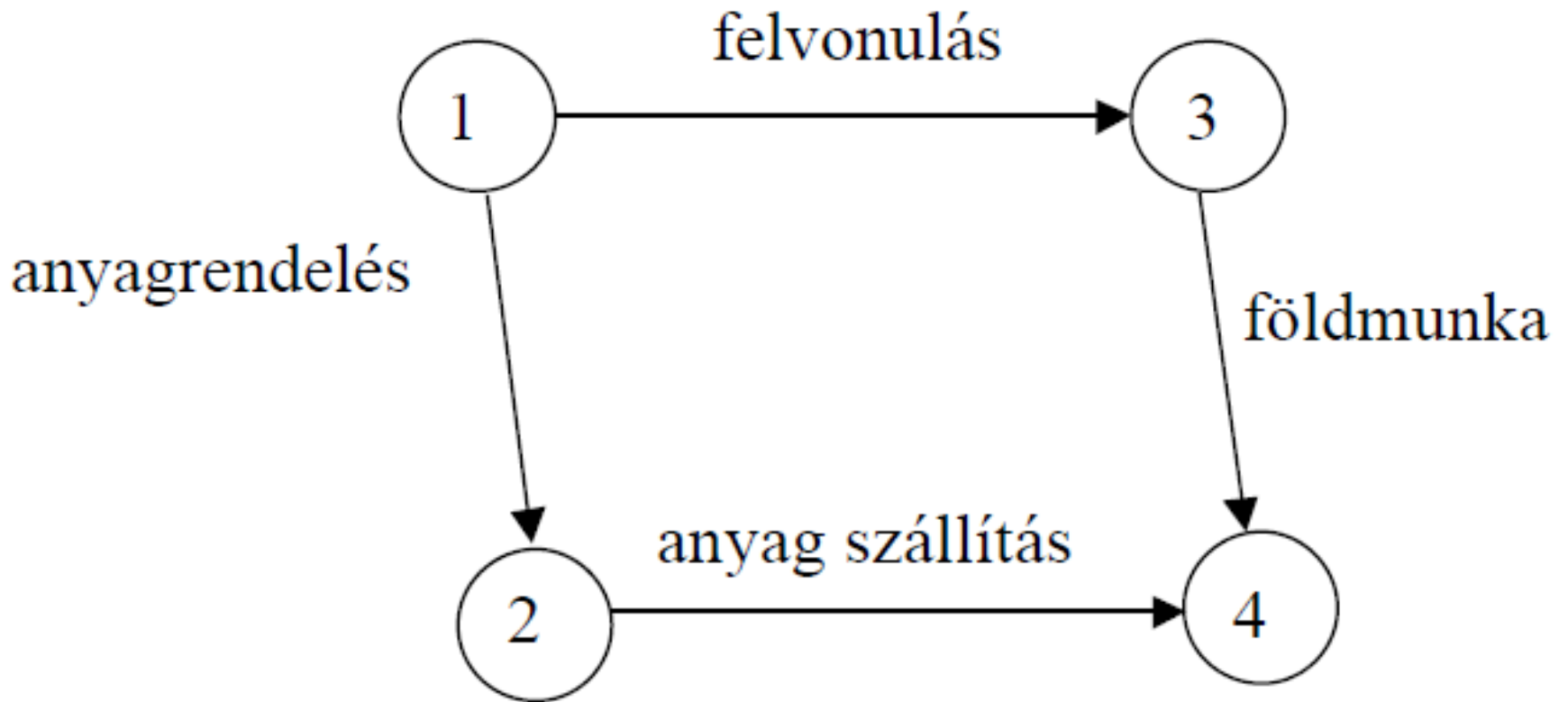
Tevékenység idők meghatározása

- norma, alapján
- műszaki becsléssel
- alvállalkozói ajánlat alapján

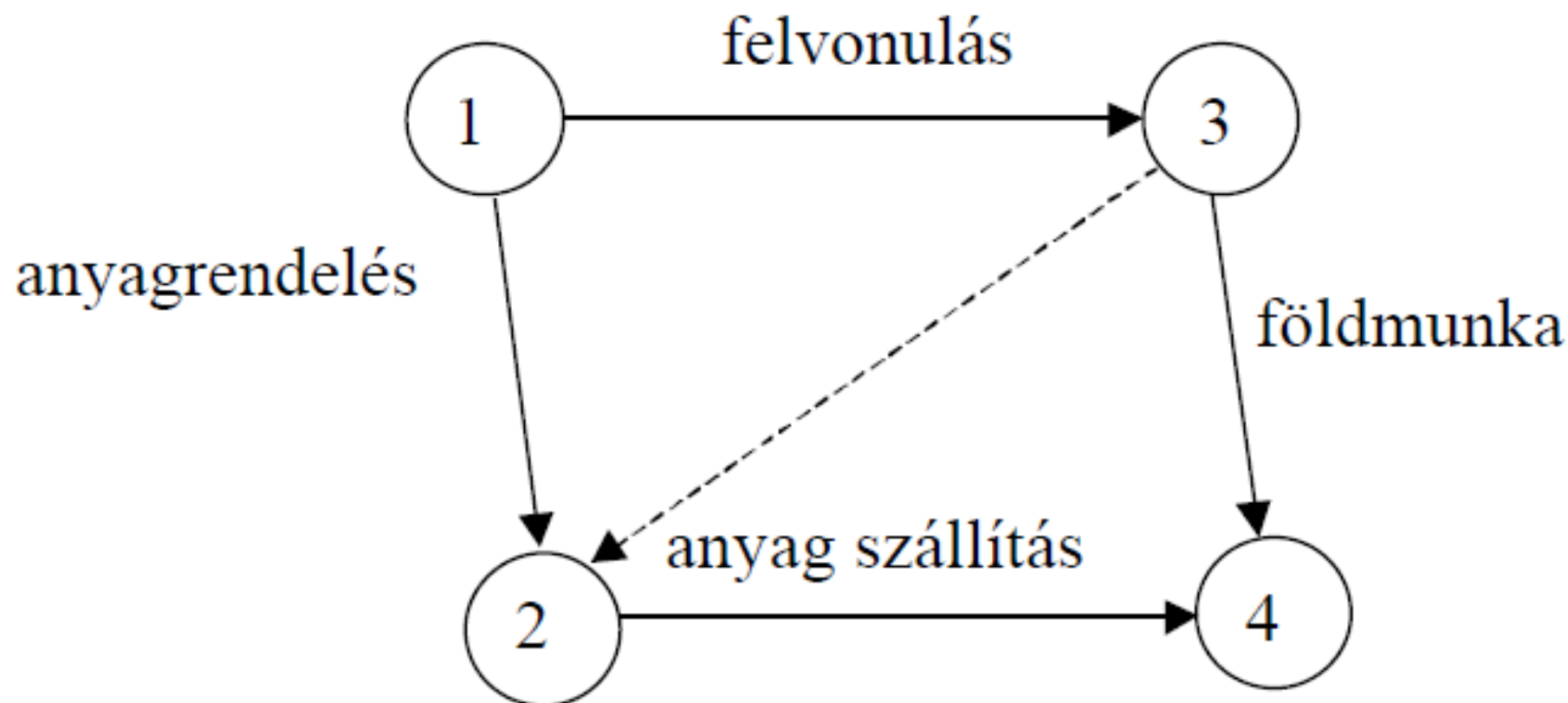
Példa folytatása

- Tevékenységek: tevékenységidő
 - felvonulás 5
 - anyagrendelés 3
 - anyag szállítás 7
 - földmunka 8

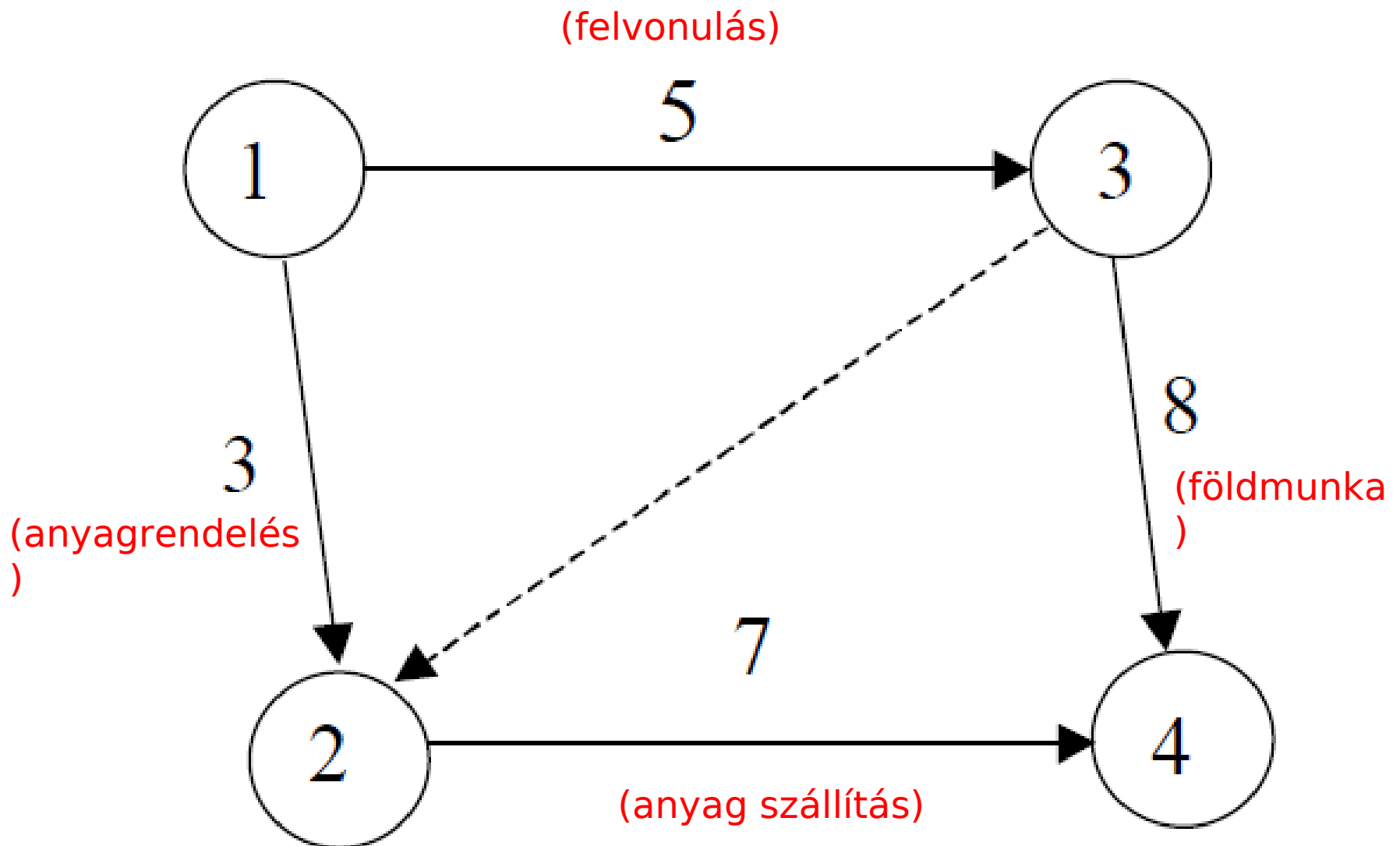
Példa



Látszat tevékenység (Dummy)



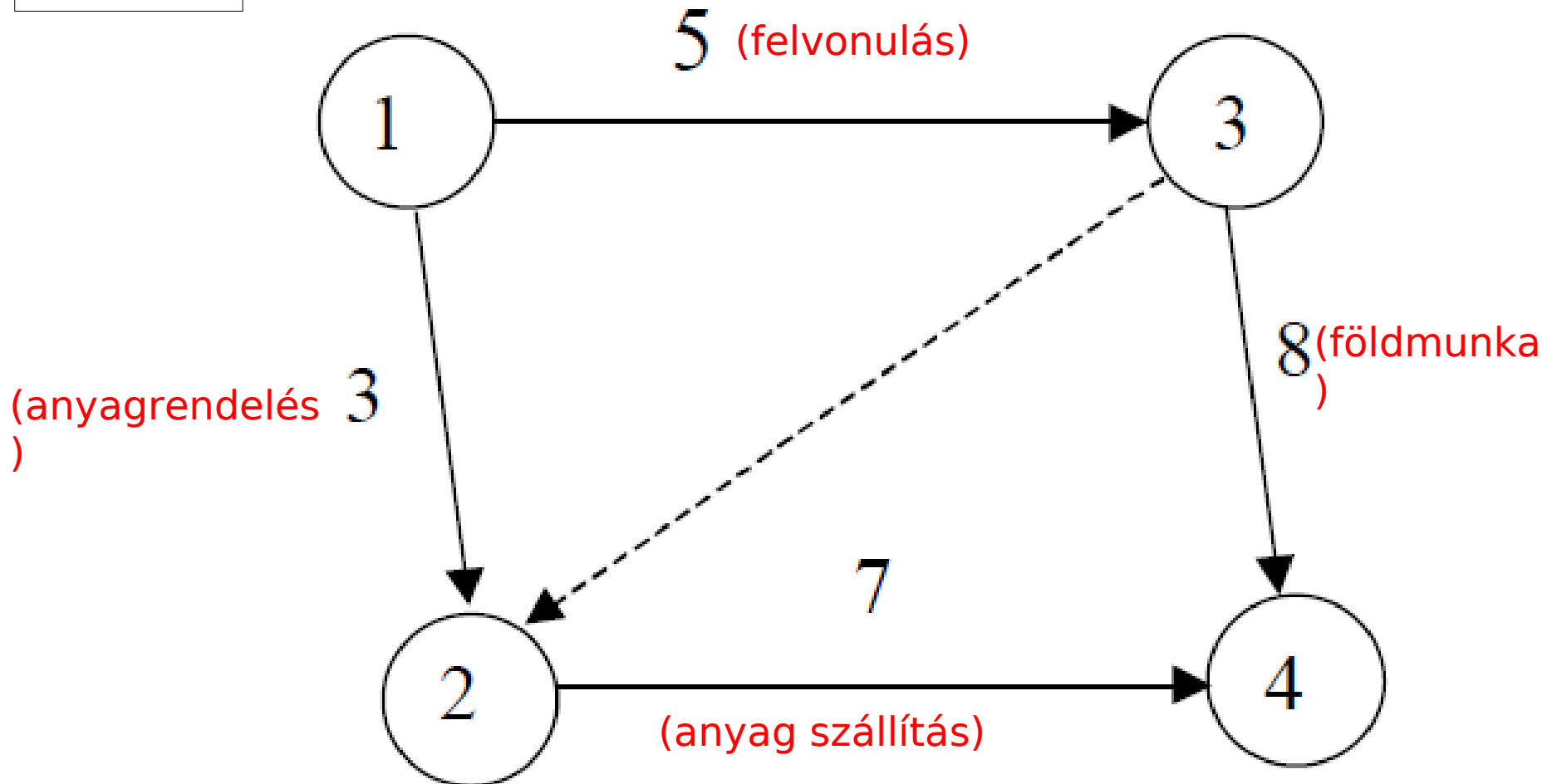
Példa folytatás 1



Példa folytatás 2

Legkorábbi
kezdés **Ei**

→ 0



Példa folytatás 3

$$E_i + T_{ij} = E_j \quad (0 + 5 = 5)$$

Legkorábbi
kezdés E_i

0

Legkorábbi
befejezés E_j

5

5 (felvonulás)

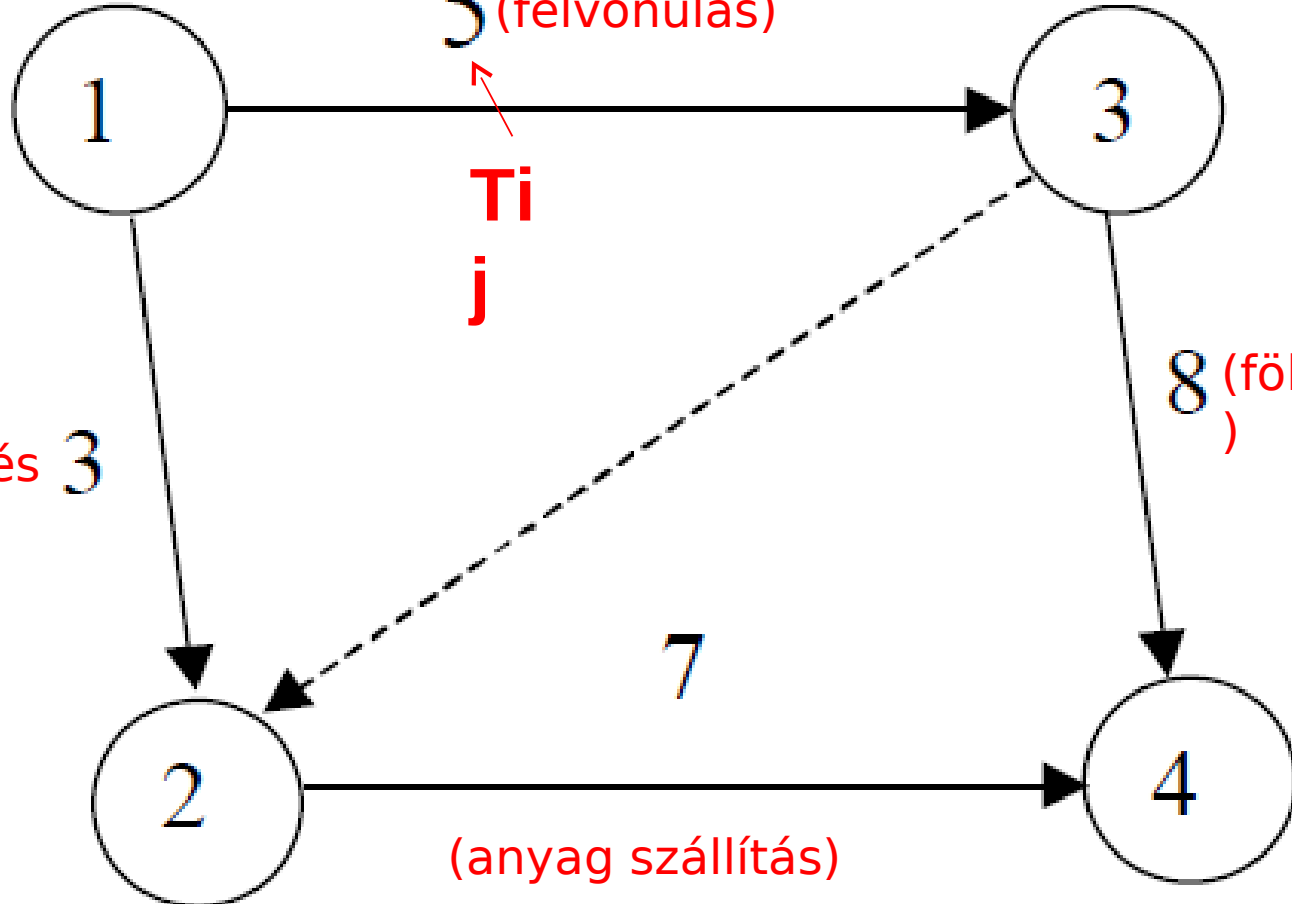
T_{ij}

(anyagrendelés 3)

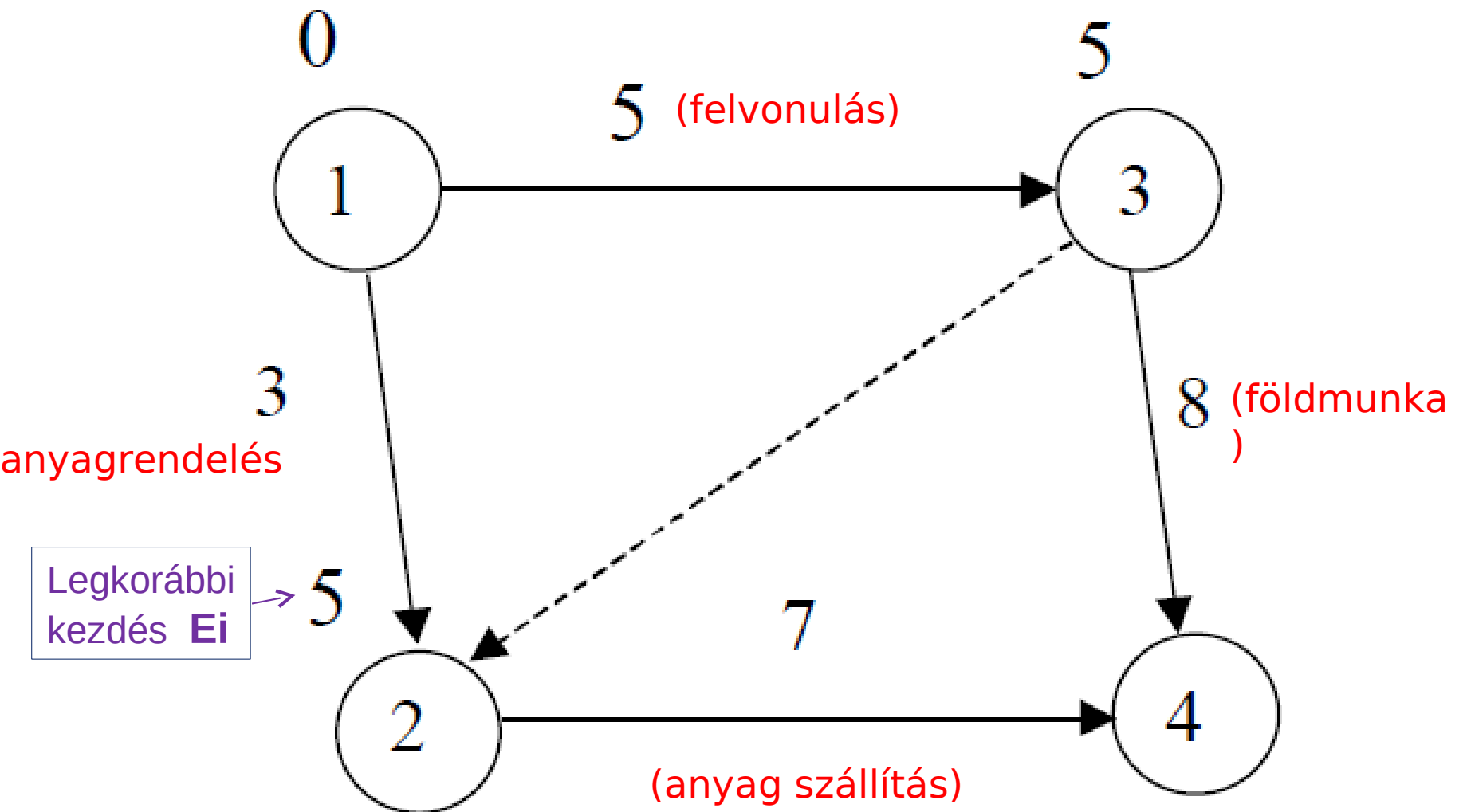
8 (földmunka)

7

(anyag szállítás)

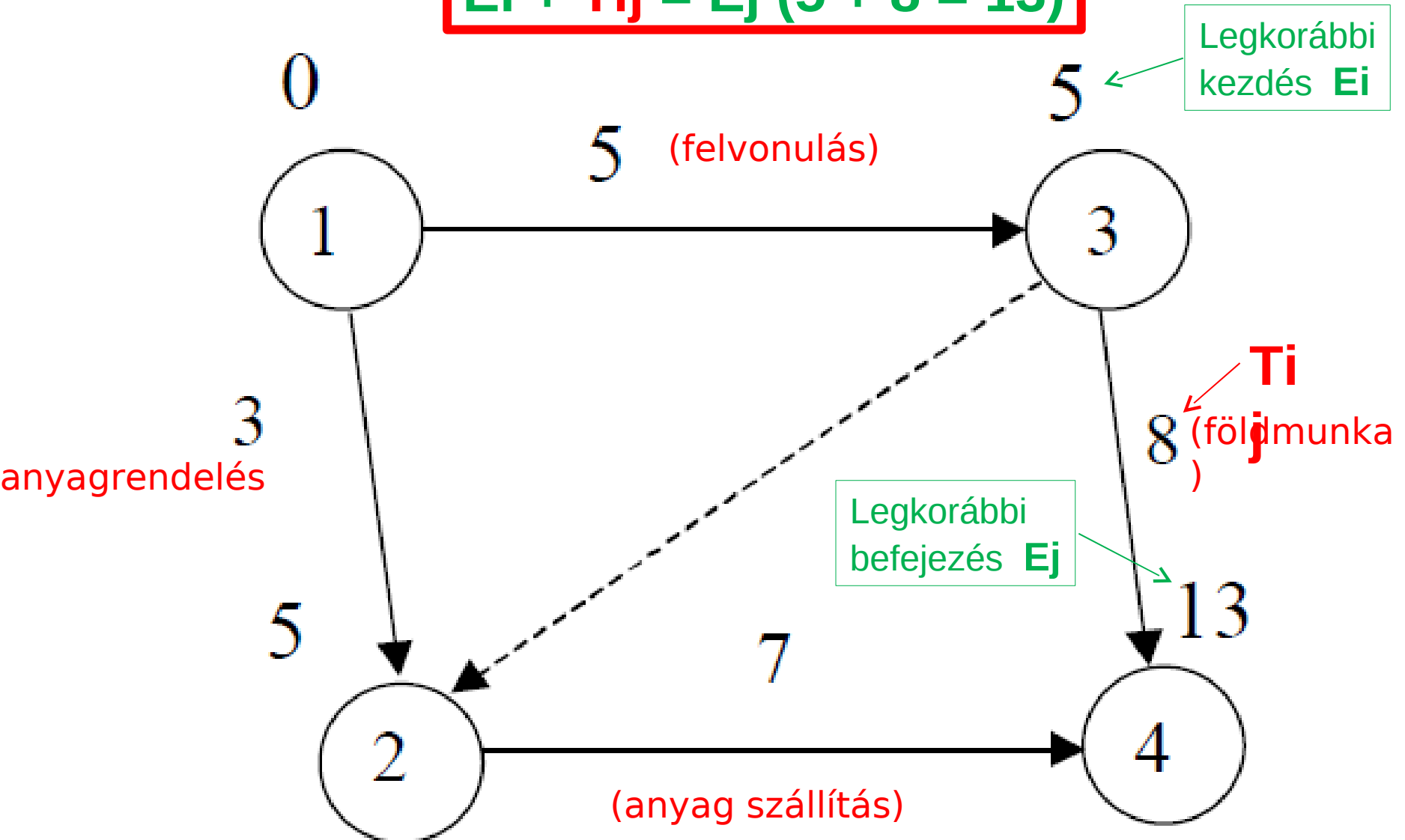


Példa folytatás 4

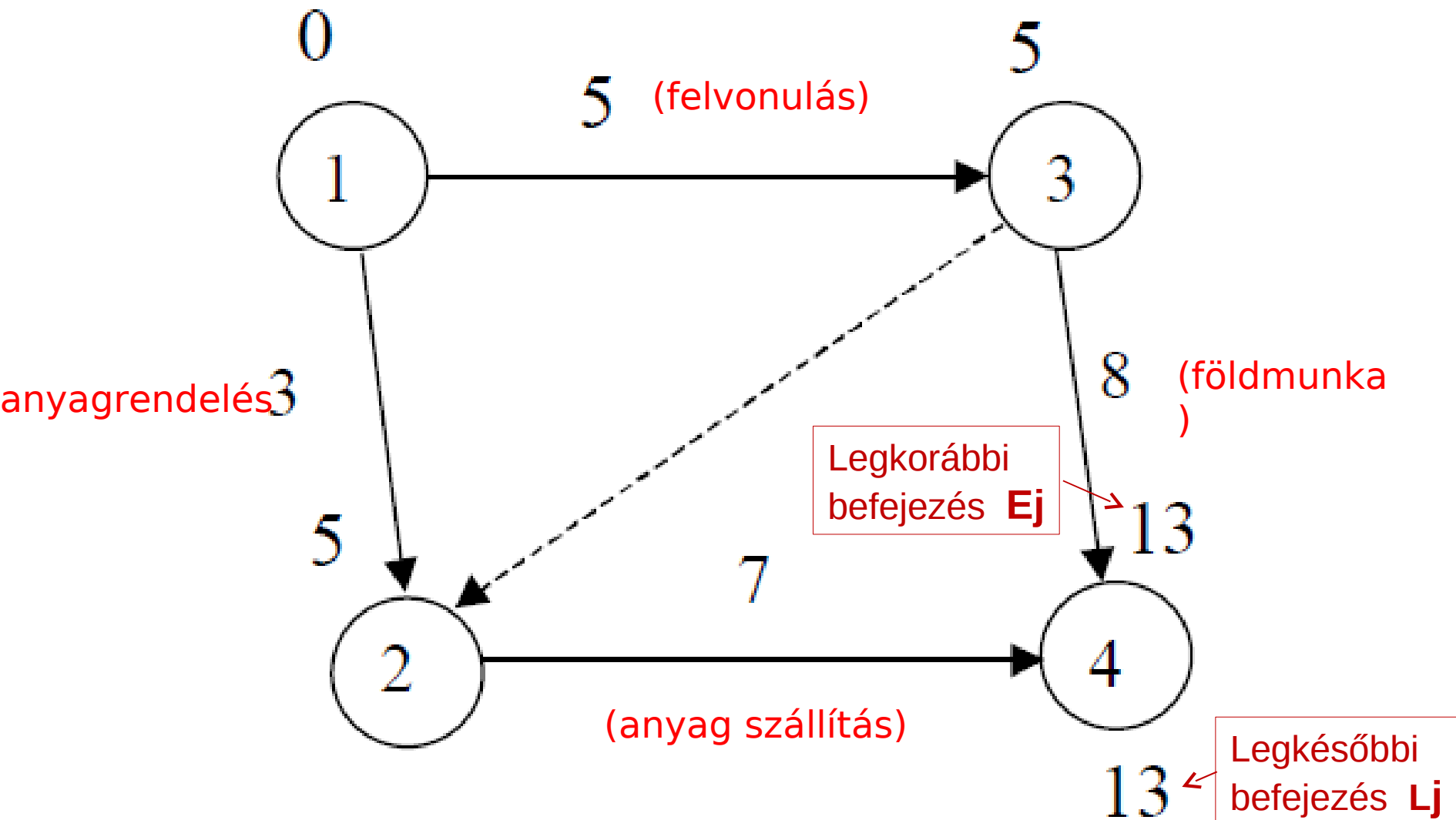


Példa folytatás 5

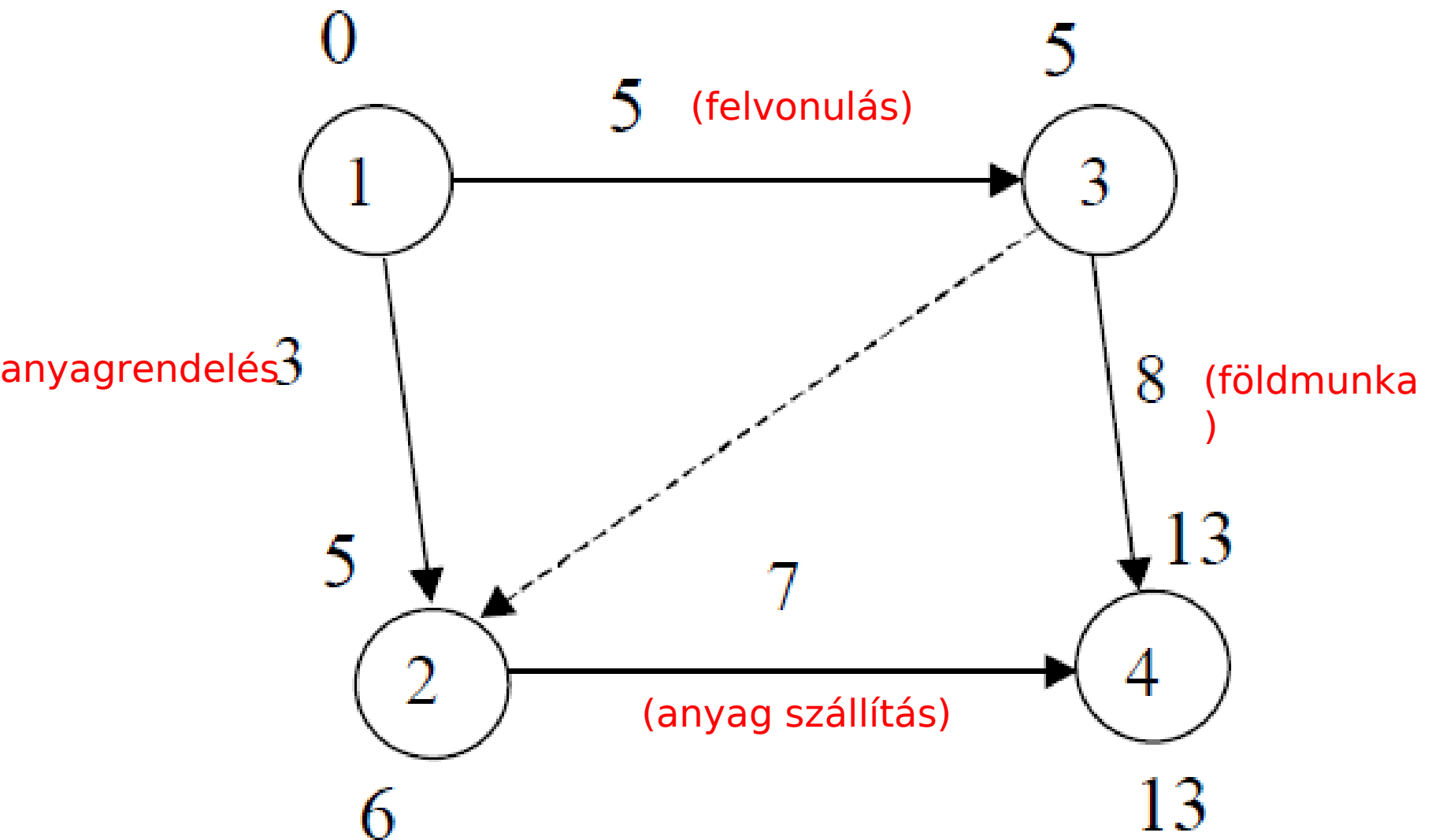
$$E_i + T_{ij} = E_j \quad (5 + 8 = 13)$$



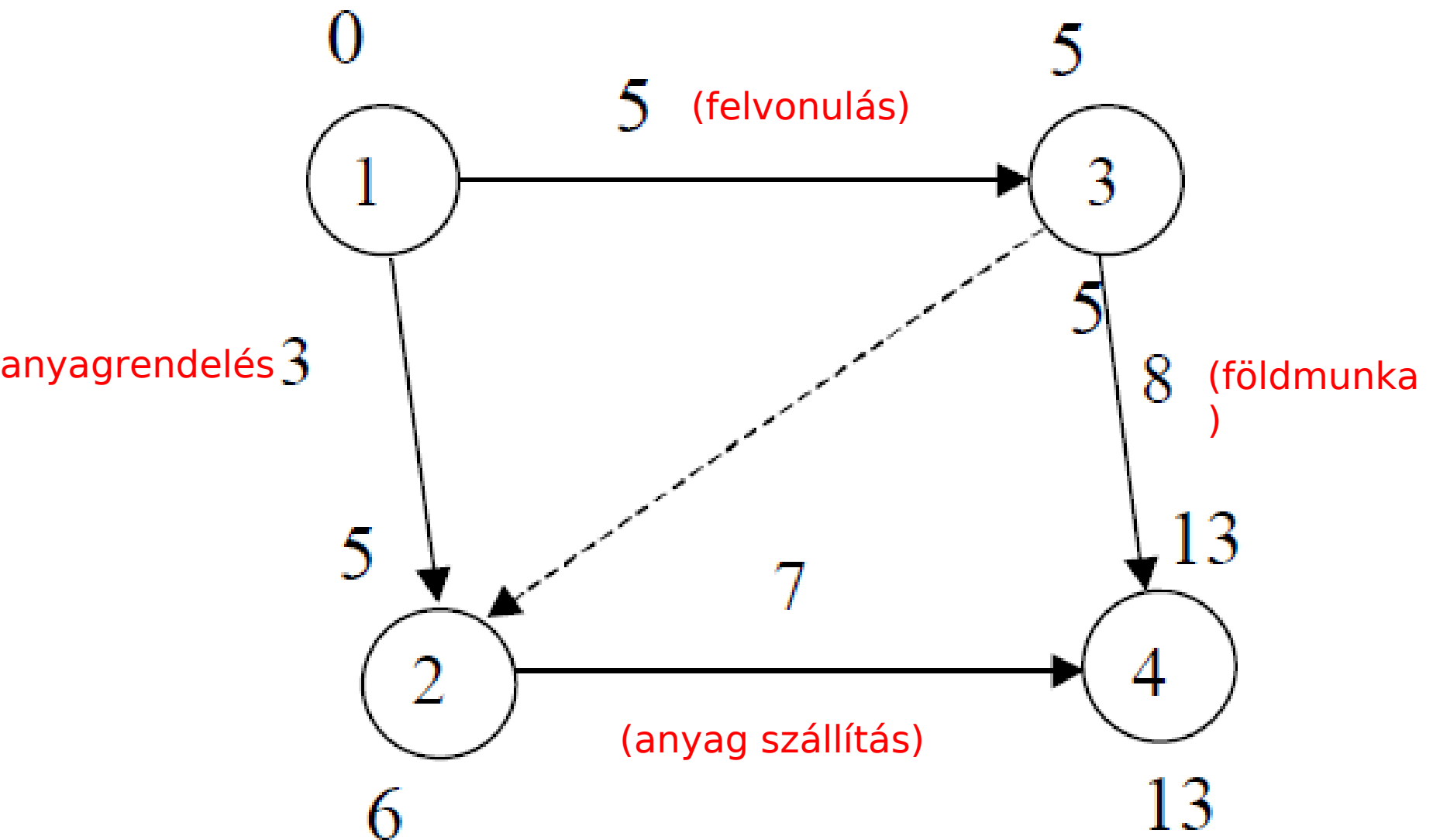
Példa folytatás 6



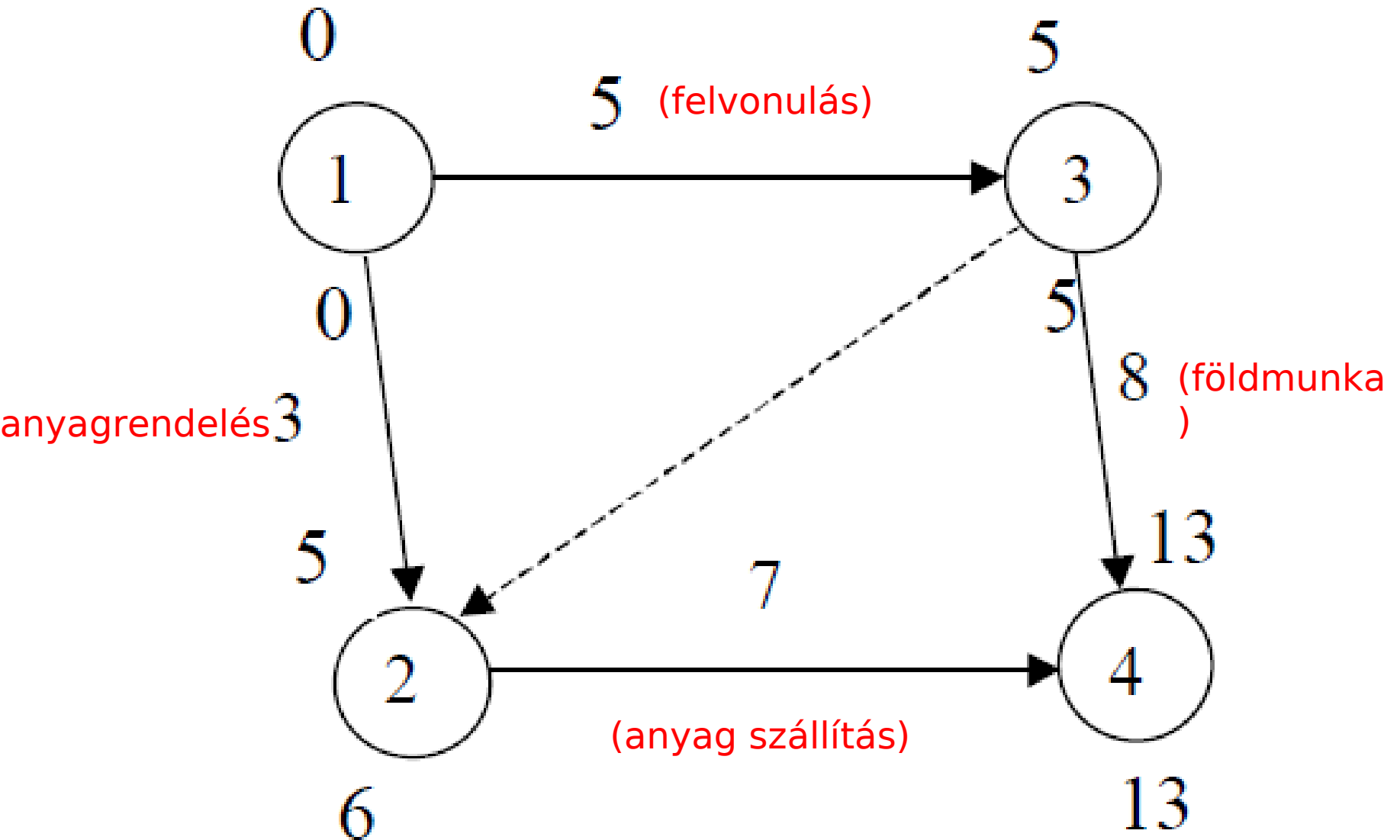
Példa folytatás 7



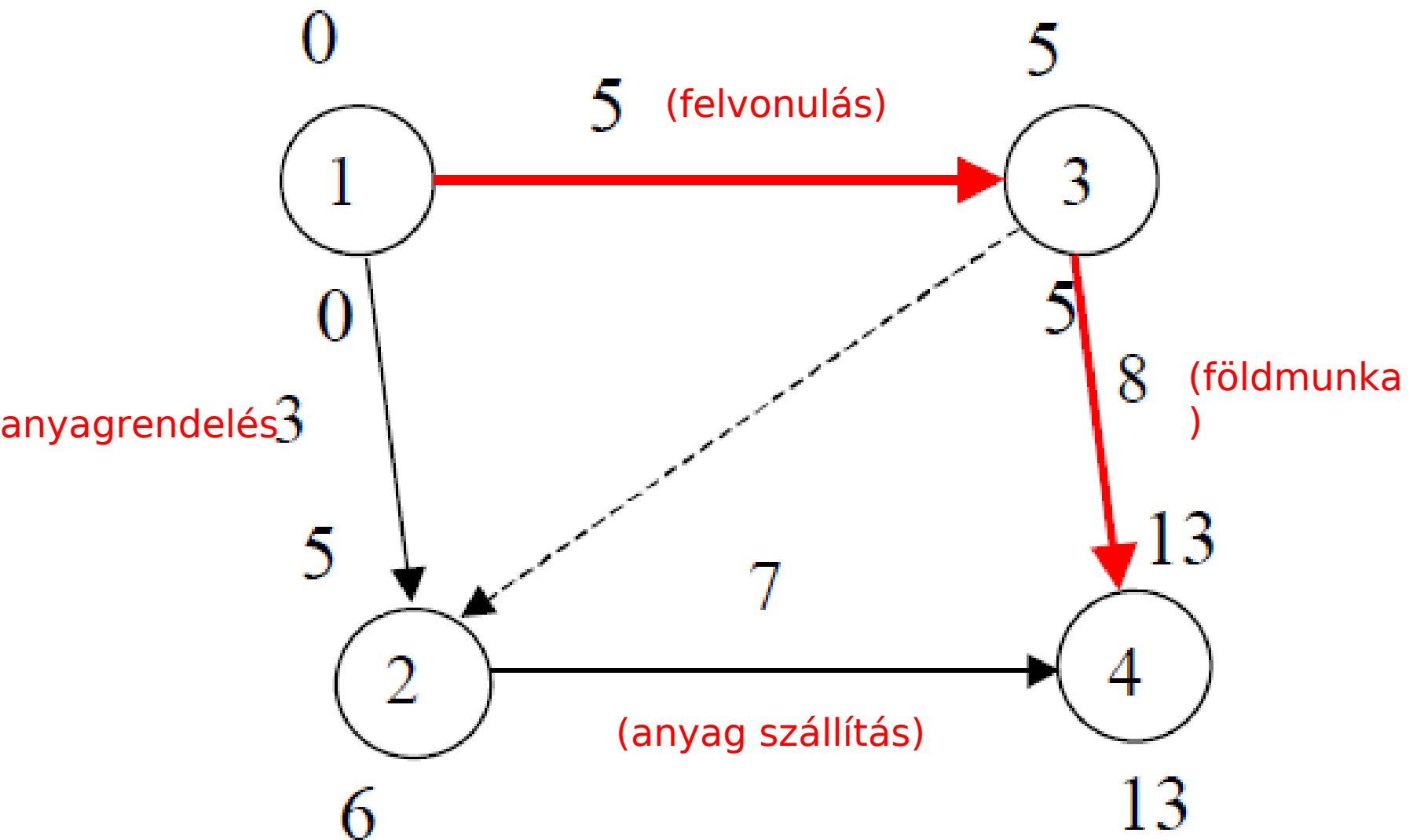
Példa folytatás 8



Példa folytatás 9



Példa folytatás 10



Példa folytatás 11.

• Tev.	ES	EF	Tev.	LF	LS	Teljes tartalékidő
• 1-2	0	3	3	6	0	3
• 1-3	0	5	5	5	0	0
• 2-4	5	12	7	13	6	1
• 3-4	5	13	8	13	5	0

Teljes tartalékidő = $LF - Tev. - ES$? 0

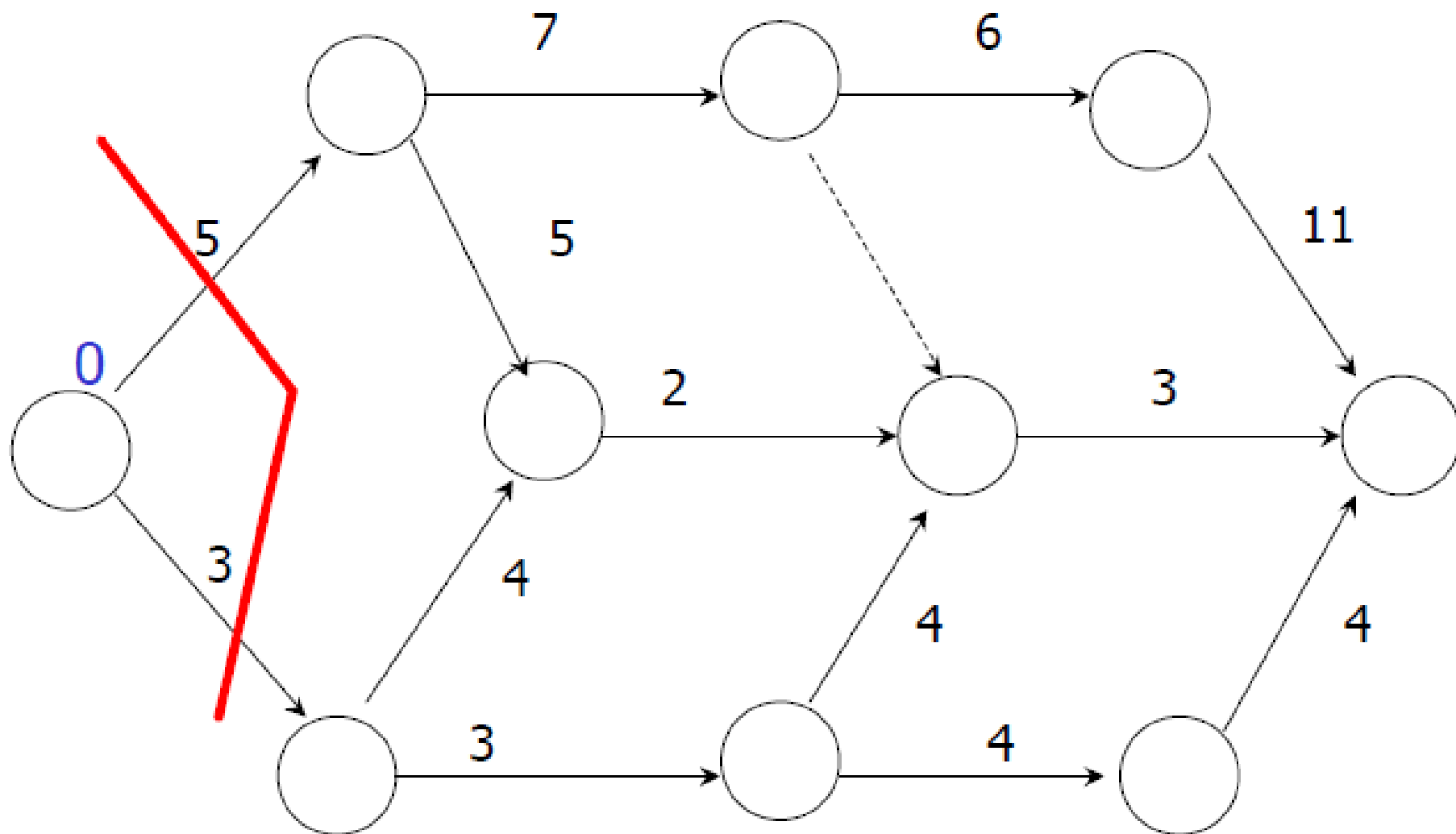
A CPM háló időanalízise

- Időelemzés
 - Forward Pass “Odafele számolás”
 - cél: a tevékenységek legkorábbi kezdési és befejezési idejének számítása
 - minimális átfutási idő számítása
 - Backward Pass “Visszafele számolás”
 - cél: a tevékenységek legkésőbbi kezdési és befejezési idejének számítása

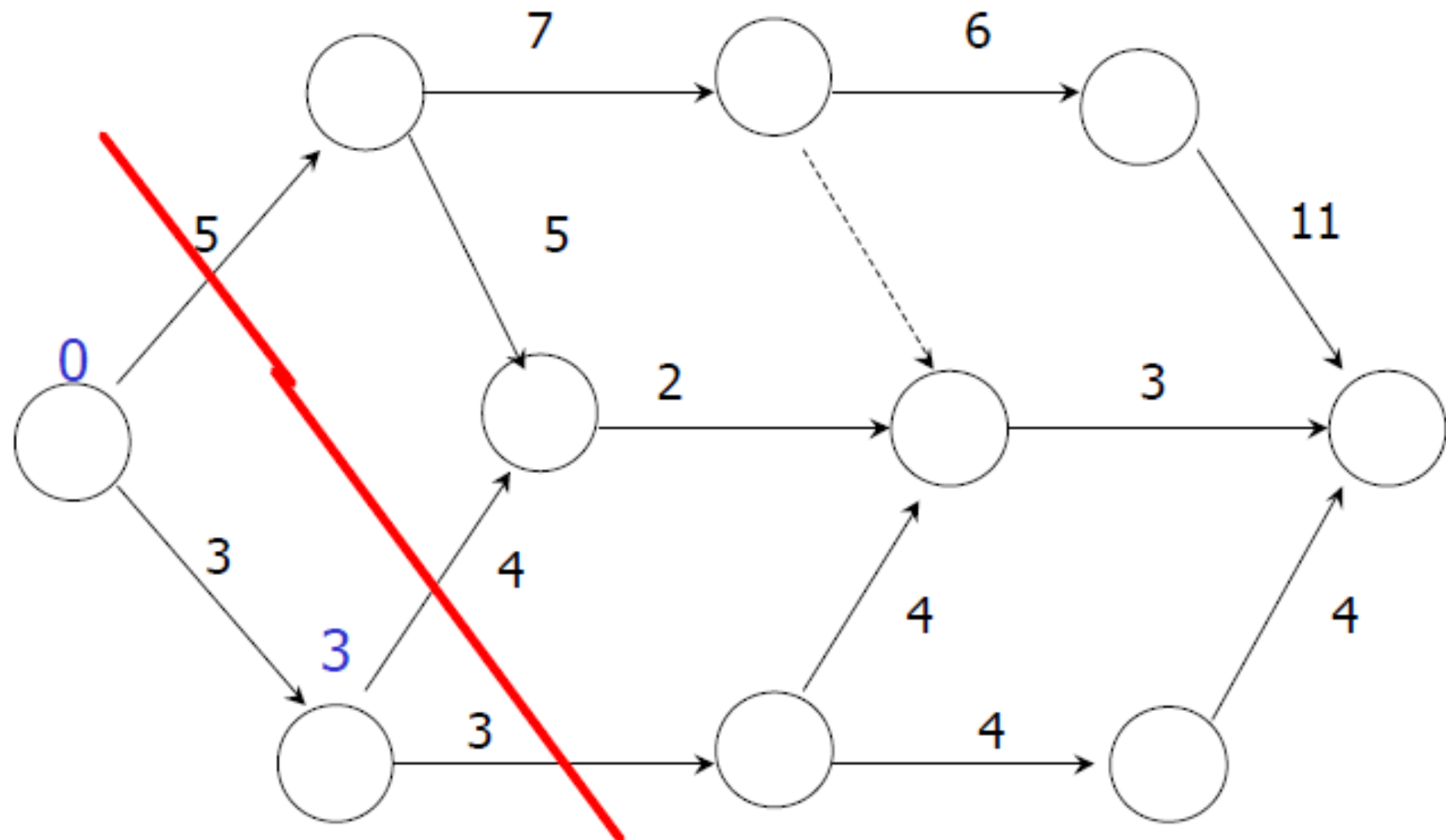
Forward Pass

- Start, Terminal halmaz (S ismert, T ismeretlen) S? T?N
- cél: S bővítése minden lépésben
- Ha S? N akkor vége
- Minden lépésben az adott csomópontig a start pontból leghosszabb utat keressük

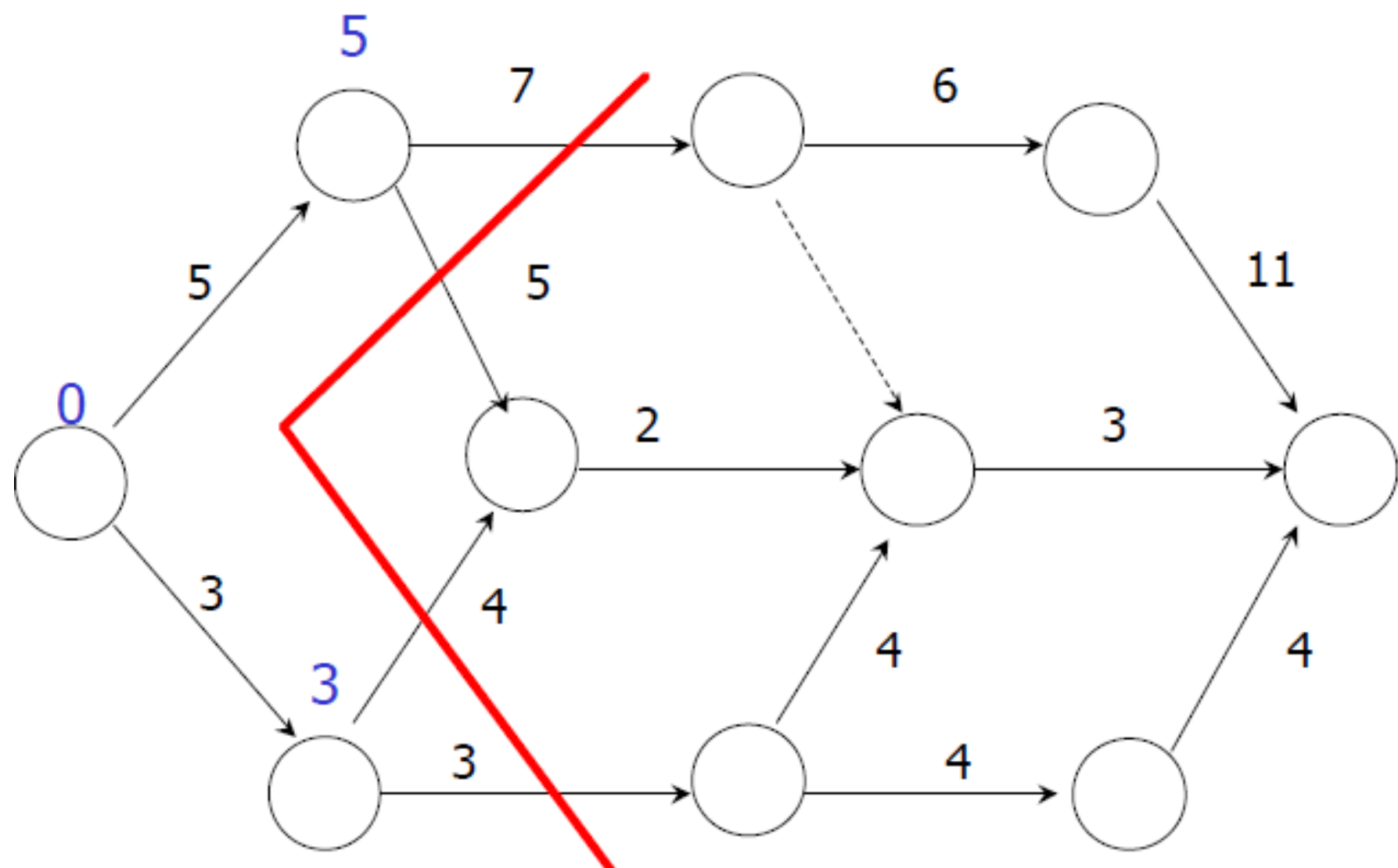
Példa



Példa Fw. folytatás 2

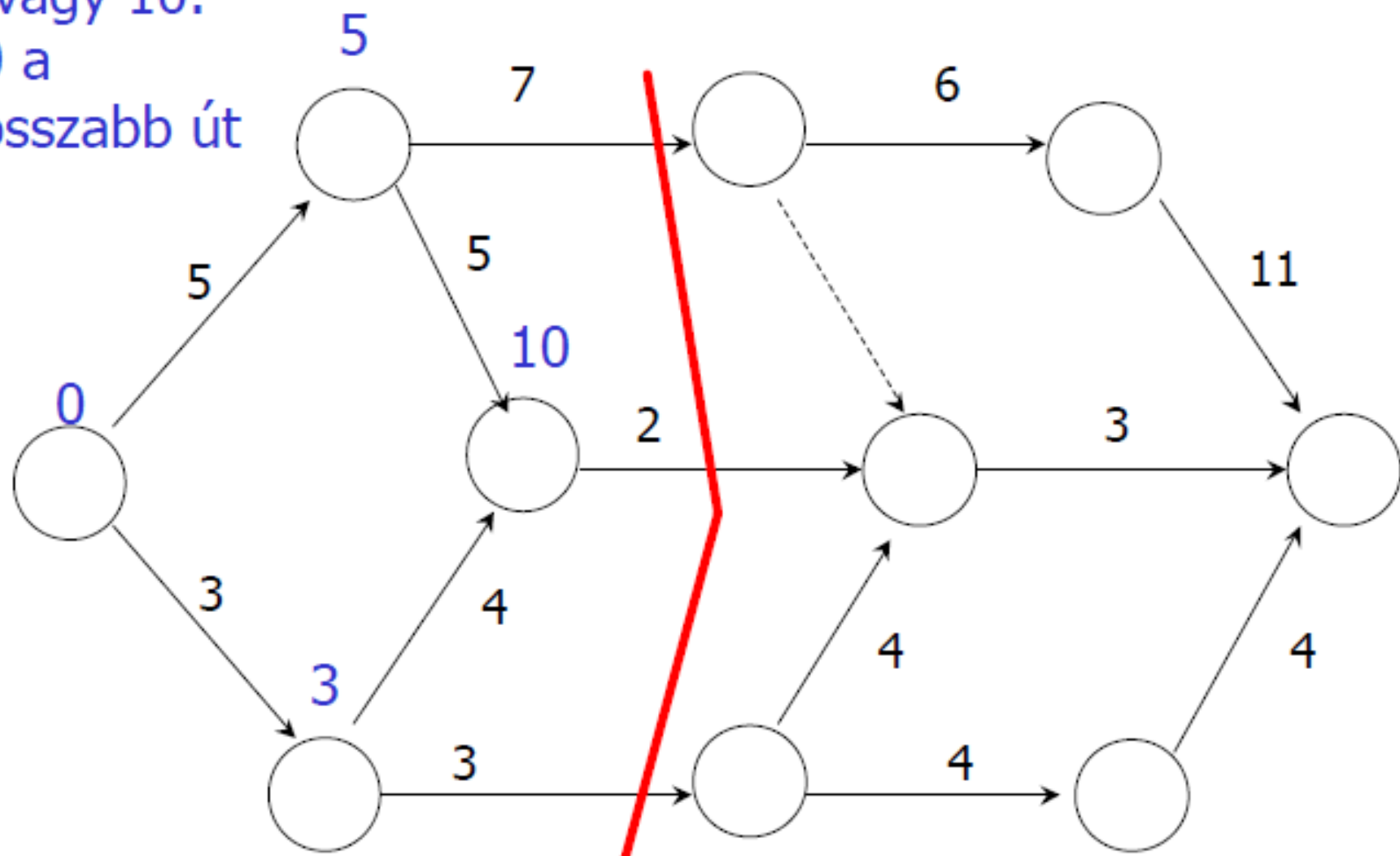


Példa Fw. folytatás 3

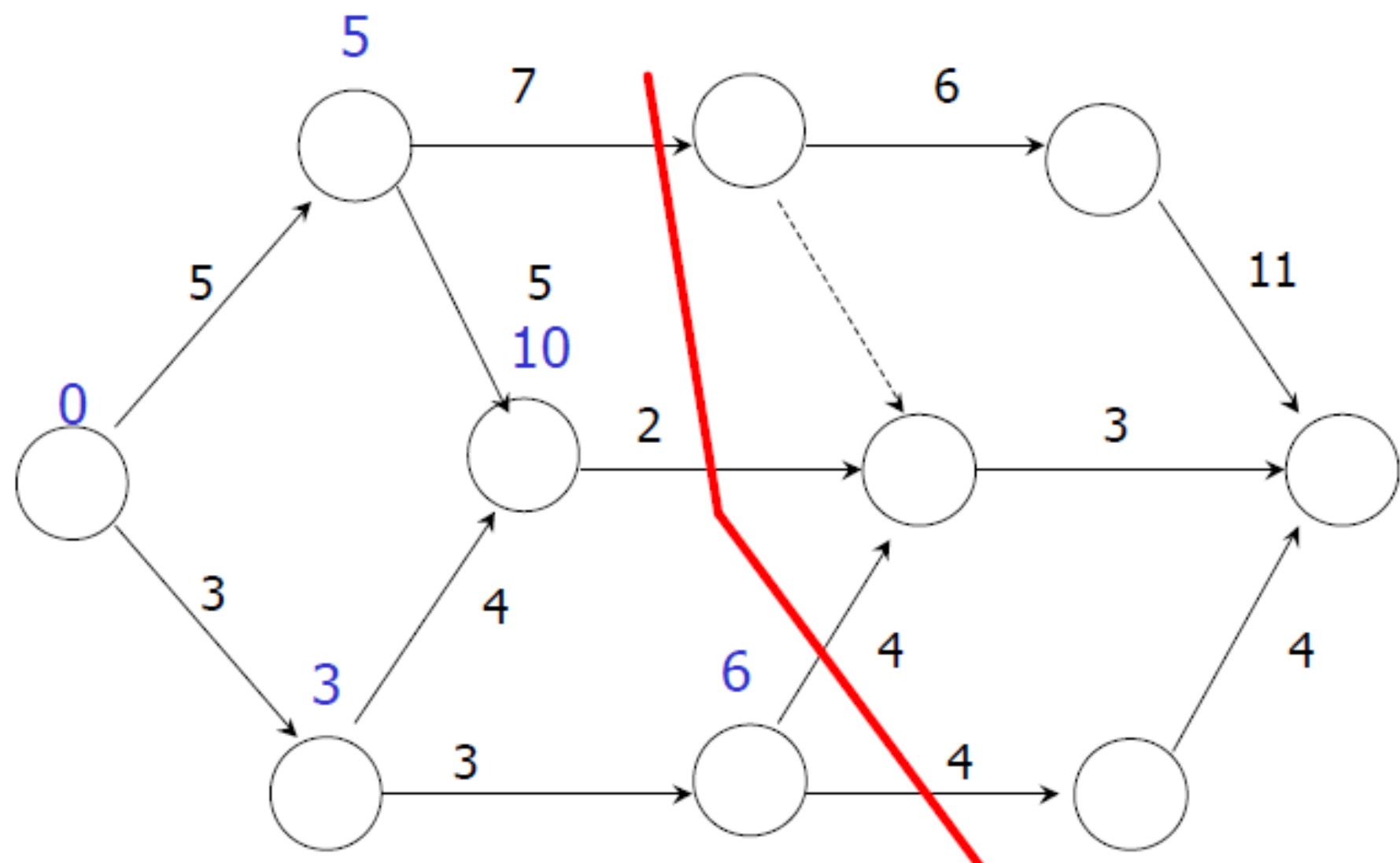


Példa Fw. folytatás 4

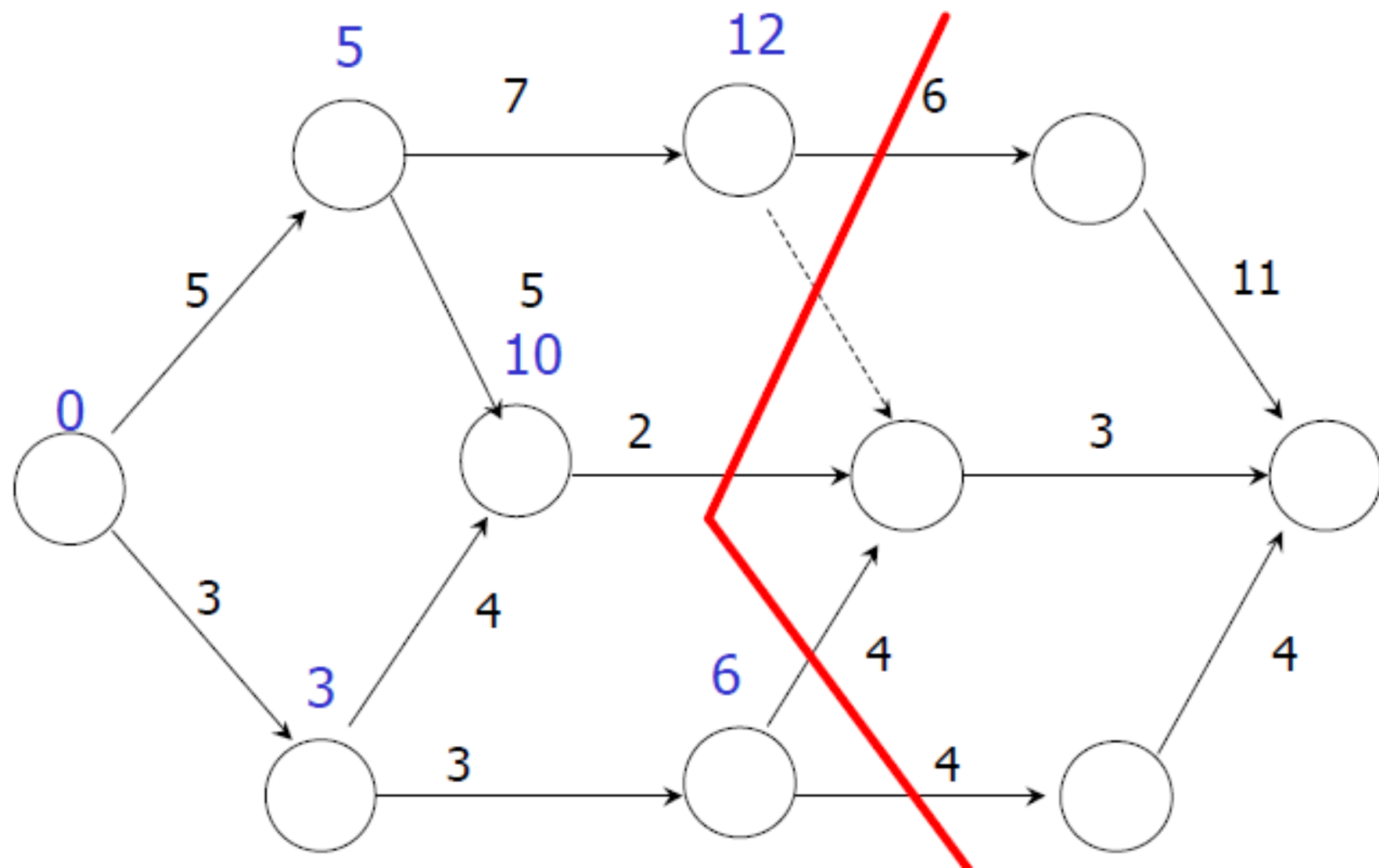
7 vagy 10:
10 a
hosszabb út



Példa Fw. folytatás 5



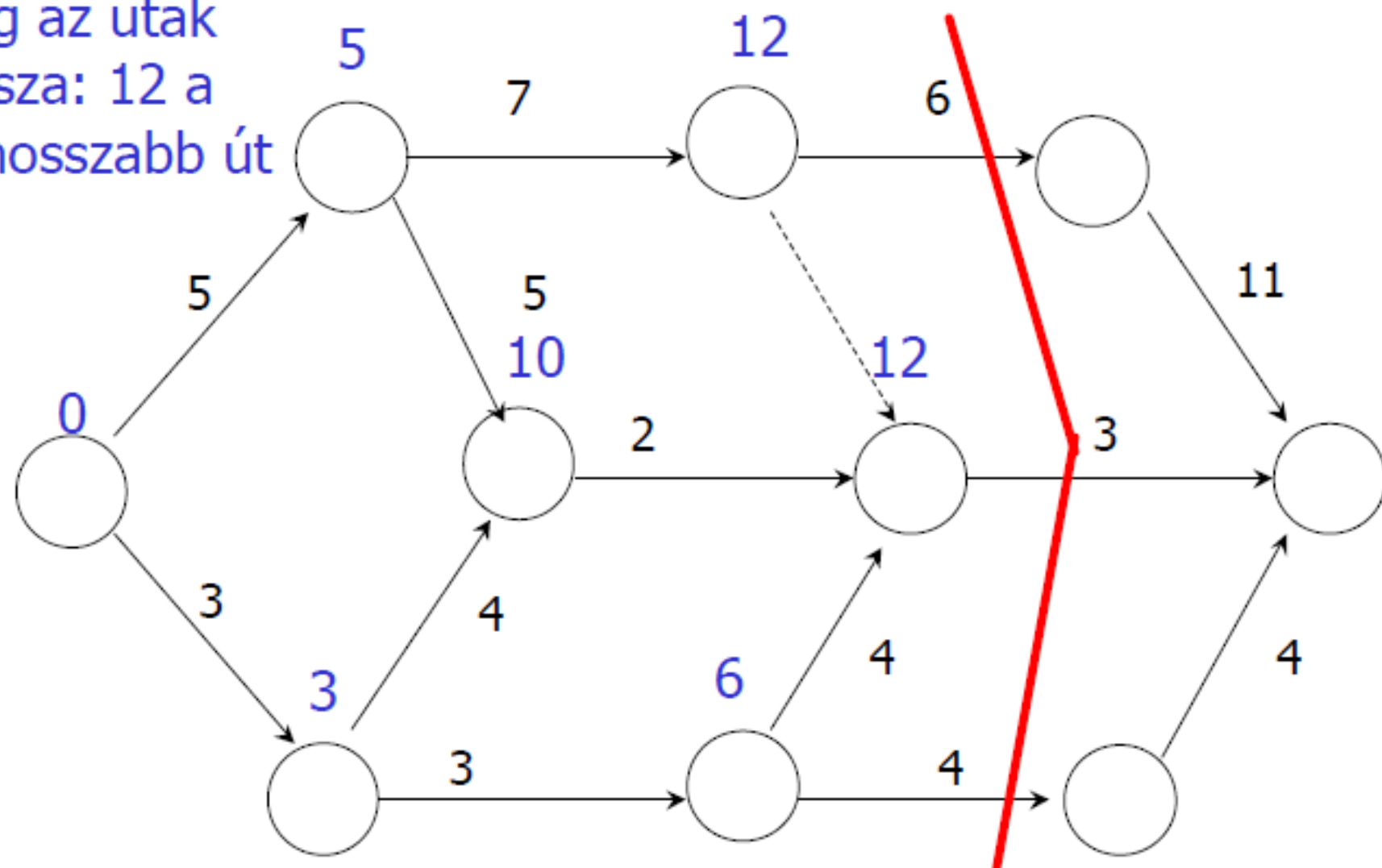
Példa Fw. folytatás 6



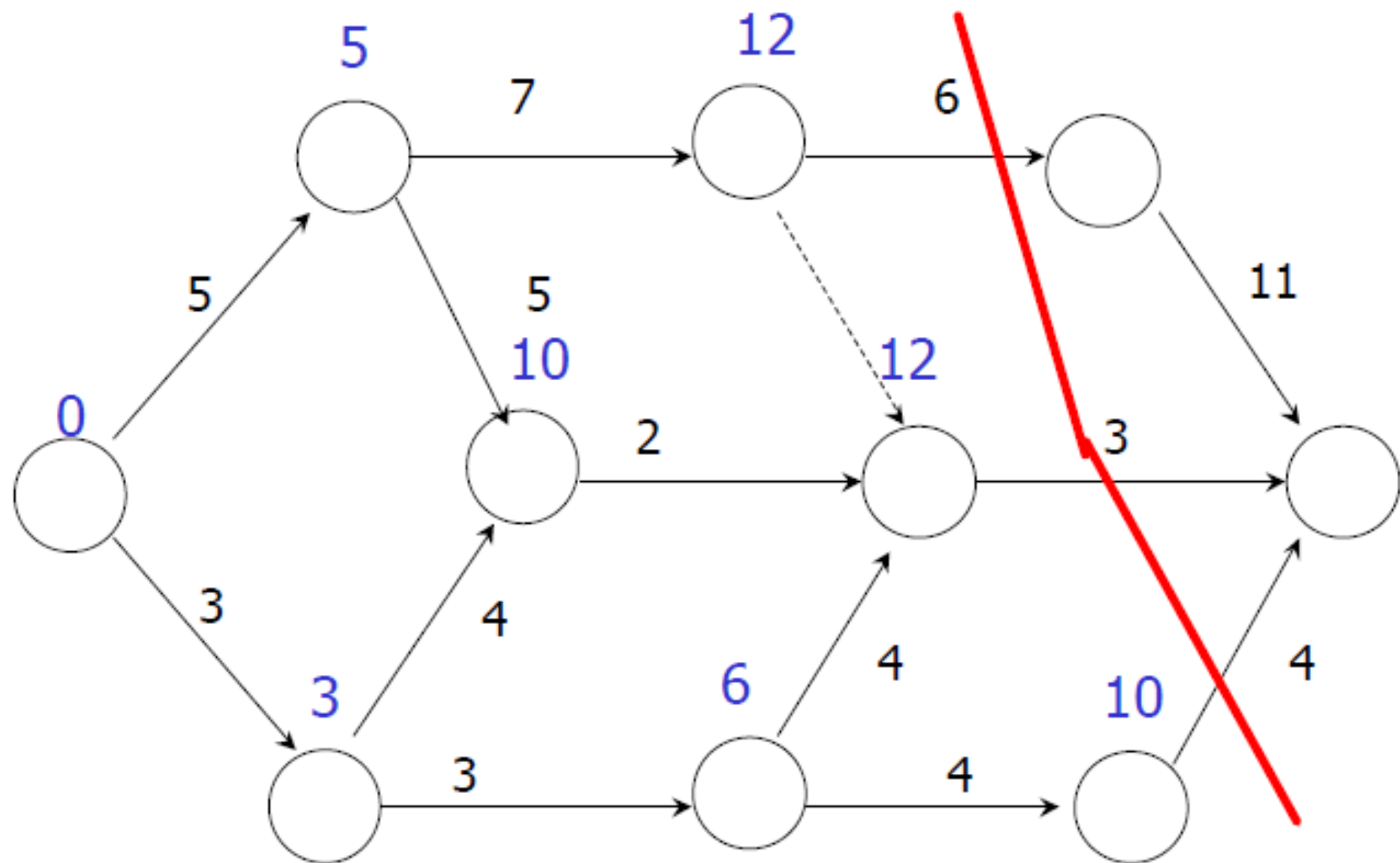
10/12/12

idáig az utak
hossza: 12 a
leghosszabb út

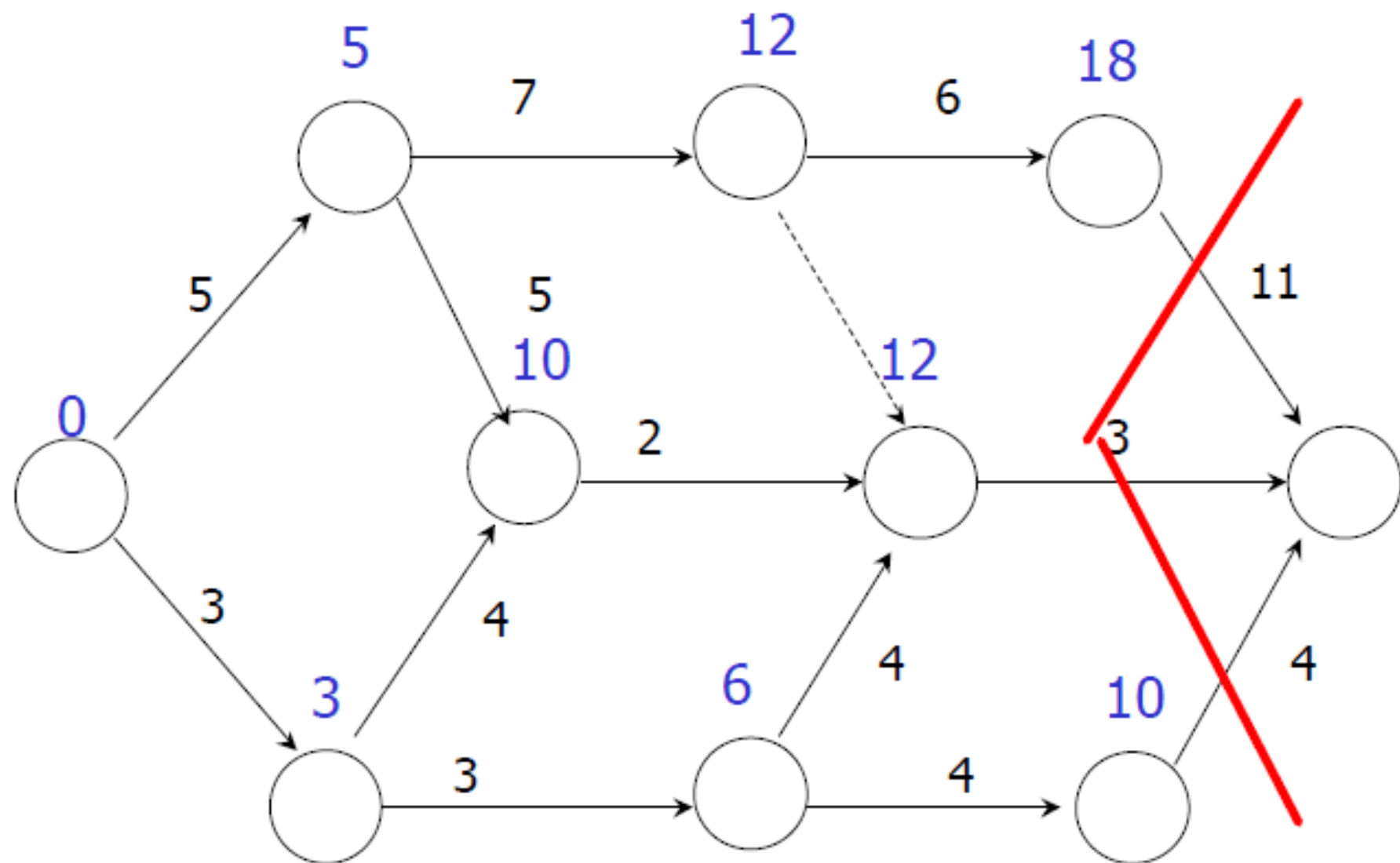
Példa Fw. folytatás 7



Példa Fw. folytatás 8

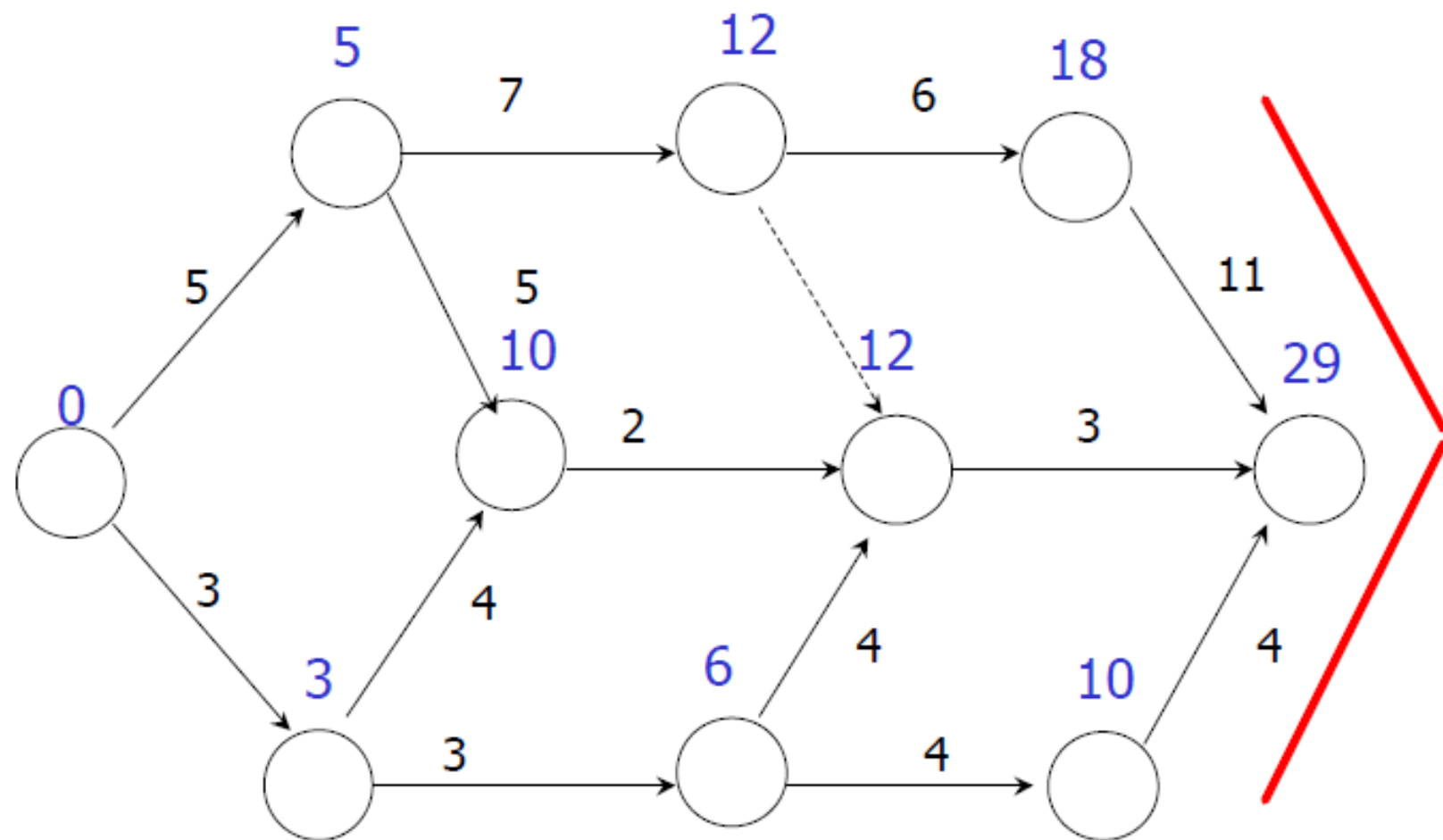


Példa Fw. folytatás 9



14/15/29 idáig az
utak hossza: 29 a
leghosszabb út,
egyben az átfutási
ido

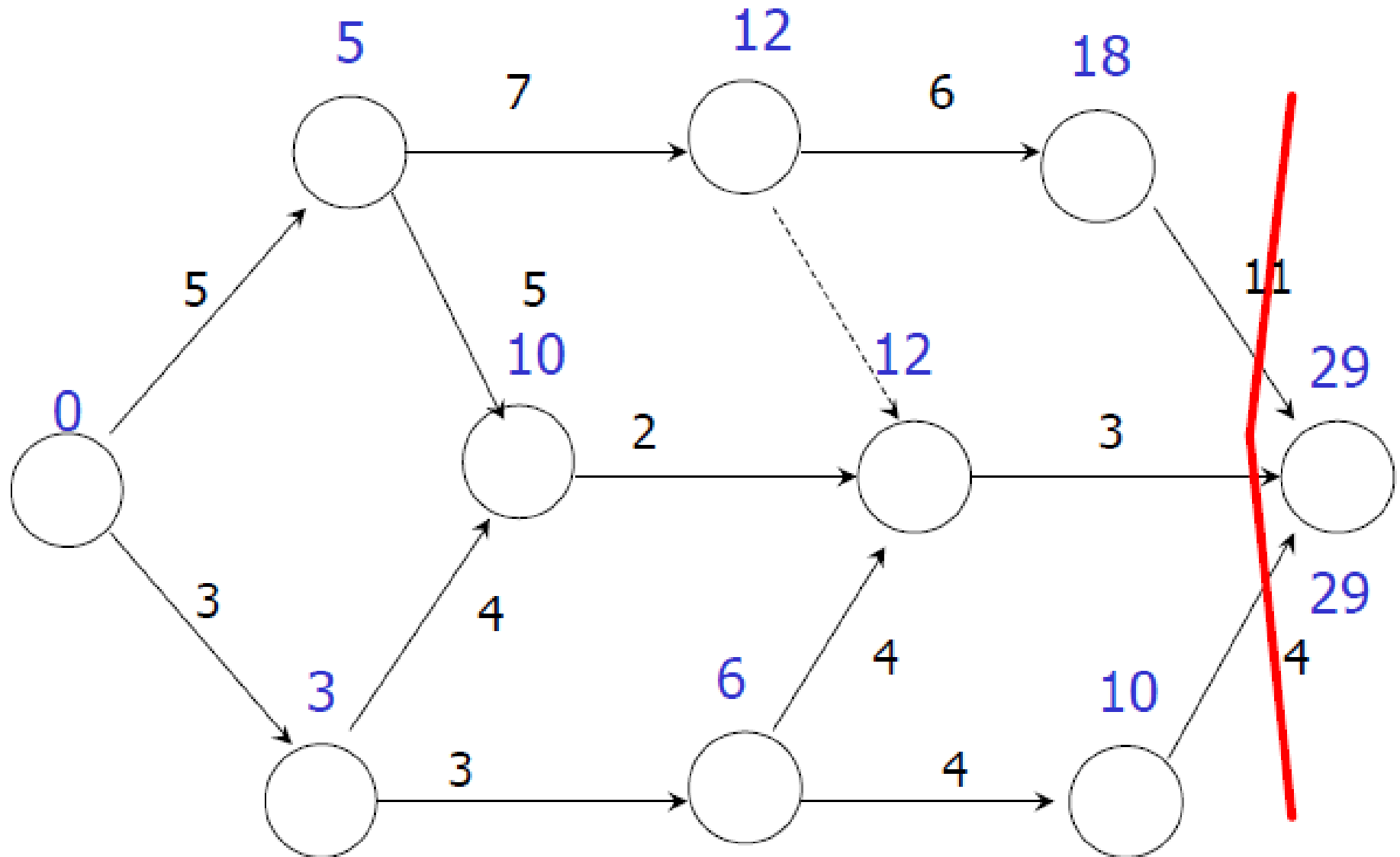
Példa Fw. folytatás 10



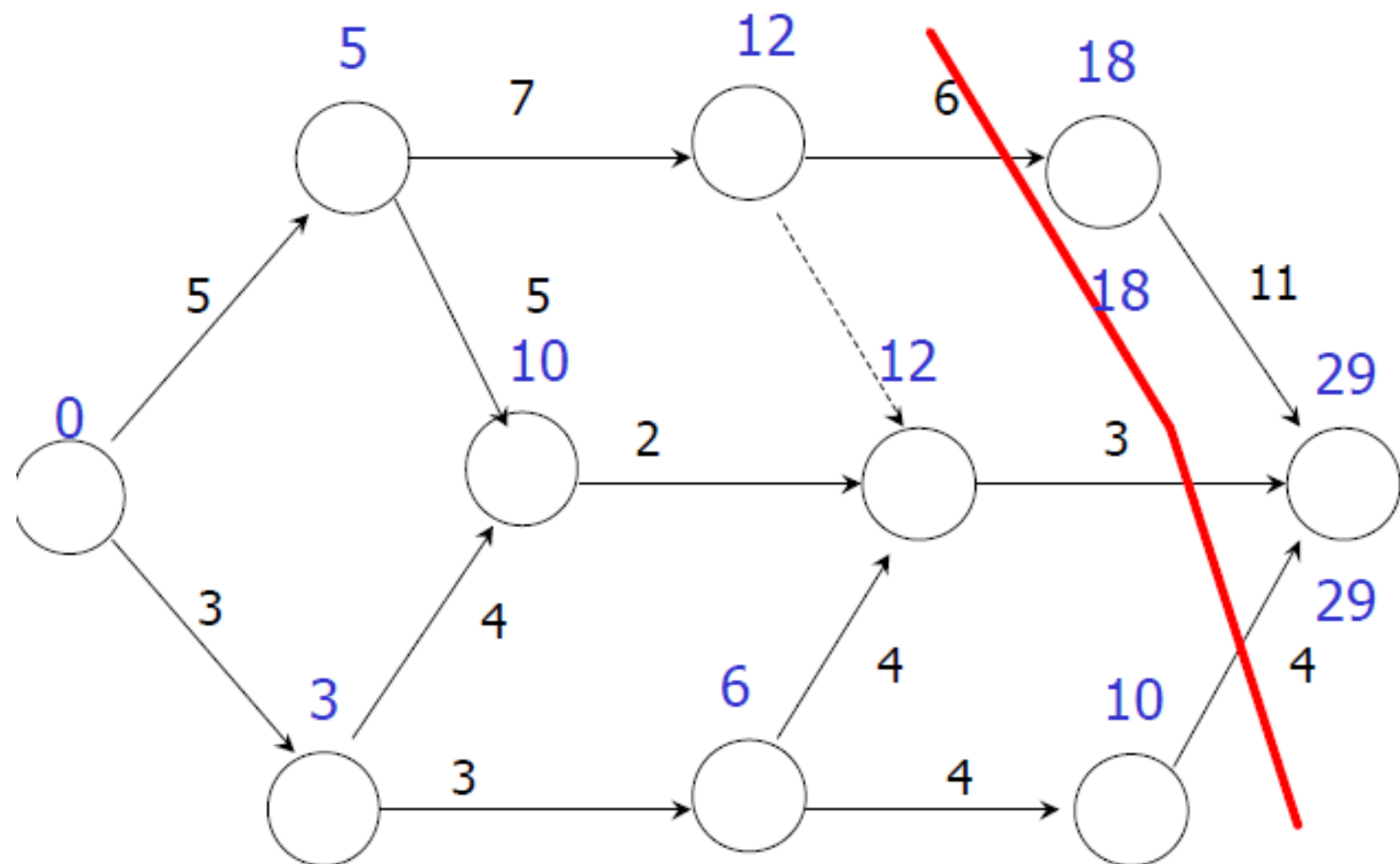
Backward Pass

- Start, Terminal halmaz (T ismert, S ismeretlen) $S? T? N$
- cél: T bővítése minden lépésben
- Ha $S? N$ akkor vége
- cél: T bővítése
- Ha $T? N$ akkor vége
- Minden lépésben a legkésőbbi bekövetkezési időpontot keressük

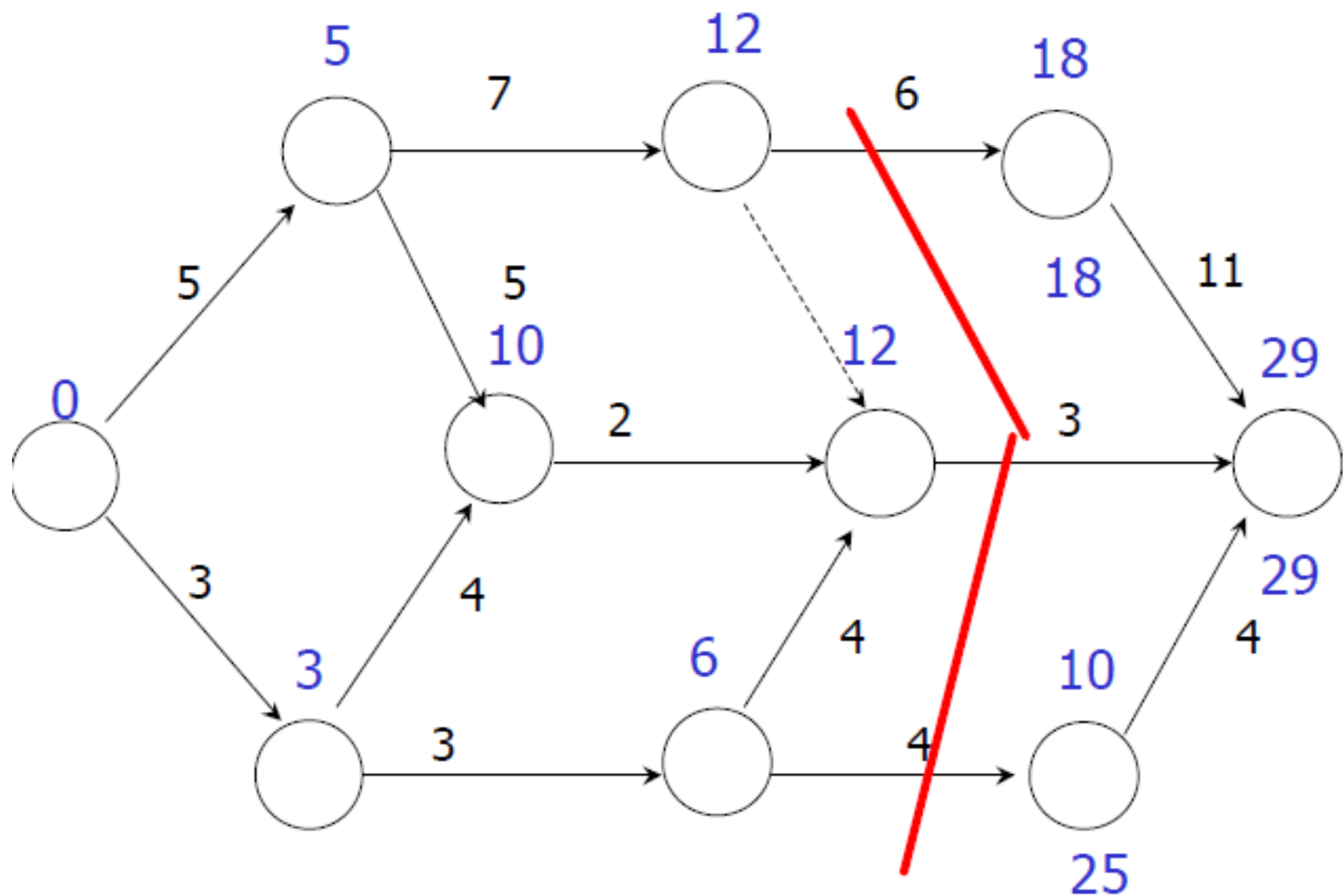
Példa Bw.



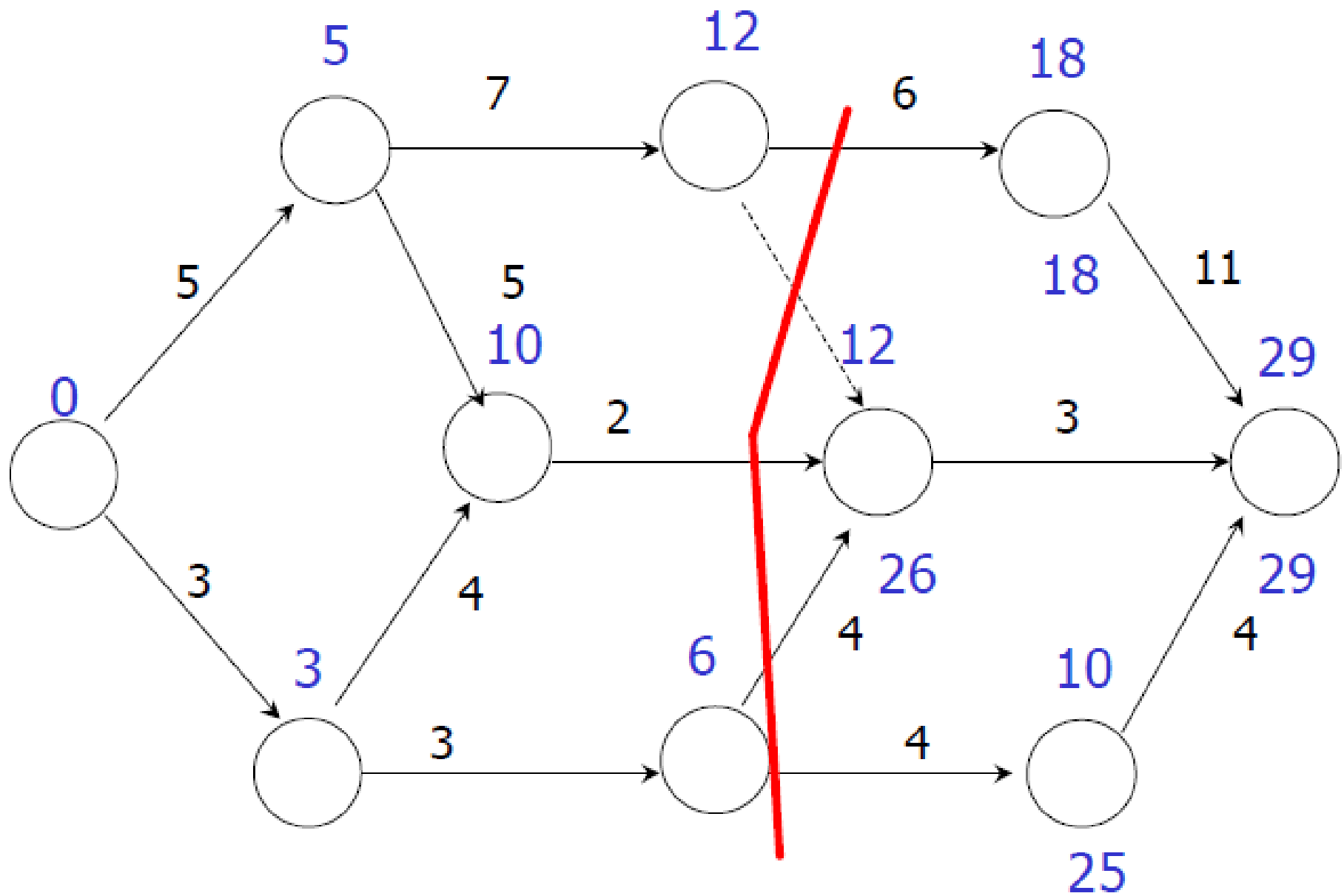
Példa Bw.folytatás 1



Példa Bw.folytatás 2

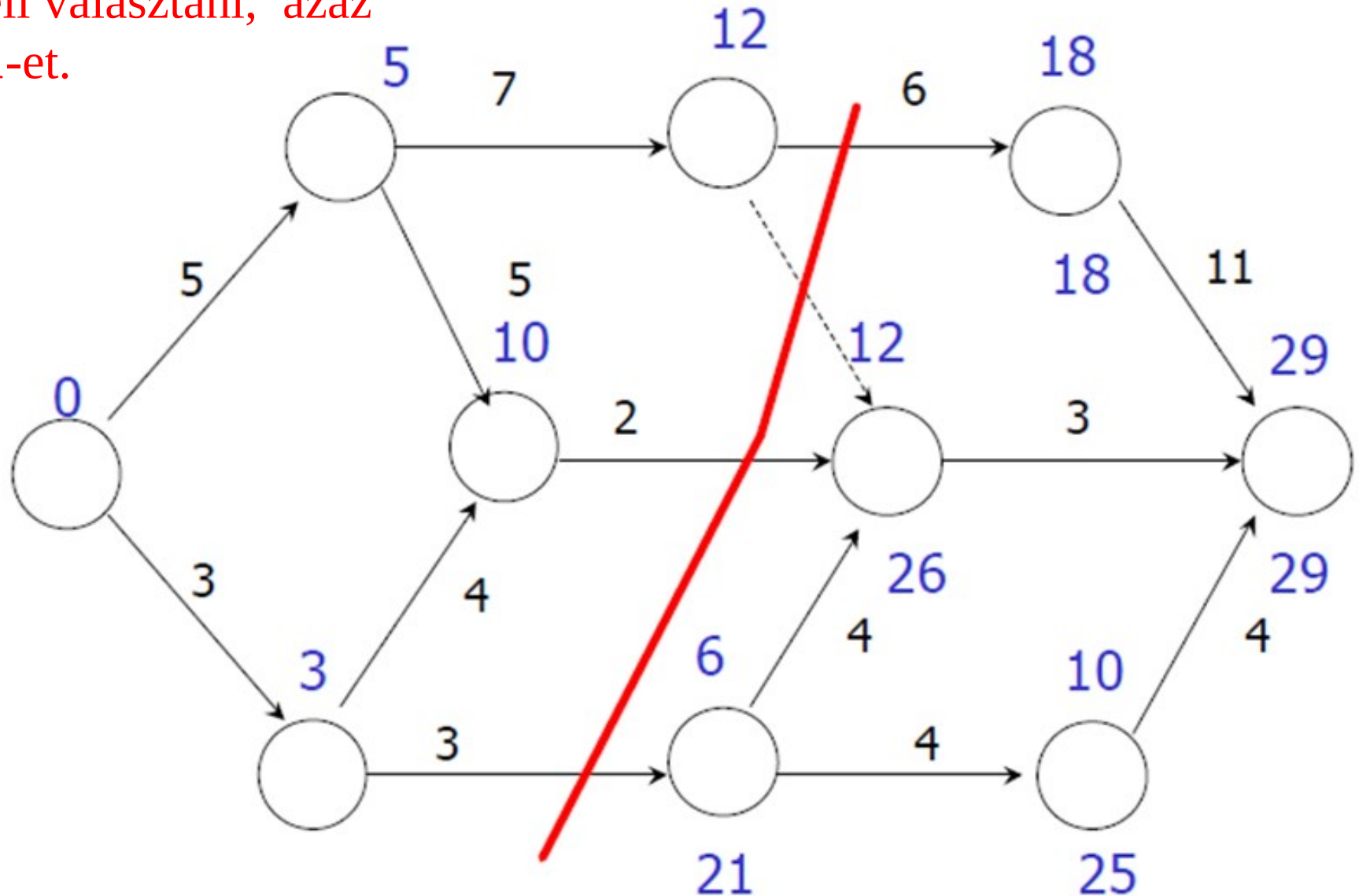


Példa Bw.folytatás 3



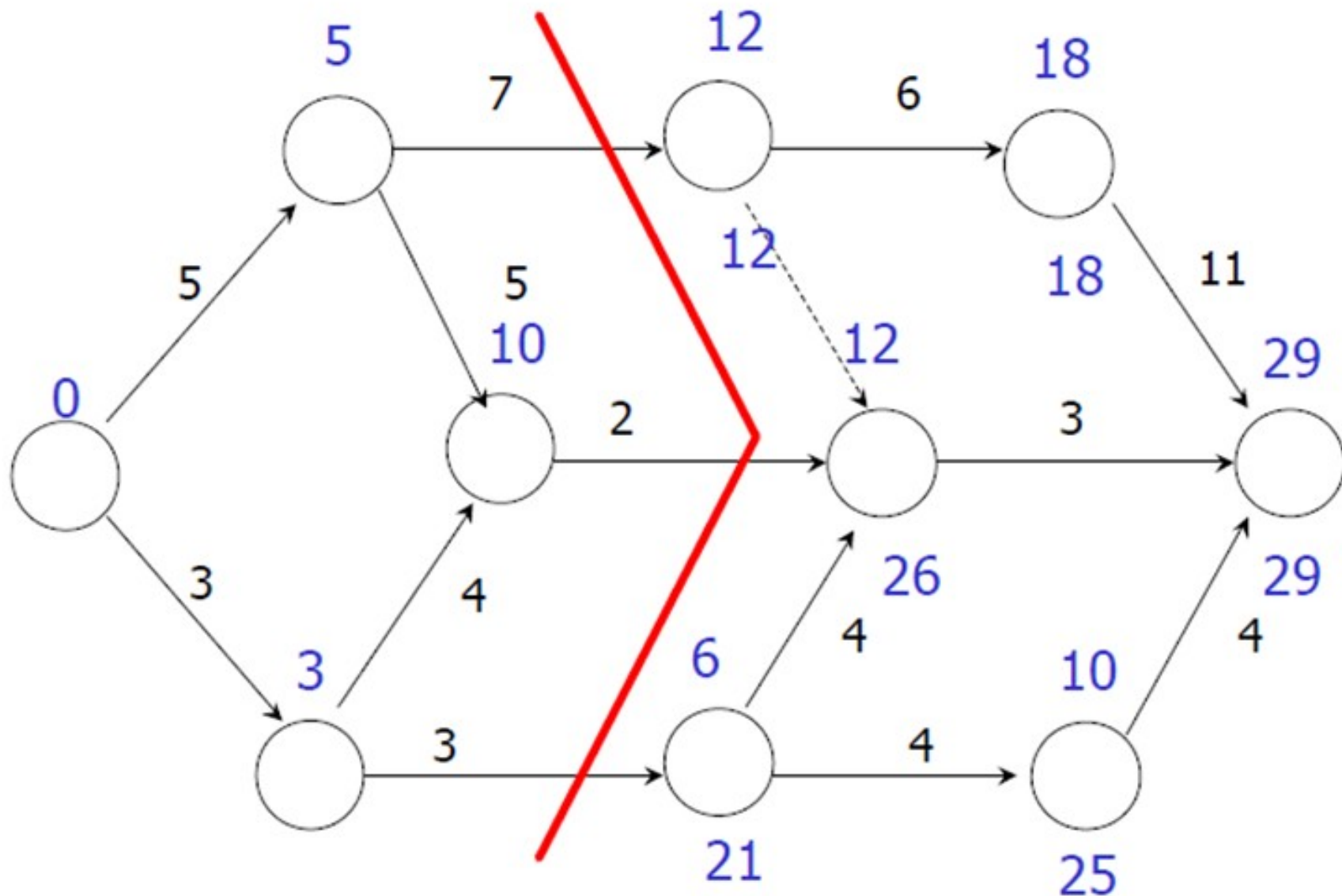
21/26 a legkésőbbi időpontok: a kisebbet kell választani, azaz 21-et.

Példa Bw.folytatás 4

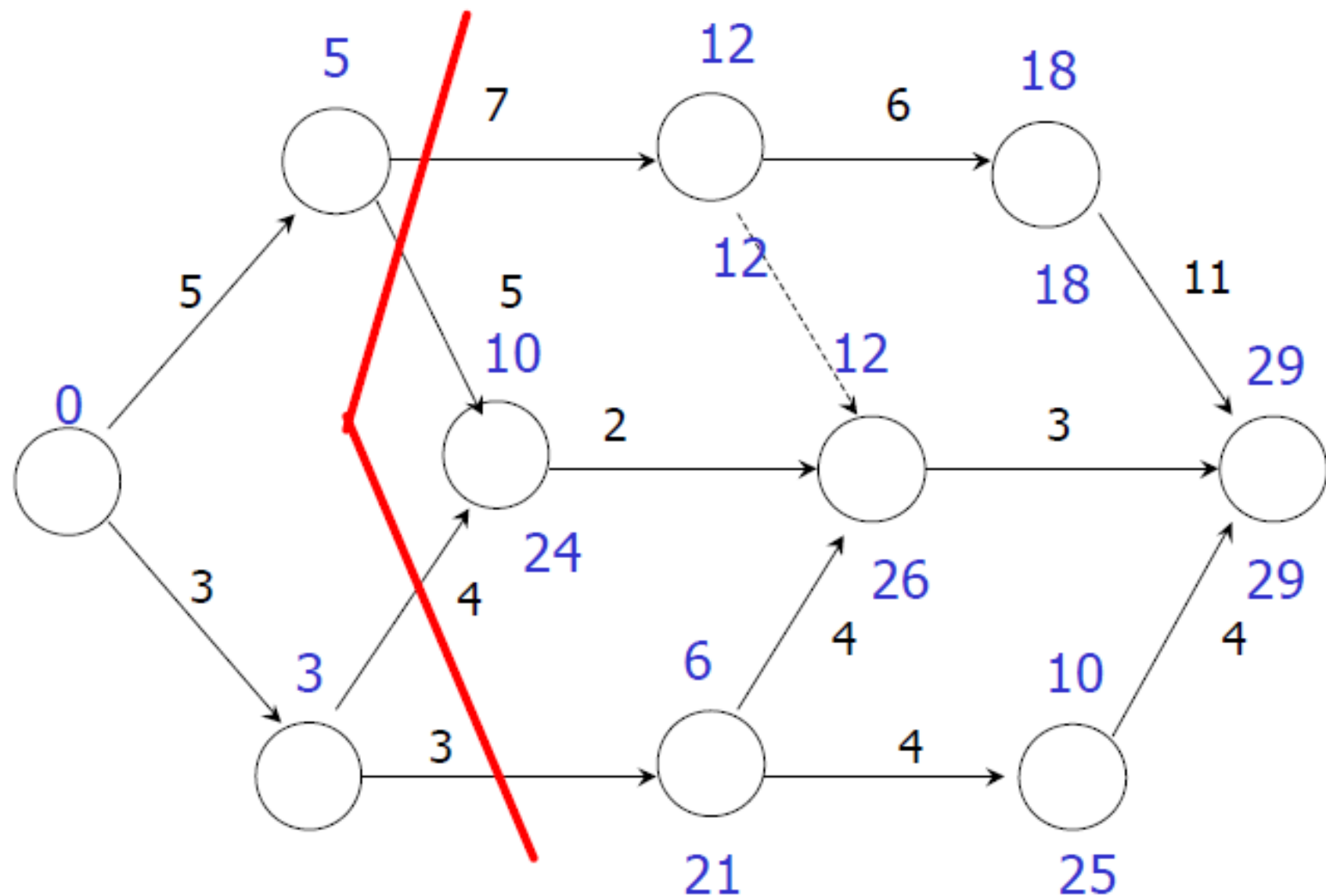


12/26 a legkésőbbi
időpontok: a kisebbet
kell választani, azaz
12-t.

Példa Bw.folytatás 5

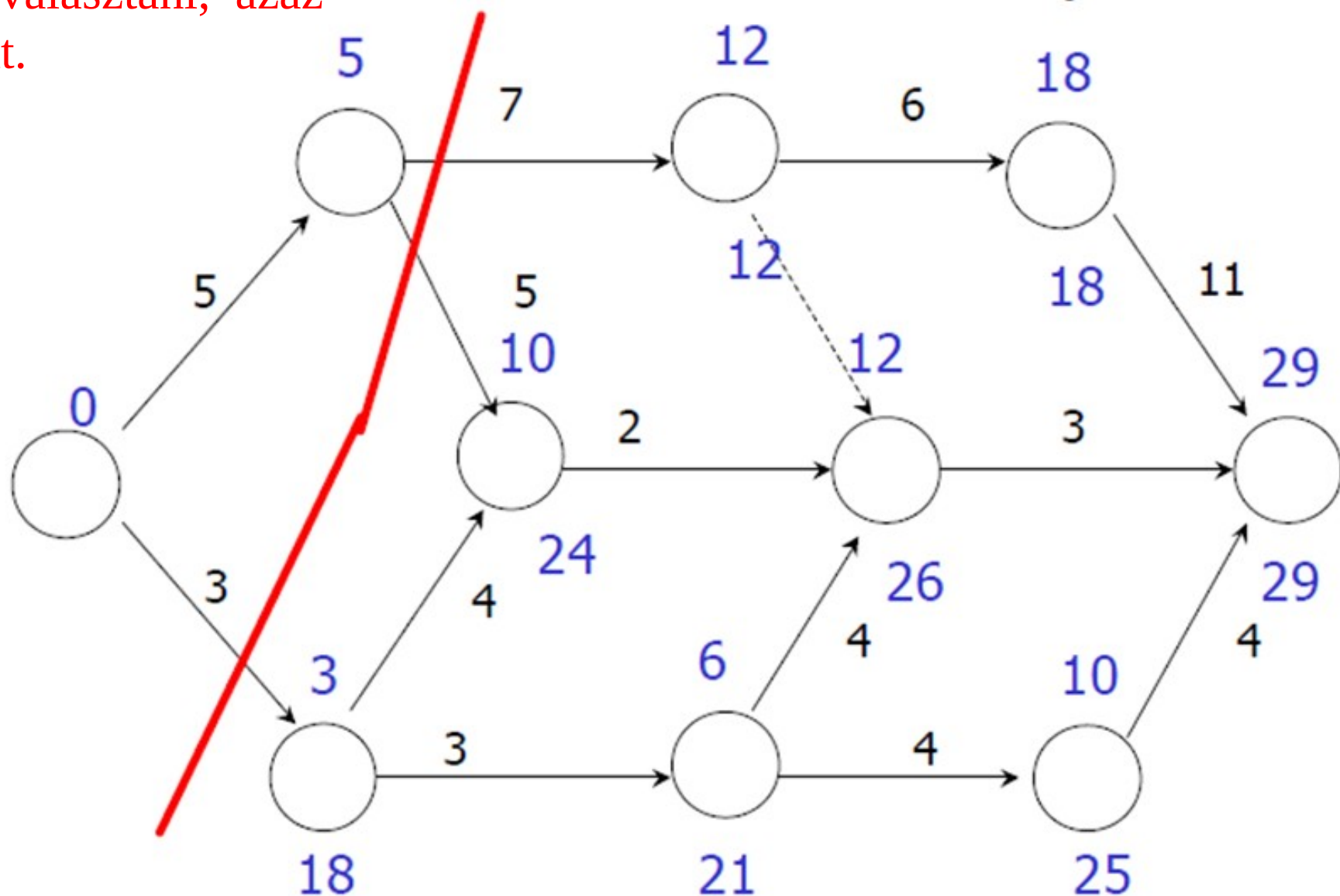


Példa Bw.folytatás 6



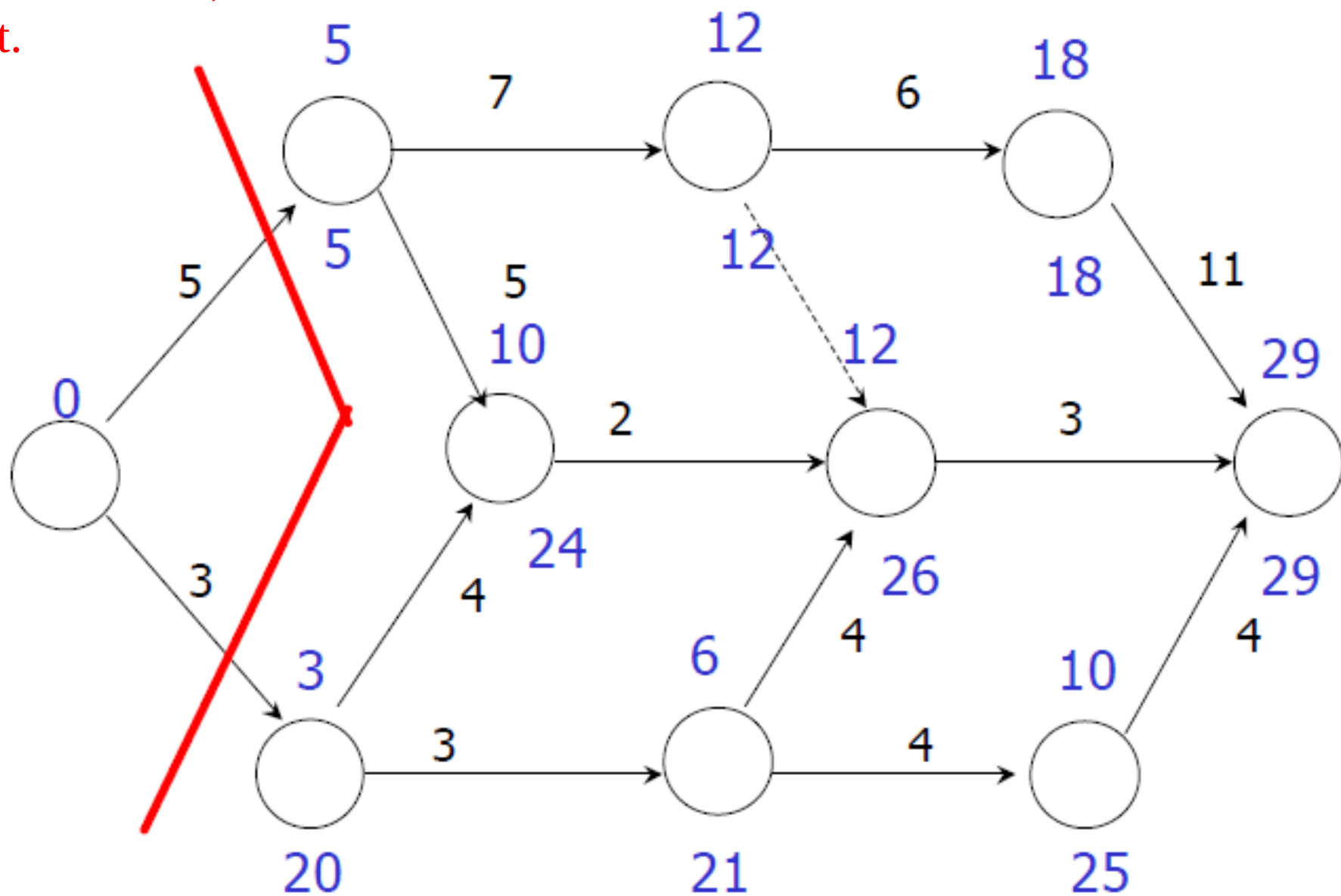
18/24 a legkésőbbi
időpontok: a kisebbet
kell választani, azaz
18-at.

Példa Bw.folytatás 7



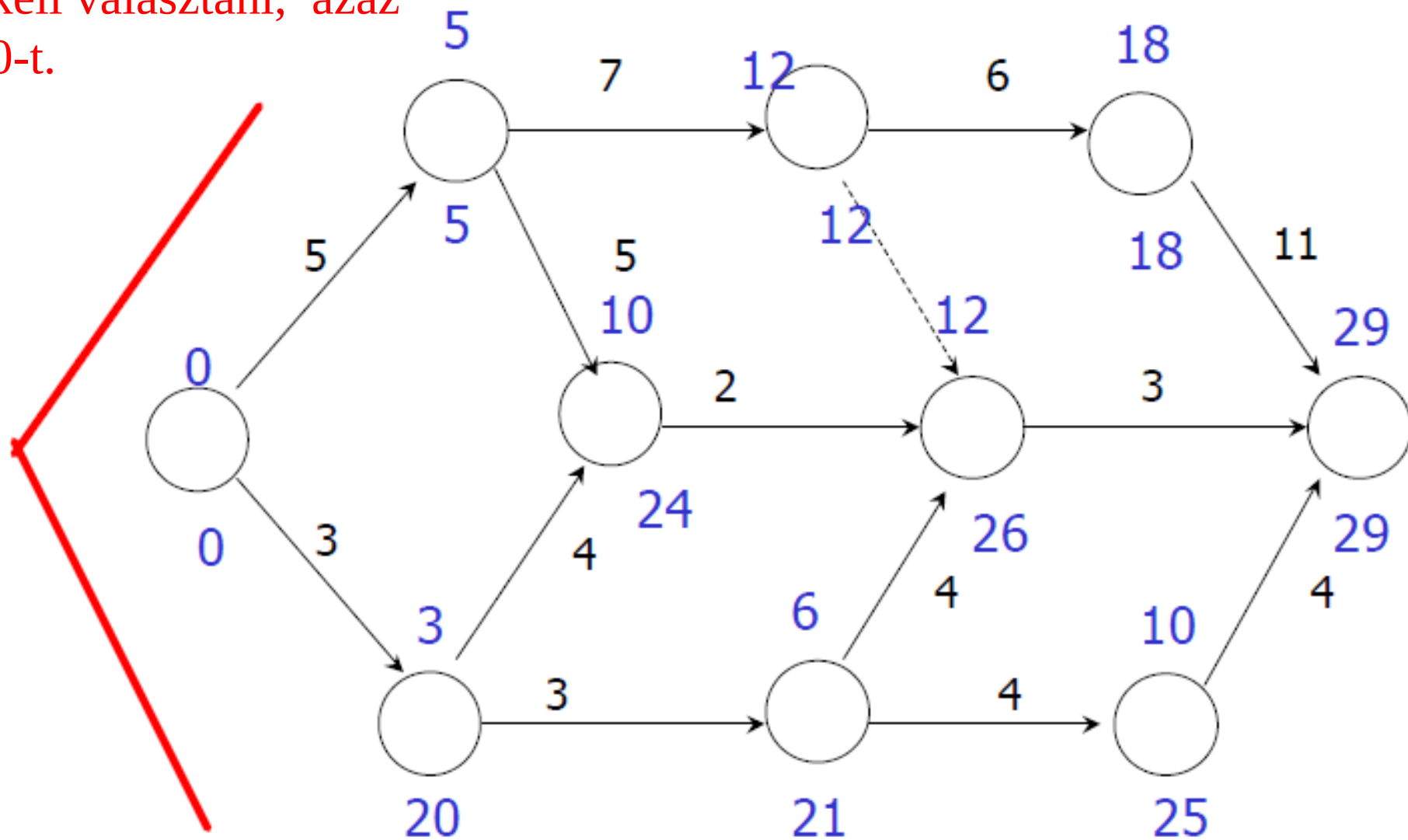
20/24 a legkésőbbi időpontok: a kisebbet kell választani, azaz 20-t.

Példa Bw.folytatás 8



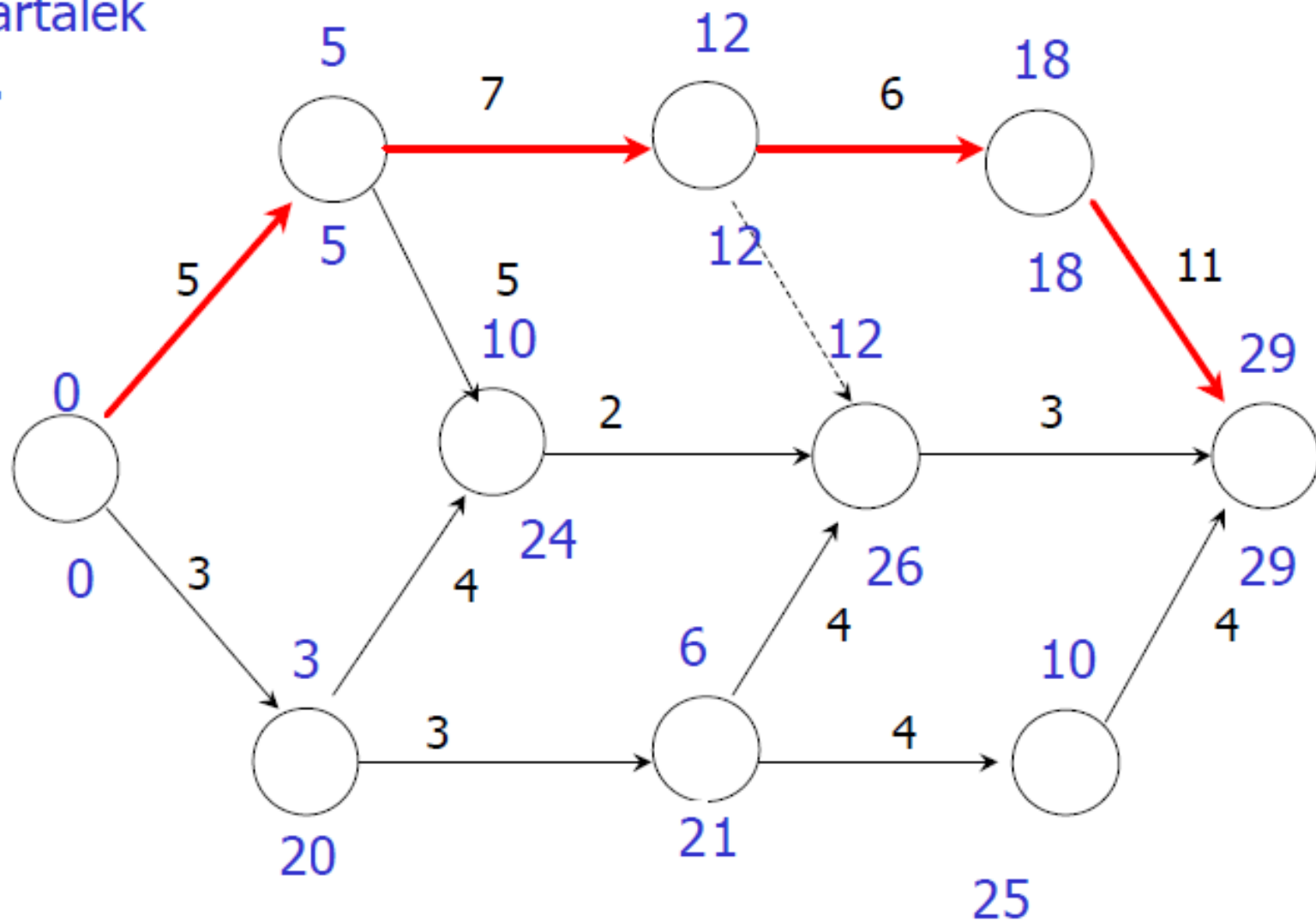
0/20 a legkésőbbi
időpontok: a kisebbet
kell választani, azaz
0-t.

Példa Bw.folytatás 9



Azon
tevékenységeket
tartalmazza, melyek
teljes tartalék
ideje 0.

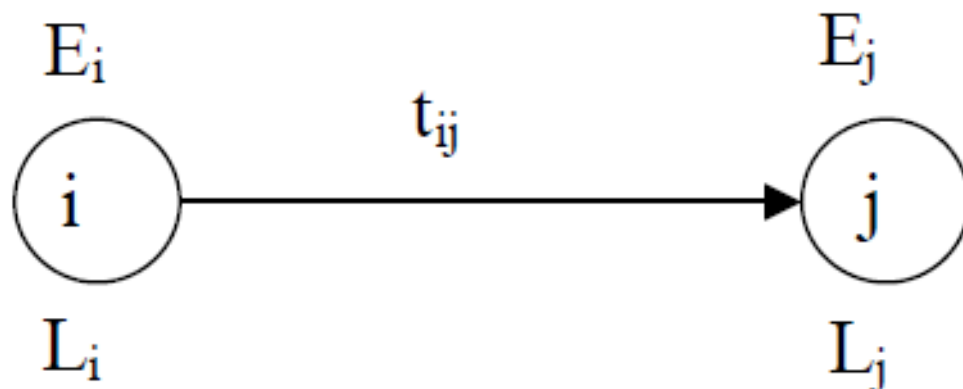
Példa Kritikus út



Tartalék idők

$$\text{Teljes tartalékidő} = L_j - t_{ij} - E_i$$

független tartalékidő



szabad tartalékidő

feltételes tartalékidő

teljes tartalékidő

Forward Pass

I. fázis

Odafele való számítás

- A kezdő esemény legkorábbi bekövetkezte legyen 0.
- A kezdőpontból indulva, a már ismert esemény idő-pontokból számítjuk a még ismeretlen időpontokat úgy, hogy amennyiben ez felmerül mindig a nagyobb értéket választjuk.

Backward Pass

II. fázis

Visszafelé való számítás

- A végesemény / csomópont legkésőbbi bekövetkezte legyen egyenlő a legkorábbi bekövetkeztével.
- A végpontból indulva, a már ismert esemény időpontok-ból számítjuk a még ismeretlen időpontokat úgy, hogy amennyiben ez felmerül, mindig a kisebb értéket választjuk

2. lépés: a rekurzív megoldás

Az $f_i[j]$ mennyiségek a részfeladatok optimális értékei.

Annak érdekében, hogy vissza tudjuk keresni a legrövidebb utat, definiáljuk $l_i[j]$ -t mint azt a szerelőszalagot, amelyiknek a $j - 1$ -edik állomását használtuk az S_{ij} -n való leggyorsabb keresztülhaladáskor.

Itt $i = 1, 2$ és $j = 2, \dots, n$.

(Nem definiáljuk $l_i[1]$ -et, mert S_{i1} -t egyik szalagon sem előzi meg másik állomás.)

Az l^* szalag definíció szerint az, amelyiknek az utolsó állomását használjuk az egész üzemen való áthaladáskor.

Az $l_i[j]$ értékek segítségével lehet nyomon követni a legrövidebb utat.

3. lépés: a legrövidebb átfutási idő kiszámítása

Sokkal jobban járunk, ha az $f_i[j]$ értékeket más sorrend szerint számoljuk, mint az a rekurzív módszerből adódik.

Vegyük észre, hogy $j \dots 2$ esetén $f_i[j]$ csak $f_1[j - 1]$ -től és $f_2[j - 1]$ -től függ.

Ha az $f_i[j]$ értékeket az állomások j indexének növekvő sorrendjében számoljuk, akkor a legrövidebb átfutási idő meghatározása $\Theta(n)$ ideig tart.

3. lépés: a legrövidebb átfutási idő kiszámítása

ALGORITMUS1(a,t,e,x,n)

1. $f_1[1] := e_1 + a_{11}$ $f_2[1] := e_2 + a_{21}$
2. for $j := 2$ to n
3. do if $f_1[j - 1] + a_{1j} \leq f_2[j - 1] + t_{2,j-1} + a_{1j}$
4. then $f_1[j] := f_1[j - 1] + a_{1j}$ $l_1[j] := 1$
5. else $f_1[j] := f_2[j - 1] + t_{2,j-1} + a_{1j}$ $l_1[j] := 2$
6. if $f_2[j - 1] + a_{2j} \leq f_1[j - 1] + t_{1,j-1} + a_{2j}$
7. then $f_2[j] := f_2[j - 1] + a_{2j}$ $l_2[j] := 2$
8. else $f_2[j] := f_1[j - 1] + t_{1,j-1} + a_{2j}$ $l_2[j] := 1$
9. if $f_1[n] + x_1 \leq f_2[n] + x_2$
10. then $f^* = f_1[n] + x_1$ $l^* = 1$
11. else $f^* = f_2[n] + x_2$ $l^* = 2$

4. lépés: a legrövidebb átfutási idejű út

$f_i[j]$, f^* , $l_i[j]$ és l^* kiszámítását követően meg kell szerkeszteni az üzemen való legrövidebb áthaladást biztosító utat.

Az eljárás az út állomásait az indexek csökkenő sorrendjében nyomtatja ki.

ALGORITMUS2(l, n)

1. $i := l^*$
2. print i "-edik szalag" n "-edik állomás"
3. for $j := n$ downto 2
4. do $i := l_i[j]$
5. print i "-edik szalag (" $j - 1$ ")-edik állomás"

*Gyártásütemezés: megoldás a kritikus út módszerrel II.,
dinamikus programozás*

Kritikus út módszer - CPM

CPM: Critical Path Method

Adott

- az ütemezendő elemi műveletek halmaza (activity)
- minden elemi művelet előfeltételei (szintén elemi műveletek)
parciális rendezés (egymásutániság)
- minden elemi művelet *végrehajtási ideje*

Táblázatba rendezhető

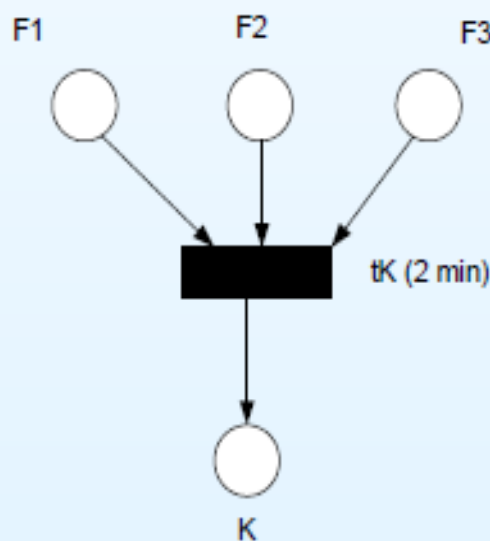
Grafikus leírás: CPM gráf

- *élei megfelelnek az elemi műveleteknek* (egy-egy értelmű megfeleltetés)
- csúcsok megfelelnek eseményeknek (rendszer-állapotok bekövetkezésének)

A CPM gráf és a Petri háló kapcsolata

A CPM gráfbeli művelet megfelel egy olyan átmenetnek egy **időzített Petri hálóban**, amelynek

- bemeneti eseményei (előfeltételei) a CPM gráfbeli művelet előfeltételei
- tüzelési ideje a művelet végrehajtási ideje
- következménye csak egy feltételből áll



A kritikus út kiszámítása – 1

Algoritmikusan, két menetben

- I. Előrefelé haladó számítás: legkorábbi bekövetkezési idők
 1. A kezdő esemény kezdeti idejét nullára állítjuk
 2. Minden műveletet akkor kezdünk, ha az előfeltételek teljesültek
 3. Minden esemény legkorábbi bekövetkezési ideje (E_i) a beléje vezető műveletek befejeződési idejeinek **maximuma**
- II. Visszafelé haladó számítás: legkésőbbi bekövetkezési idők
 1. A befejező esemény legkésőbbi bekövetkezési idejét a legkorábbira állítjuk
 2. Minden művelet legkésőbbi bekövetkezési idejét a vég-esemény legkésőbbi bekövetkezési idejéből számítjuk, levonva belőle a művelet végrehajtási idejét
 3. Minden esemény legkésőbbi bekövetkezési ideje (L_i) a belőle induló műveletek kezdő idejeinek **minimuma**

A kritikus út kiszámítása – 2

Csúszási idők

1. Eseményekre: a legkésőbbi és a legkorábbi bekövetkezési idő különbsége, $S_i = L_i - E_i$
2. Az i -edik eseményből a j -edikbe vezető műveletre:

$$S_{ij} = L_j - E_i - t_{ij}$$

ahol t_{ij} a művelet végrehajtási ideje

Kritikus út: azon műveletekből (élekből) áll, amelyek csúszási ideje nulla

Dinamikus programozás

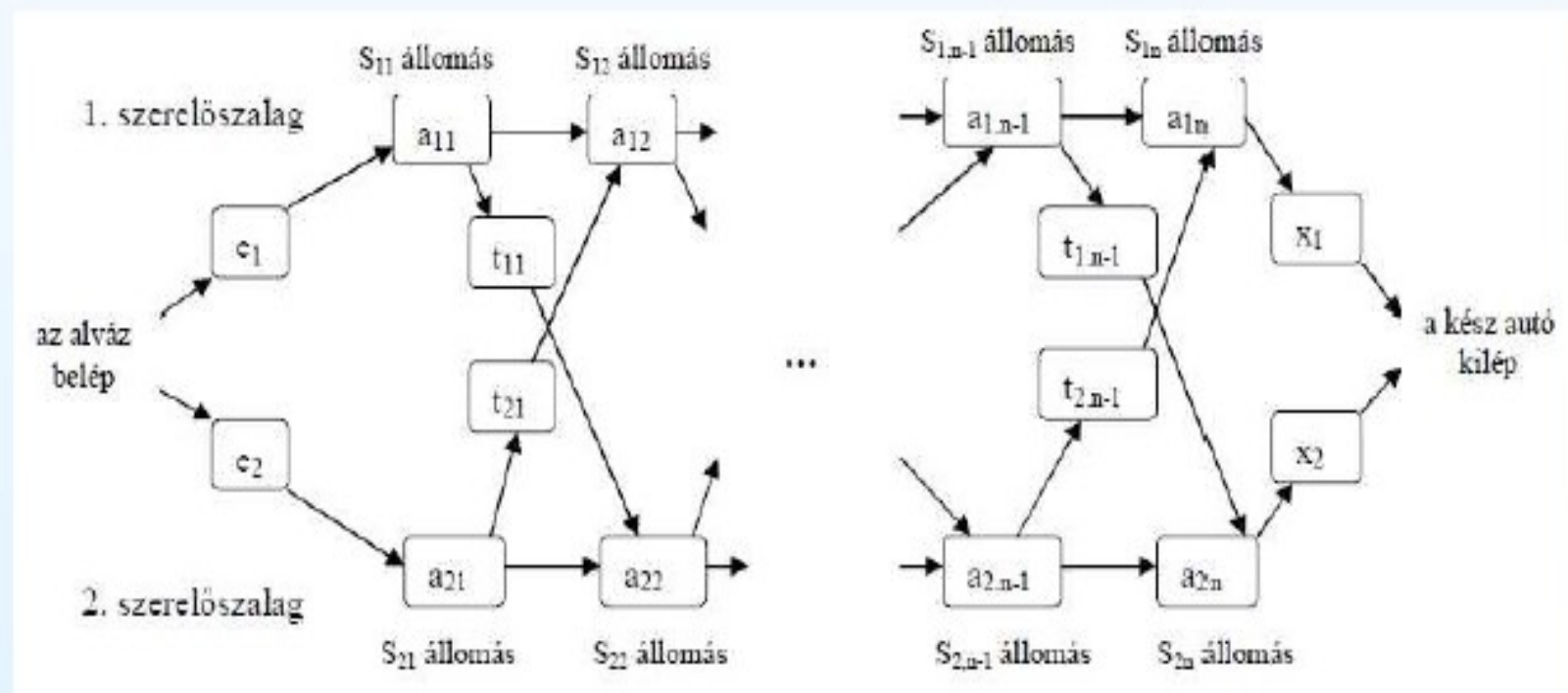
Egy dinamikus programozási algoritmus kifejlesztése 4 lépésre bontható fel:

1. *Jellemezzük az optimális megoldás szerkezetét.*
2. *Rekurzív módon definiáljuk az optimális megoldás értékét.*
3. *Kiszámítjuk az optimális megoldás értékét alulról felfelé történő módon.*
4. *A kiszámított információk alapján megszerkesztünk egy optimális megoldást.*

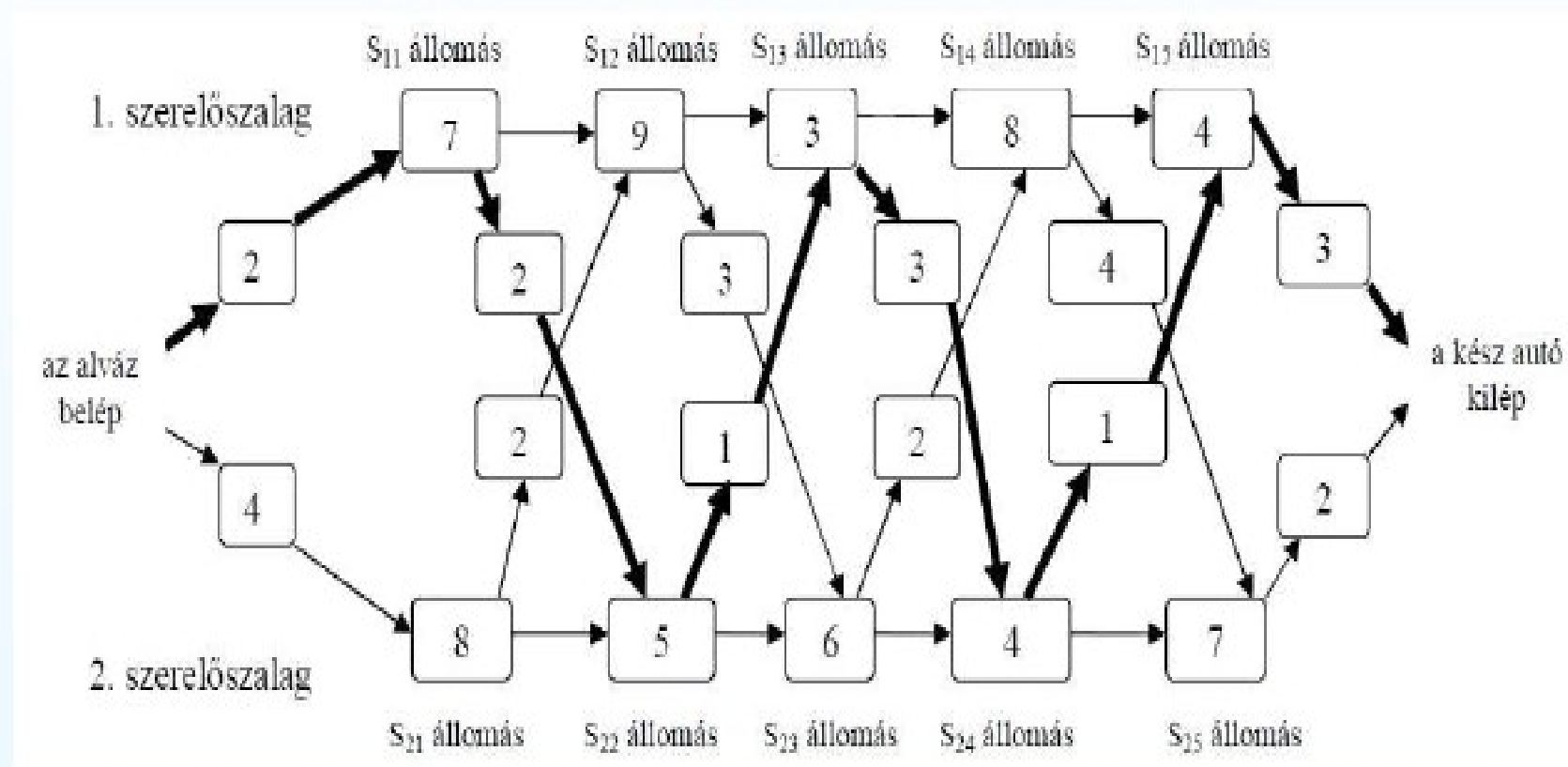
A dinamikus programozás minden egyes részfeladatot és annak **minden részfeladatát pontosan egyszer oldja meg, az eredményt egy táblázatban tárolja**, és ezáltal elkerüli az ismételt számítást, ha a részfeladat megint felmerül.

Szerelőszalag ütemezése

Mindegyik szalagnak n állomása van, melyek indexei $j = 1, \dots, n$. S_{ij} jelöli az i -edik ($i = 1$ vagy 2) szalag j -edik állomását. Az első szalag j -edik állomása (S_{1j}) ugyanazt a funkciót látja el, mint a második szalag j -edik állomása (S_{2j}). Az S_{ij} állomáson a műveleti időt a_{ij} jelöli.



Szerelőszalag ütemezése -Példa



A teljes leszámplálás számítási ideje $\Omega(2^n)$. Ez nagy n mellett elfogadhatatlan.

1. lépés: a legrövidebb gyártási út szerkezete

Tekintsük a lehetséges legrövidebb utat, ahogy egy alváz a kiindulási helyzetből túljut az S_{1j} állomáson.

Ha $j = 1$, akkor csak egy lehetőség van, és így könnyű meghatározni a szükséges időt.

$j = 2, \dots, n$ esetén két lehetőség van:

- Az alváz érkezik közvetlenül az $S_{1,j-1}$ állomásról, amikor ugyanannak a szalagnak a $(j - 1)$ -edik állomásáról a j -edik állomására való átszállítás ideje elhanyagolható.
- Az alváz $S_{2,j-1}$ felől érkezik, az átszállítás ideje $t_{2,j-1}$.

Tegyük fel, hogy az S_{1j} állomáson való túljutás leggyorsabb módja az, hogy oda az $S_{1,j-1}$ felől érkezünk.

Az alváznak a legrövidebb módon kell túljutnia az $S_{1,j-1}$ állomáson, mert ha volna egy gyorsabb mód, hogy az alváz túljusson a $S_{1,j-1}$ állomáson, akkor ezt használva magán $S_{1,j}$ -n is hamarabb jutna túl, ami **ellentmondás**.

1. lépés: a legrövidebb gyártási út szerkezete

Általánosabban fogalmazva azt mondhatjuk, hogy a szerelőszalag ütemezésének

(hogy megtaláljuk a legrövidebb módot az S_{ij} állomáson való túljutásra)

optimális megoldása tartalmazza egy részfeladat

(vagy az $S_{1,j-1}$ vagy az $S_{2,j-1}$ állomáson való leggyorsabb áthaladás)

optimális megoldását.

Erre a tulajdonságra **optimális részstruktúraként** fogunk hivatkozni.

Azaz részfeladatok optimális megoldásaiból megszerkeszthető a feladat optimális megoldása.

2. lépés: a rekurzív megoldás

Az optimális megoldás értékét a részfeladatok optimális értékeiből rekurzívan fejezzük ki.

A részfeladatok legyenek mindkét szalag j -edik állomásán való leggyorsabb áthaladás megkeresésének a feladatai $j = 1, \dots, n$ mellett.

Jelölje $f_i[j]$ azt a legrövidebb időt, ami alatt az alváz túl tud jutni az S_{ij} állomáson.

Célunk annak a legrövidebb időnek a meghatározása, ami alatt az alváz az egész üzemen keresztül tud haladni.

Ezt az időt f^* jelöli.

$$f^* = \min\{f_1[n] + x_1, f_2[n] + x_2\}$$

$$f_1[1] = e_1 + a_{11}$$

$$f_2[1] = e_2 + a_{21}$$

2. lépés: a rekurzív megoldás

Hogyan kell kiszámolni az $f_i[j]$ -t $j = 2, \dots, n$ és $i = 1, 2$ esetén?

$$f_1[j] = \min\{f_1[j-1] + a_{1j}, f_2[j-1] + t_{2,j-1} + a_{1j}\}, \text{ ha } j = 2, \dots, n.$$

$$f_2[j] = \min\{f_2[j-1] + a_{2j}, f_1[j-1] + t_{1,j-1} + a_{2j}\}, \text{ ha } j = 2, \dots, n.$$

A következő rekurzív egyenletet kapjuk:

$$\begin{aligned} f_1[j] &= \begin{cases} e_1 + a_{11}, & \text{ha } j = 1, \\ \min\{f_1[j-1] + a_{1j}, f_2[j-1] + t_{2,j-1} + a_{1j}\}, & \text{ha } j \geq 2 \end{cases} \\ f_2[j] &= \begin{cases} e_2 + a_{21}, & \text{ha } j = 1, \\ \min\{f_2[j-1] + a_{2j}, f_1[j-1] + t_{1,j-1} + a_{2j}\}, & \text{ha } j \geq 2 \end{cases} \end{aligned}$$

2. lépés: a rekurzív megoldás

Az $f_i[j]$ mennyiségek a részfeladatok optimális értékei.

Annak érdekében, hogy vissza tudjuk keresni a legrövidebb utat, definiáljuk $l_i[j]$ -t mint azt a szerelőszalagot, amelyiknek a $j - 1$ -edik állomását használtuk az S_{ij} -n való leggyorsabb keresztülhaladáskor.

Itt $i = 1, 2$ és $j = 2, \dots, n$.

(Nem definiáljuk $l_i[1]$ -et, mert S_{i1} -t egyik szalagon sem előzi meg másik állomás.)

Az l^* szalag definíció szerint az, amelyiknek az utolsó állomását használjuk az egész üzemen való áthaladáskor.

Az $l_i[j]$ értékek segítségével lehet nyomon követni a legrövidebb utat.

3. lépés: a legrövidebb átfutási idő kiszámítása

Sokkal jobban járunk, ha az $f_i[j]$ értékeket más sorrend szerint számoljuk, mint az a rekurzív módszerből adódik.

Vegyük észre, hogy $j \dots 2$ esetén $f_i[j]$ csak $f_1[j - 1]$ -től és $f_2[j - 1]$ -től függ.

Ha az $f_i[j]$ értékeket az állomások j indexének növekvő sorrendjében számoljuk, akkor a legrövidebb átfutási idő meghatározása $\Theta(n)$ ideig tart.

3. lépés: a legrövidebb átfutási idő kiszámítása

ALGORITMUS1(a,t,e,x,n)

1. $f_1[1] := e_1 + a_{11}$ $f_2[1] := e_2 + a_{21}$
2. for $j := 2$ to n
3. do if $f_1[j - 1] + a_{1j} \leq f_2[j - 1] + t_{2,j-1} + a_{1j}$
4. then $f_1[j] := f_1[j - 1] + a_{1j}$ $l_1[j] := 1$
5. else $f_1[j] := f_2[j - 1] + t_{2,j-1} + a_{1j}$ $l_1[j] := 2$
6. if $f_2[j - 1] + a_{2j} \leq f_1[j - 1] + t_{1,j-1} + a_{2j}$
7. then $f_2[j] := f_2[j - 1] + a_{2j}$ $l_2[j] := 2$
8. else $f_2[j] := f_1[j - 1] + t_{1,j-1} + a_{2j}$ $l_2[j] := 1$
9. if $f_1[n] + x_1 \leq f_2[n] + x_2$
10. then $f^* = f_1[n] + x_1$ $l^* = 1$
11. else $f^* = f_2[n] + x_2$ $l^* = 2$

4. lépés: a legrövidebb átfutási idejű út

$f_i[j]$, f^* , $l_i[j]$ és l^* kiszámítását követően meg kell szerkeszteni az üzemen való legrövidebb áthaladást biztosító utat.

Az eljárás az út állomásait az indexek csökkenő sorrendjében nyomtatja ki.

ALGORITMUS2(l, n)

1. $i := l^*$
2. print i "-edik szalag" n "-edik állomás"
3. for $j := n$ downto 2
4. do $i := l_i[j]$
5. print i "-edik szalag (" $j - 1$ ")-edik állomás"

Az összetett munkafolyamatok rögzített befejezési időponttal való teljesítése gondos tervezőmunkát igényel. Ennek része az összefüggő események sorrendjének, időzítésének vizsgálata hálózati modellek segítségével. Ezeknek a feladatoknak a megkönnyítésére az 1950-es évek végétől kezdődően kifejlesztettek a hálózatokon és a hálózati módszereken alapuló formális eljárásokat. Ezek közül az eljárások közül a legkiemelkedőbbek a CPM (Critical Path Method - Kritikus út módszere) és a PERT (Program Evaluation and Review Technique - Program kiértékelés és áttekintés módszere).

Számos nagy projekt tervezésekor használták ezeket a módszereket, pl. nagy szoftver rendszerek határidős kidolgozásánál, űrkutatási projekteknél, vagy rakétaindítások visszaszámlálási eljárásának kidolgozásában. Mindkét eljáráshoz szükség van a projektet alkotó tevékenységek listájára.

Kritikus út módszere, CPM

A CPM módszert akkor alkalmazzák, amikor a munkafolyamat tevékenységeinek végrehajtási ideje biztosan tudható.

mintapélda (Faház építése). Egy lakás építése több elemi műveletből tevődik össze, amelyek az alábbi táblázatban vannak összefoglalva. Ismerjük mindegyiknek az időtartamát (munkahétben kifejezve) és a közvetlen előtte lévő műveleteket.

Projektek ütemezése

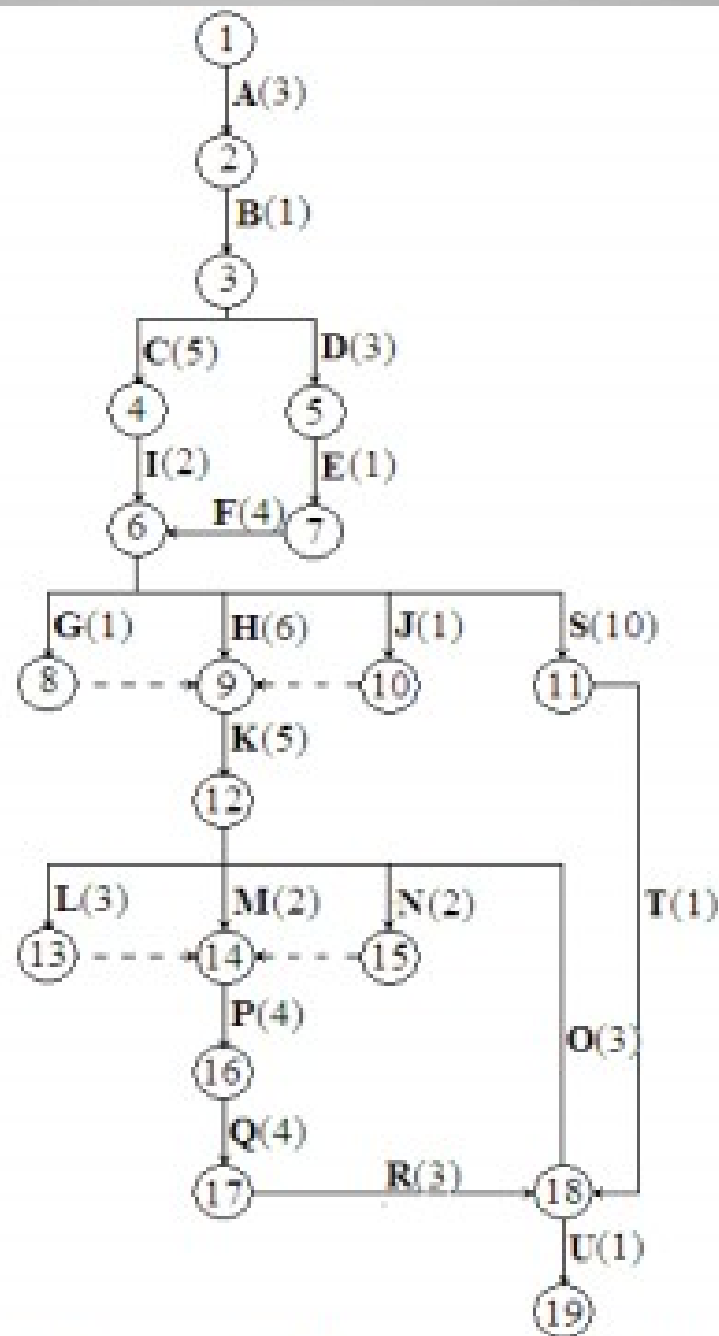
Tevékenységek	Időtartam	Előző tevékenységek
Terület vásárlása (A)	3	-
Építkezési engedély kiváltása (B)	1	A
Építőanyagok beszerzése (C)	5	B
Építésszek alkalmazása (D)	3	B
Az építőtelep megszervezése (E)	1	D
Az alap ásása (F)	4	E
Vakolat a falazáshoz (G)	1	F, I
Falak megépítése (H)	6	F, I
Ajtó-ablak tokok összeállítása (I)	2	C
A tokok beszerelése (J)	1	F,I
A tetőzet megépítése (K)	5	G, H, J
Szobák plafonozása (L)	3	K
Villanyáram bevezetése (M)	2	K
Víz bevezetése (N)	2	K
Külső vakolás (O)	3	K
Belső vakolás (P)	4	L, M, N
Padló lerakása (Q)	4	P
Meszelés és festés (R)	3	Q
Ajtók és ablakszemek összeállítása (S)	10	F, I
Ajtók és ablakszemek beszerelése (T)	1	S
Az épület átadása (U)	1	O, R, T

- a. Rajzoljuk meg a munkálathoz tartozó gráfot.
- b. Határozzuk meg a projekt végrehajtásának minimális időtartamát.
- c. Határozzuk meg a legkorábbi és legkésőbbi kezdési időpontokat.
- d. Számoljuk ki a tevékenységek tűrési értékeit.
- e. Határozzuk meg a kritikus útvonalat.
- f. Rajzoljuk meg a műveletek Gantt diagramját.

Megoldás.

a. Figyelembe véve a táblázatban megadott tevékenységi sorrendet az 1. ábrán bemutatott hálózathoz jutunk. A hálózatban az élek jelentik a tevékenységeket. Mindegyik él mellett zárójelben feltüntettük a tevékenység időtartamát is. A szaggatott vonallal jelölt éleket *vakéleknek* nevezzük, mivel ezek csak sorrendiséget mutatnak és nem jelentnek tevékenységet. Például a $(8, 9)$ vakél azt mutatja, hogy a K tevékenység kezdeti csomópontja (kezdeti időpontja) az L tevékenység befejezési csomópontja (befejezési időpontja után jön). A vakél időtartama 0.

b. Egy tevékenység kezdésének *legkorábbi időpontja*, az az időpont, amikor minden a tevékenységet közvetlen megelőző tevékenység már befejeződött. Kiszámítását az alábbi táblázatban mutatjuk be:



1. ábra. A mintapélda projekthálózata.

Tevékenység	Közvetlenül megelőző tevékenységek	A legkorábbi idő + a tevékenységek időtartama	Maximum a legkorábbi idő
A	-	-	0
B	A	$0+3=3$	3
C	B	$3+1=4$	4
D	B	$3+1=4$	4
E	D	$4+3=7$	7
F	E	$7+1=8$	8
G	F, I	$8+4=12$, $9+2=11$	12
H	F, I	$8+4=12$, $9+2=11$	12
I	C	$4+5=9$	9
J	F, I	$8+4=12$, $9+2=11$	12
K	G, H, J	$12+1=13$, $12+6=18$, $12+1=13$	18
L	K	$18+5=23$	23
M	K	$18+5=23$	23
N	K	$18+5=23$	23
O	K	$18+5=23$	23
P	L, M, N	$23+3=26$, $23+2=25$, $23+2=25$	26
Q	P	$26+4=30$	30
R	Q	$30+4=34$	34
S	F, I	$8+4=12$, $9+2=11$	12
T	S	$12+10$	22
U	O, R, T	$23+3=26$, $34+3=37$, $22+1=23$	37

Tehát az U tevékenység legkorábban a 37 héten kezdődhet el és 1 hetet tart. Így a projekt legkorábban a 38. hét végén fejezhető be.

c. Egy tevékenység kezdésének *legkésőbbi időpontja*, az a legkésőbbi időpont, amikor tevékenységet még elkezdhetjük, anélkül, hogy a projekt legkorábbi befejezési időpontját késleltetnénk. Kiszámítását az alábbi táblázatban mutatjuk be:

Tevékenység	Közvetlenül rákövetkező tevékenységek	A legkésőbbi idő - a tevékenység időtartama	Minimum a legkésőbbi idő
U	-	-	37
T	U	$37-1=36$	36
S	T	$36-10=26$	26
R	U	$37-3=34$	34
Q	R	$34-4=30$	30
P	Q	$30-4=26$	26
O	U	$37-3=34$	34
N	P	$26-2=24$	24
M	P	$26-2=24$	24
L	P	$26-3=23$	23
K	L, M, N, O	$23-5=18$, $24-5=19$, $24-5=19$, $34-5=29$	18
J	K	$18-1=17$	17
I	G, H, J, S	$17-2=15$, $12-2=10$, $17-2=15$, $26-2=24$	10
H	K	$18-6=12$	12
G	K	$18-1=17$	17
F	G, H, J, S	$17-4=13$, $12-4=8$, $17-4=13$, $26-4=22$	8
E	F	$8-1=7$	7
D	E	$7-3=4$	4
C	I	$10-5=5$	5
B	C, D	$5-1=4$, $4-1=3$	3
A	B	$3-3=0$	0

d. Egy tevékenység *tűrése* a legkésőbbi és a legkorábbi kezdési időpontjai közötti különbség. Feltéve, hogy minden más tevékenység az ütemezés szerint zajlik, egy tevékenység *tűrése* megmutatja, hogy a tevékenység elvégzésében mekkora késés engedhető meg, amely még nem késlelteti a projekt legkorábbi befejezésének időpontját. Kiszámításához készítsük el az alábbi táblázatot:

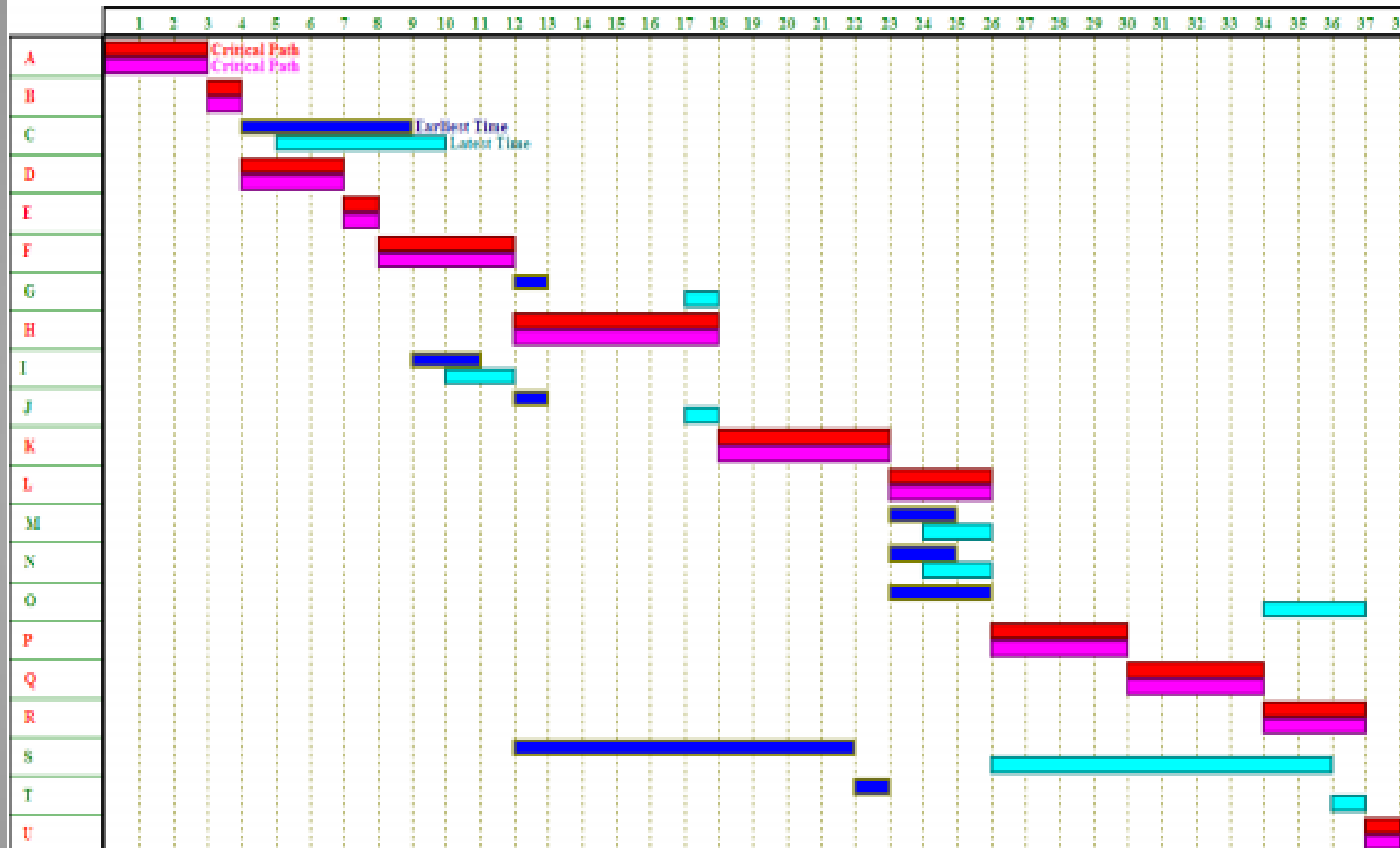
Tevékenység	Legkésőbbi kezdési időpont	Legkorábbi kezdési időpont	Tűrés
A	0	0	0
B	3	3	0
C	5	4	1
D	4	4	0
E	7	7	0
F	8	8	0
G	17	12	5
H	12	12	0
I	10	9	1
J	17	12	5
K	18	18	0
L	23	23	0
M	24	23	1
N	24	23	1
O	34	23	11
P	26	26	0
Q	30	30	0
R	34	34	0
S	26	12	14
T	36	22	14
U	37	37	0

e. Azokat a tevékenységeket, amelyek tűrése nulla *kritikus tevékenységeknek* nevezzük. Egy projektben a *kritikus útvonal* egy olyan a hálózat kezdőpontjától a befejezési pontig tartó útvonal, amelyen a tevékenységek tűrése nulla. Ebben a mintapéldában a kritikus útvonal:

$$A \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow F \rightarrow H \rightarrow K \rightarrow L \rightarrow P \rightarrow Q \rightarrow R \rightarrow U.$$

A legkorábbi és a legkésőbbi időpontokra, a tűrésekre és a kritikus útvonalra vonatkozó információk nagyon értékesek a projektvezető számára, mert lehetővé teszik, hogy meghatározza, hol kell különleges erőfeszítéseket kifejtteni ahhoz, hogy ne késsünk, és hogy felbecsülje az ütemezéshez képest végbemenő csúszások hatását.

A vezető számára a legfontosabb a Gantt diagram, ami grafikusán szemlélteti az eredménytábla adatait.



1. mintapélda Gantt diagramja.