



**DEBRECENI
EGYETEM**

Gazdaságtudományi Kar

CSIPKÉS MARGIT

A termelés- és szolgáltatás- menedzsment gyakorlati ismeretei



A TERMELÉS- ÉS SZOLGÁLTATÁSMENEDZSMENT
GYAKORLATI ISMERETEI

A termelés- és szolgáltatásmenedzsment gyakorlati ismeretei

Szerző és szerkesztő:
DR. CSIPKÉS MARGIT



Debreceni Egyetemi Kiadó
Debrecen University Press
2026

Szerző:

DR. CSIPKÉS MARGIT

Debreceni Egyetem, Gazdaságtudományi Kar,
Vidékfejlesztési és Funkcionális Gazdálkodási Intézet,
Logisztika Menedzsment nem önálló Tanszék

Szerkesztő:

DR. CSIPKÉS MARGIT

Debreceni Egyetem, Gazdaságtudományi Kar,
Vidékfejlesztési és Funkcionális Gazdálkodási Intézet,
Logisztika Menedzsment nem önálló Tanszék

Lektor:

DR. SIPOS CSANÁD

Debreceni Egyetem, Gazdaságtudományi Kar,
Vidékfejlesztési és Funkcionális Gazdálkodási Intézet,
Logisztika Menedzsment nem önálló Tanszék

ISBN 978-963-615-342-7 (pdf)

© Debreceni Egyetemi Kiadó–Debrecen University Press,
beleértve az egyetemi hálózaton belüli elektronikus terjesztés jogát is

Kiadta: a Debreceni Egyetemi Kiadó, az 1795-ben alapított
Magyar Könyvkiadók és Könyvterjesztők Egyesülésének a tagja
dupress.unideb.hu

Felelős kiadó: Karácsony Gyöngyi

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS	9
1. A TERMELÉS- ÉS SZOLGÁLTATÁSMENEDZSMENT SZEREPE A VÁLLALATOKNÁL	11
2. A TERMELÉS- ÉS SZOLGÁLTATÁSMENEDZSMENT ALAPFOGALMAI ÉS KERETRENDSZERE	15
2.1. A termelési és szolgáltatási rendszerek típusai	27
2.2. A folyamatok és az értékteremtés a termelési és szolgáltatás- menedzsmentben	30
2.3. A teljesítménymutatók és a mérési módszerek a termelésben és a szolgáltatásban	31
3. A KAPACITÁSTERVEZÉS ÉS ERŐFORRÁS-MENEDZSMENT	37
3.1. Példa a kapacitástervezésre (mosodai szolgáltatás)	39
3.2. Példamegoldás a kapacitástervezésre (mosodai szolgáltatás)	40
3.3. Példa a kapacitástervezésre (pékség, gyártás)	41
3.4. Példamegoldás a kapacitástervezésre (pékség, gyártás)	41
4. A GYÁRTÓSOR OPTIMALIZÁLÁSÁNAK KAPCSOLÓDÁSA A KAPACITÁSHOZ	45
4.1. Példa a többállomásos gyártósorra	48
4.2. Példamegoldás a többállomásos gyártósorra	49
5. AZ ERŐFORRÁS KIHASZNÁLÁSA ÉS A HATÉKONYSÁG MÉRÉSE	53
5.1. Példa1 a hatékonyság mérésére (autószerviz)	54

5.2. Példa1 megoldása a hatékonyság mérésére (autószerviz)	55
5.3. Példa2 a hatékonyság mérésére (munkaszervezés)	57
5.4. Példa2 megoldása a hatékonyság mérésére (munkaszervezés)	57
 6. AZ ÜTEMEZÉSI ÉS A BEOSZTÁSI MÓDSZEREK A TERMELÉS- ÉS SZOLGÁLTATÁSMENEDZSMENTBEN	 61
6.1. Példa a Johnson-algoritmus alkalmazására	66
6.2. Példa megoldása a Johnson-algoritmus alkalmazására	66
6.3. Példa az ütemezésre (FCFS) (1.)	71
6.4. Példa megoldása az ütemezésre (FCFS) (1.)	72
6.5. Példa az ütemezésre (SPT) (2.)	75
6.6. Példa megoldása az ütemezésre (SPT) (2.)	76
6.7. Példa az ütemezésre (LPT) (3.)	80
6.8. Példa megoldása az ütemezésre (LPT) (3.)	81
6.9. Példa az ütemezésre (EDD) (4.)	84
6.10. Példa megoldása az ütemezésre (EDD) (4.)	85
6.11. Példa az ütemezésre (CR) (5.)	89
6.12. Példa megoldása az ütemezésre (CR) (5.)	90
 7. A HÁLÓTERVEZÉS ELVI ALAPJAI	 95
7.1. A PERT és a CPM alkalmazhatósági lehetőségei	99
7.1.1. Példa a kritikus út számítására (projekt)	101
7.1.2. Példa megoldása a kritikus út számítására (projekt)	103
7.2. Az ütemezés a szolgáltatási rendszerekben	115
7.3. A szállítási ütemezés PERT módszerrel	117
7.4. Az egészségügyi ütemezés a PERT módszerrel	120
7.5. Az ügyfélszolgálati beosztás a PERT módszerrel	122
7.5.1. Példa a PERT módszerre a szolgáltatás területén (banki ügyfélszolgálat)	123
7.5.2. Példa megoldása a PERT módszerre a szolgáltatás területén (banki ügyfélszolgálat)	123
 8. A BEOSZTÁSI MÓDSZEREK ALKALMAZÁSA A TERMELÉS- ÉS SZOLGÁLTATÁSMENEDZSMENTBEN	 127
8.1. Példa a „magyar módszer” alkalmazására (kézi számolás)	131

8.2. Példa megoldás a „magyar módszer” alkalmazására (kézi számolás)	131
8.3. Példa a „magyar módszer” alkalmazására (Excel alkalmazása)	133
8.4. Példa megoldása a „magyar módszer” alkalmazására (Excel alkalmazása)	134
9. A KÉSZLETGAZDÁLKODÁS ÉS AZ ANYAGÁRAMLÁS JELENTŐSÉGE A TERMELÉS- ÉS SZOLGÁLTATÁSMENEDZSMENTBEN	
	141
9.1. Példa leírása az EOQ modell alkalmazására (gyártó vállalat)	145
9.2. Példa az EOQ modell alkalmazására (gyártó vállalat)	146
9.3. A Just-In-Time jelentősége a termelés- és szolgáltatásmenedzsmentben	146
9.3.1. Példa a JIT alkalmazására	149
9.3.2. Példa megoldása a JIT alkalmazására	149
9.3.3. Példa az MRP alkalmazására	152
9.3.4. Példa megoldása az MRP alkalmazására	153
9.4. A Just-in-Time és a LEAN alkalmazása a termelésben és a szolgáltatásban	163
10. A FOLYAMATFEJLESZTÉS A TERMELÉS ÉS SZOLGÁLTATÁS TERÜLETÉN	
	167
11. A MINŐSGMENEDZSMENT A TERMELÉS ÉS SZOLGÁLTATÁS TERÜLETÉN	
	171
12. A TERMELÉS- ÉS SZOLGÁLTATÁSTERVEZÉS	
	181
13. TELEPHELYVÁLASZTÁS AZ ELLÁTÁSI LÁNC-MENEDZSMENTBEN	
	193
14. FOGALOMJEGYZÉK	
	197
15. AZ ELMÚLT ÉVEK VIZSGAFELADATAI	
	203
1. vizsgafeladat	203
2. vizsgafeladat	204
3. vizsgafeladat	205
4. vizsgafeladat	206
5. vizsgafeladat	208
6. vizsgafeladat	209
<i>Ábrajegyzék</i>	
<i>Táblázatjegyzék</i>	

BEVEZETÉS

Örömmel köszöntöm Önöket A termelés- és szolgáltatásmenedzsment gyakorlati ismeretei című jegyzet bevezetőjében. Ez a jegyzet a Debreceni Egyetem MA/MSc képzés hallgatói számára készült, hogy segítse az elméleti és a gyakorlati tudás megszerzését a termelés és szolgáltatás világában. A tantárgy napjainkban rendkívül fontos, hiszen a gazdasági környezet gyorsan változik és a vállalatoknak folyamatosan alkalmazkodniuk kell a különböző módszerekhez.

A termelés- és szolgáltatásmenedzsment alapjai nélkülözhetetlenek a hatékony szervezeti működéshez. E jegyzet célja, hogy a hallgatók átfogó képet kapjanak a témáról, illetve a gyakorlatban is alkalmazható ismereteket megtanulják. Az elméleti rész részletesen bemutatja például a menedzsment alapelveit és folyamatmodelljeit, a különböző termelési és szolgáltatási rendszereket, a kapacitástervezés módjait, illetve az erőforrás-kihasználásának és a hatékonyság mérésének módjait. A gyakorlati példák lehetőséget adnak az elmélet azonnali megértésére, mivel minden elméleti rész után egy-egy gyakorlati példával próbálom alátámasztani a könnyebb megértését a sokszor nehéz elméleteknek. Természetesen a jegyzet nem helyettesíti az előadásokat vagy a gyakorlati órákat, azonban nagyon jó kiegészítője a tanult anyagrészeknek.

A mai rohanó üzleti világban a gyors döntéshozatal és a hatékony folyamatirányítás kiemelt fontosságú. A jegyzet bemutatja, hogy a termelési és szolgáltatási folyamatok hogyan integrálhatók a vállalat működésébe. A gyakorlati példák iparágak széles skálájából származnak, beleértve a gyártást, a logisztikát és a szolgáltatásmenedzsmentet is. A gyakorlati példák célja, hogy a hallgatók lássák az elmélet konkrét alkalmazási lehetőségeit, illetve a jegyzet támogatja a problémamegoldó gondolkodás kialakítását, ezzel párhuzamosan a hallgatók megtanulhatják azonosítani a folyamatfejlesztési lehetőségeket is.

A termelés- és szolgáltatásmenedzsment alapelvei minden szervezetnél hasznosíthatók. A hallgatók megismerhetik a készletezés és a logisztika optimalizálásának technikáit. A jegyzetben szereplő példák bemutatják a költség-hatékonyság növelésének lehetőségeit, illetve az időmenedzsment és az ütemezés kérdéseit is tanulmányozza. Tapasztalhatják a leírt módszertan alapján, hogy az egyes folyamatokban hogyan csökkenthetők a hibaarány értékei.

A jegyzet hangsúlyozza a vevői igények pontos felmérésének fontosságát, valamint segít a hallgatóknak megérteni a termelési rendszerek összetettségét, mivel a gyakorlatban előforduló problémákat és azok megoldási lehetőségeit is bemutatom.

A jegyzet külön hangsúlyt fektet a döntés-előkészítés és a stratégiai tervezés szerepére is, a példák segítik a folyamatok vizualizálását és az összefüggések átlátását. A hallgatók megismerkedhetnek a különböző termelési modellekkel és szolgáltatási formákkal is.

A jegyzet célja, hogy a hallgatók felkészüljenek a szakmai életre, képesek lesznek felismerni a hatékony folyamatok és a versenyképesség közötti összefüggést.

A jegyzet célja, hogy a hallgatók értékes, gyakorlati tudást szerezzenek, amely közvetlenül alkalmazható a munka világában. A hallgatók képesek lesznek a tanultakat projektekben és valós esetekben kipróbálni, valamint megtanulják azonosítani a folyamatok szűk keresztmetszeit.

1. A TERMELÉS- ÉS SZOLGÁLTATÁSMENEDZSMENT SZEREPE A VÁLLALATOKNÁL

A termelés- és szolgáltatásmenedzsment a vállalat egyik legfontosabb funkcionális területe, amely közvetlen hatással van a szervezet eredményességére és a versenyképességére. Elsődleges célja, hogy a vállalat képes legyen a fogyasztói igényeket magas színvonalon, költséghatékony módon és időben kielégíteni. A termelésmenedzsment a fizikai termékek előállítását koordinálja, míg a szolgáltatásmenedzsment a nem kézzelfogható, de értéket teremtő tevékenységek megszervezésére összpontosít. Mindkét terület alapja a folyamatok tervezése, a végrehajtása és a folyamatos fejlesztése. A vállalat számára kulcsfontosságú, hogy ezek a folyamatok összehangoltan működjenek más funkciókkal együtt (a beszerzéssel, a marketinggel és a pénzüggel). Ha a termelési folyamat akadozik, az nemcsak a készletekben, hanem az ügyfélkiszolgálásban is fennakadást okozhat. A szolgáltatásmenedzsmentben a lassú reakcióidő vagy a hibás teljesítés közvetlenül ronthatja az ügyfélélményt. A hatékony menedzsment képes előrejelezni a kereslet változásait és ennek megfelelően alakítani a kapacitásokat. A túlzott kapacitás felesleges költségeket generál, míg az alacsony kapacitás piaci lehetőségeket veszít el, ezért a kapacitástervezés mind a termelési, mind a szolgáltatási környezetben alapvető feladat. A minőségbiztosítás szintén központi szerepet játszik, hiszen a magas minőség csökkenti a reklamációk számát és növeli a vevői elégedettséget. A szolgáltatásokban a minőség gyakran a munkatársak képzésén és a folyamatos visszajelzésen múlik. A termelés- és szolgáltatásmenedzsment hozzájárul a költségkontrollhoz, mivel optimalizálja az anyagfelhasználást, a munkaidő-beosztást és az erőforrás kihasználását.

Egy jól működő rendszerben elkerülhető a túltermelés és a felesleges készletezés, ami közvetlenül javítja a vállalat pénzügyi teljesítményét. A szolgáltatási szektorban a rugalmasság kiemelten fontos, hiszen az ügyfelek gyakran egyedi igényekkel érkeznek. A termelésben ezzel szemben a standardizálás és az ismételhetőség biztosít költségelőnyt, bár bizonyos piacokon a testreszabás elengedhetetlen. A vállalatok egyre gyakrabban végeznek együtt termék- és szolgáltatásnyújtást (pl. egy gépgyártó karbantartási és tanácsadási szolgáltatást is kínálhat). Ez a megközelítés nemcsak a bevételi forrásokat emeli, hanem növeli az ügyfél lojalitását is. A menedzsment feladata, hogy ezeket a komplex ajánlatokat tudatosan alakítsa ki és működtesse. A termelési és szolgáltatási stratégia összhangban kell legyen a vállalat általános stratégiájával, hiszen a működési folyamatok közvetlenül befolyásolják a hosszú távú versenyképességet. A működés hatékonysága nemcsak költségkérdés, hanem a piaci megítélés része is. A termelés- és szolgáltatásmenedzsment modern környezetben egyre inkább támaszkodik a digitalizációra és az adatvezérelt döntéshozatalra. Az Ipar 4.0 technológiái (az automatizált gyártósorok, a szenzorhálózatok vagy a mesterséges intelligencia) lehetővé teszik a valós idejű adatok felhasználását a folyamatok optimalizálására. A szolgáltatásoknál az online ügyfélkapcsolati rendszerek, a chatbotok és az analitikai eszközök segítik a gyors és személyre szabott kiszolgálást. A versenyképes vállalatok folyamatosan mérik és elemzik a működés teljesítményét, ehhez kulcsfontosságú mutatószámokat (Key Performance Indicator, továbbiakban KPI) alkalmaznak. Ezek közé tartozhatnak a termelési ciklusidő, a selejtarány, az ügyfél-elégedettségi index vagy a szolgáltatási válaszidő stb. Az adatok alapján a menedzsment beavatkozásokat tervez, amelyek célja a folyamatok fejlesztése. A teljesítménymérés kulcsfontosságú része a benchmarking, amelynél a vállalat saját folyamatait összehasonlítja más cégek legjobb gyakorlataival. Ez lehetővé teszi a hiányosságok azonosítását és a fejlesztési célok kijelölését. A benchmarking nem egyszerű másolás, hanem inspiráció a saját rendszer javítására.

A folyamatos fejlesztéssel a vállalatok a piaci elvárásoknak kívánnak megfelelni. A jól szervezett termelés és szolgáltatás biztosítja, hogy a vállalat ne csak rövid távon legyen eredményes, hanem hosszú távon is fenntartható működést folytasson. A modern vállalatoknál egyre nagyobb szerepet kap a fenntarthatóság a termelésben és a szolgáltatásban is. Ez magában foglalja az

erőforrás-hatékonyságot, a hulladékcsökkentést és a környezetbarát technológiák alkalmazását is. A fenntartható működés hosszú távon versenyelőnyt jelenthet, mivel a fogyasztók és a szabályozók is egyre nagyobb hangsúlyt fektetnek rá. A hatékony működés előnye a költségcsökkentésben, illetve a minőség javításában is megjelenhet. A minőségi termelés a versenyelőnyt erősítheti amellet, hogy a meglévő ügyfelek mellé újakat is lehet szeretni ezáltal. A termelés- és szolgáltatásmenedzsment az operatív funkció mellett a stratégiai funkciót is magában foglalja, amely meghatározza a vállalat helyét a piacon. A vezetők feladata, hogy ezt a funkciót integráltan kezeljék és folyamatosan fejlesszék, hiszen a fogyasztói igények, a technológiai trendek és a versenytársak lépései egyaránt dinamikusan változnak. Ebben a gyorsan változó környezetben azok a vállalatok lesznek sikeresek, amelyek termelési és szolgáltatási folyamataikat képesek rugalmasan és innovatíván alakítani.

2. A TERMELÉS- ÉS SZOLGÁLTATÁS- MENEDZSMENT ALAPFOGALMAI ÉS KERETRENDSZERE

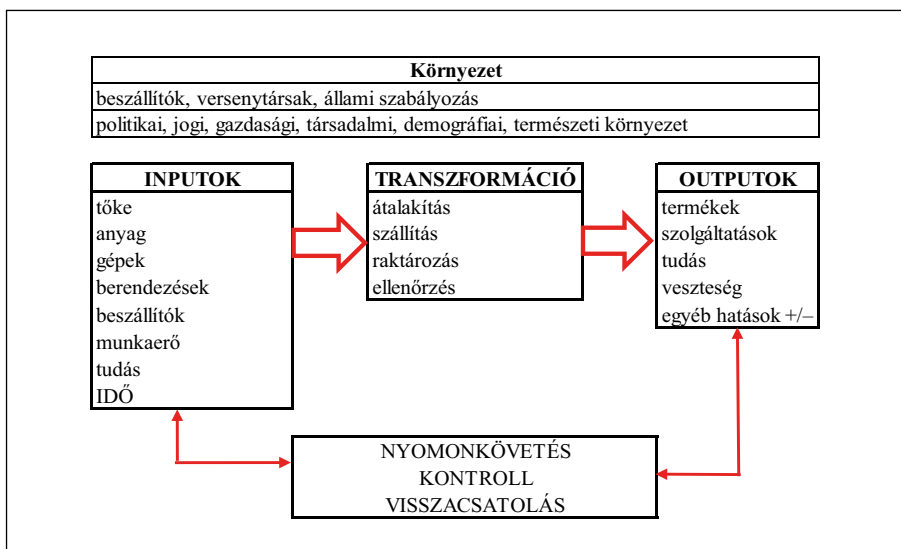
A termelés- és szolgáltatásmenedzsment a vállalat működésének egyik legkritikusabb területe, mivel közvetlenül befolyásolja a termékek vagy szolgáltatások minőségét, a költségeit, az átfutási idejét és a fogyasztói elégedettséget. A tudományterület azzal foglalkozik, hogy a rendelkezésre álló erőforrásokból hogyan lehet a lehető legnagyobb értéket előállítani.

A *termelés- és szolgáltatásmenedzsment* olyan vállalati funkció, amely a termékek előállításának és a szolgáltatások nyújtásának folyamatát tervezi, irányítja, ellenőrzi és folyamatosan fejleszti. Ez a terület a vállalat működésének egyik alappillére, hiszen közvetlenül érinti a költséghatékonyságot, a minőséget és a vevői elégedettséget is.

- A *termelés* a kézzelfogható termékek létrehozását jelenti, amely magában foglalja a nyersanyagok beszerzését, feldolgozását, összeszerelését és a késztermékek előállítását.
- A *szolgáltatás* nem fizikai termék előállítását jelenti, hanem immateriális érték nyújtását, ahol gyakran a fogyasztó közvetlenül részt vesz a folyamatban.

A rendszerek vizsgálatánál megkülönböztethetünk termelési és szolgáltatási rendszereket:

- A *termelési rendszer* olyan egymással összefüggő elemekből álló struktúra, amely inputokat (nyersanyag, energia, információ vagy emberi munkaerő) alakít át outputokká (termék vagy szolgáltatás) meghatározott folyamatokon keresztül. Az *átalakítási folyamat* minden esetben szabályozott, tervezett és optimalizált módon zajlik (1. ábra).



1. ábra: A termelési rendszer felépítése

Forrás: Saját szerkesztés

- A *szolgáltatási rendszer* hasonló elven működik, de az értékteremtés gyakran interakcióban történik az ügyféllel és az eredmény sokszor szubjektív megítélés alá esik.

A termelési rendszereket a termelés-folyamatjellegük alapján is célszerű csoportosítani, ahol megkülönböztetünk egyedi gyártást, sorozatgyártást és folyamatos tömegtermelést.

- Az egyedi gyártás olyan termelési forma, ahol a termékek kisméretű szériákban, gyakran egyedi igényekre szabva készülnek. Jellemzője, hogy a termék minden darabja más és más lehet, az előállítás gyakran nagy szakértelmet és rugalmasságot igényel. Ez a típus jellemző például az építőiparra, a hajógyártásra vagy az egyedi bútorok készítésére. Az egyedi gyártás előnye, hogy magas szintű testre szabást biztosít, hátránya a magas fajlagos költség és hosszabb átfutási idő.
- A sorozatgyártásnál egy terméket közepes vagy nagy szériában állítanak elő, általában előre meghatározott specifikációk szerint. Ez lehet kis sorozat (pl. 100–1000 darab) vagy nagy sorozat (több tízezer darab). A sorozatgyártásnál a gyártási folyamat részben automatizált, de szükség lehet emberi beavatkozásra is. Ez a módszer például az autógyártásban

vagy háztartási gépek előállításánál jellemző. Előnye a gazdaságosabb termelés és a méretgazdaságosság, hátránya a kisebb rugalmasság az egyedi igények kielégítésében.

- A tömegtermelésnél a termékek gyártása megszakítás nélkül, magas fokú automatizáltsággal történik. Jellemző a standardizált termékek előállítása (pl. élelmiszer-feldolgozás, vegyipar, cementgyártás vagy üveggyártás stb.). Előnye a rendkívül alacsony fajlagos költség, a magas termelékenység és az állandó minőség, hátránya a nagyon alacsony rugalmasság és a magas beruházási költség.

A termelési rendszerek csoportosíthatók technológiai elrendezés (a folyamatjellemzők) alapján is. A következő típusokat különböztethetjük meg:

- Projekt típusú termelésről: egyszeri, komplex és nagy volumenű feladatok (pl. hídépítés, rendezvényszervezés stb.). Szokták még helyhez kötött termelési rendszernek is nevezni, mivel az adott helyen lehet csak végezni (pl. bányászat).
- Műhelyrendszerű termelésről: rugalmas, kisebb tételek előállítására alkalmas (pl. szerszámgyártás stb.).
- Csoportosított termelésről (cellagyártás): a hasonló folyamatokat egy helyen csoportosítják, ami javítja a hatékonyságot.
- Folyamatrendszerű termelésről: folyamatos, standardizált termelési lépések, gyakran automatizálva.

A termelés célja és irányultsága alapján megkülönböztetünk piacorientált és költségorientált rendszert.

- A piacorientált rendszerek a fogyasztói igények minél gyorsabb kielégítésére összpontosítanak.
- A költségorientált rendszerek a hatékonyság, a költségminimalizálás és az erőforrás-optimalizálás elsődlegességét hangsúlyozzák.

A modern menedzsment szemléletében a termelési rendszereket LEAN, agilis, illetve hibrid rendszerek szerint kategorizálják.

- A LEAN rendszerek a veszteségminimalizálásra, az átfutási idők csökkentésére és a folyamatos fejlesztésre koncentrálnak.

- Az agilis rendszerek a gyors reakcióképességet és a változó piaci igényekhez való alkalmazkodást tartják elsődlegesnek.
- A LEAN és az agilis ötvözéseként alakulnak ki a hibrid modellek, amelyek a stabilitást és a rugalmasságot egyszerre próbálják érvényesíteni.

A szolgáltatásoknál a folyamat típusát gyakran a kontaktus szintje alapján határozzuk meg.

- A *magas kontaktusú folyamatokban* az ügyfél aktívan jelen van és befolyásolhatja a szolgáltatás kimenetelét (pl. fodrászszalonok, egészségügyi vizsgálat).
- Az *alacsony kontaktusú folyamatokban* a szolgáltatás nagyrészt automatizált és kevés közvetlen interakciót igényel (pl. egy online banki tranzakció).

A termelés- és szolgáltatásmenedzsment alkalmazásánál tisztában kell lenni a kapacitás értelemezésével is. A *kapacitás* azt mutatja meg, hogy egy adott rendszer milyen mennyiségű output előállítására képes egy meghatározott időszak alatt. A *kapacitásmenedzsment* célja annak biztosítása, hogy a termelési képesség összhangban legyen a kereslettel. Ez gyakran jelenti a berendezések, a munkaerő és a technológia optimális kombinációjának meghatározását.

A kapacitás tervezéséhez elengedhetetlen a *kínálat és kereslet menedzsmentje*, amely meghatározza, mikor és milyen mértékben szükséges bővíteni vagy csökkenteni a termelést. A kereslet előrejelzéséhez különféle módszereket alkalmazhatunk, melyek alkalmazása attól függ, hogy milyen adatok állnak a rendelkezésünkre. Az idősor-elemzés a korábbi adatok időbeli alakulását vizsgálja és abból próbál következtetéseket levonni a jövőbeni trendekre, szezonális mintázatokra vagy ingadozásokra vonatkozóan. A termelés- és szolgáltatásmenedzsmentben ez különösen fontos, mert a menedzsereknek folyamatosan döntéseket kell hozniuk a kapacitás, a készletek, a munkaerő-beosztás és az erőforrások optimális felhasználásáról.

Az idősor-elemzés legfőbb előnye, hogy megalapozott előrejelzést biztosít a múltbéli adatok alapján. A termelésben segíthet például felmérni, hogy a következő hónapokban mekkora kereslet várható egy adott termékre, így a vállalat el tudja kerülni a túlzott készletezést vagy éppen a hiányt. A szolgál-

tatásoknál is jól alkalmazható, mivel egy szálloda kihasználtsági adataiból, egy ügyfélszolgálat hívásforgalmából vagy egy logisztikai vállalat megrendelési volumenéből előre jelezhető, mikor van szükség extra kapacitásra.

Az idősor-elemzéssel meghatározható a szezonális és ciklusok száma és alakulása is. Ez segítséget nyújthat a vállalat számára, hogy a kiugró időszakokra fel tudjon készülni. Az idősor-elemzés másik nagy előnye a kockázatok mérséklése. A pontosabb kereslet-előrejelzésekkel csökken a felesleges készletezésből fakadó költség, mérséklődik a kapacitáskihasználatlanság és kisebb az esély arra, hogy a vállalat nem tudja kielégíteni a vevői igényeket. A szolgáltatásoknál ez azt jelenti, hogy az ügyfelek kevesebbet várnak, a kiszolgálási színvonal emelkedik és nő az elégedettség.

Az idősor elemzésére több módszer is ismert, ebből én a legjelentősebbeket mutatom be. Az egyszerű előrejelzési módszerek inkább rövid távra alkalmasak és könnyen alkalmazhatók, ha az adatok ingadozása nem túl nagy.

- Naiv előrejelzés: a következő időszak értéke megegyezik az utolsó ismert értékkel. Gyors és egyszerű, de érzékeny a véletlenszerű ingadozásokra.
- Mozgóátlag: az előző néhány időszak átlagát veszi előrejelzésként. A „sima” mozgóátlag kisimítja a véletlen zajt, de nem reagál gyorsan a trendekre.
- Súlyozott mozgóátlag: hasonló a mozgóátlaghoz, de nagyobb súlyt ad a frissebb adatoknak, így rugalmasabb a változások követésében.

Az exponenciális simítási módszerek a gyakorlatban széles körben használtak, mert könnyen alkalmazhatók és jól kezelik a rövid távú előrejelzést.

- Egyszerű exponenciális simítás: minden új előrejelzés az előző előrejelzés és a tényleges érték súlyozott átlaga. Stabil idősorokra alkalmas, ha nincs trend vagy szezonális.
- Holt-féle exponenciális simítás: kiterjesztés, amely a trendet is figyelembe veszi. Jó, ha a kereslet folyamatosan növekszik vagy csökken.
- Holt–Winters-módszer: a trend mellett a szezonalitást is beépíti. Különösen alkalmas olyan szolgáltatásokra vagy termékekre, ahol ismétlődő keresleti minták jelennek meg (pl. ünnepi szezonban megnő a forgalom).

A regressziós módszerek az idősor múltbeli alakulásának vizsgálata mellett a tényezőkkel való kapcsolatokat is vizsgálja.

- Lineáris és nemlineáris trendmodellek: az idősor értékét időfüggvényként írjuk le (pl. lineáris növekedés, exponenciális csökkenés).
- Regressziós elemzés: más magyarázó változókat (pl. reklámköltség, gazdasági mutatók, időjárás) is figyelembe vesz az előrejelzéshez. Ez szolgáltatásmenedzsmentben hasznos, például turizmusnál vagy közlekedésnél.

Léteznek úgynevezett statisztikai-idősoros modellek is, melyek már nagyobb statisztikai tudást igényelnek, azonban a szabályos modell felépítésekkel pontosabb eredményeket kapunk (hátránya: nagyobb adatigényű).

- ARIMA: a legismertebb módszer, amely autoregresszív (korábbi értékek), mozgóátlagos és differenciált komponensekből áll. Időben összefüggő, de nem szezonális adatokhoz hatékony.
- SARIMA (Seasonal ARIMA): a szezonális hatásokat is figyelembe veszi (pl. használható egy logisztikai cég karácsonyi csomagküldési csúcsainak előrejelzésére stb.).
- ARCH/GARCH modellek: elsősorban akkor hasznosak, ha az adatok varianciája ingadozik (pl. pénzügyi vagy energiafogyasztási előrejelzéseknél stb.).

Természetesen léteznek olyan előrejelzési módszerek is, amelyek a nehezen előrejelezhető termékekre vonatkoznak. Ezek közül a legtöbbet alkalmazott módszer a Croston-féle előrejelzés (Croston's method). Ez a szakaszos kereslet előrejelzésére alkalmas, amikor is a kereslet nem folyamatosan, hanem rendszertelen időközönként jelentkezik, ami miatt a hagyományos idősoreslemző módszerek torzított eredményeket adnak. A Croston-módszer lényege, hogy külön-külön simítja a kereslet nagyságát és az egyes keresleti események közötti időközöket, majd ezek hányadosaként állítja elő a jövőbeli kereslet becslését. Gyakran alkalmazott módszer, de nagy hátránya, hogy nagy valószínűséggel pozitív torzítást mutat (döntő többségben túlbecsüli a várható keresletet, különösen nagyobb simítási paramétereknél). Ennek korrigálására alkalmazzák az SBA-előrejelzést, ahol a számításba egy korrekciós tényező jelenik meg, amely a simítási paraméter értékétől függően csökkenti

a Croston-módszer által adott előrejelzést. Ezáltal mérsékli a pozitív torzítást és kiegyensúlyozottabb előrejelzést eredményez.

A Croston- és az SBA módszer nagy hiányossága, hogy hosszabb keresletmentes időszakok esetén nem reagálnak megfelelően, azaz az előrejelzés egy állandó értéken marad és nem csökken, még akkor sem, ha nyilvánvalóan megszűnik a kereslet. Ezt a problémát kezeli a TSB (Teunter Syntetos Babai) módszer, amely a kereslet nagyságát és a kereslet bekövetkezésének valószínűségét becsüli. A TSB frissítési szabályai lehetővé teszik, hogy az előrejelzés akkor is változzon, ha több egymást követő periódusban nincs kereslet. Ez a megközelítés ellenállóbbá, stabilabbá és megbízhatóbbá teszi a modellt olyan helyzetekben, amikor a termék iránti igény fokozatosan eltűnik (pl. termékéletciklus-váltás, piaci változások stb.). A TSB előnye, hogy képes lefelé módosítani az előrejelzést és ezáltal valóságghűbben követi a kereslet alakulását.

Az előrejelzések pontos elvégzése nagyon fontos feladat, mivel a pontatlan előrejelzés a túltermelés vagy az alultermelés problémájához vezethet, ami jelentős költségekkel járhat a vállalat számára.

A készlet fogalma szintén központi jelentőségű. A *készletek* alatt értjük azokat az anyagokat, félkész és kész termékeket, amelyek a termelési vagy szolgáltatási folyamatban felhasználásra várnak. A *készletgazdálkodás* feladata a készletszint optimalizálása, amely biztosítja a folyamatos működést, miközben minimalizálja a tőkelekötést. A készletek mennyiségi meghatározása (a készletszintek beállítása) a készletgazdálkodás egyik legkritikusabb feladata. A túl magas készletszint indokolatlan tőkelekötést, magas tárolási költségeket és avulási kockázatot jelent, míg a túl alacsony készletszint ellátási zavarokat, termelés kiesést vagy ügyfél-elégedetlenséget eredményezhet.

- A maximális készletszint az a határ, amely felett a készletezés már gazdaságtalan. Meghatározásakor figyelembe kell venni a raktárkapacitást, a tárolási költségeket, a készletromlás kockázatát, valamint a kereslet várható alakulását.
- A minimális készletszint az a legalacsonyabb készletszint, amely alá nem szabad csökkennie a készletnek, mert ellátási problémákhoz vezetne. Ez szoros kapcsolatban áll a biztonsági készletekkel és meghatározásában a kereslet előrejelezhetősége kulcsfontosságú.

- A normál (gazdaságos) készletszintet tekintjük optimális szintnek, amely a gazdaságosság és a működési biztonság közötti egyensúlyt képviseli. Itt érvényesülnek a készletgazdálkodás legfőbb céljai, a költségek minimalizálása az ellátási biztonság fenntartása mellett.
- A biztonsági készletszint az olyan többletkészlet, amelyet a vállalat a váratlan keresletingadozások vagy szállítási késedelmek kivédésére tartanak fenn. Nagysága függ a keresleti volatilitástól, a beszállítók megbízhatóságától és az átfutási idők hosszától.

Fontos még megemlíteni a jelző készletszint kifejezést is, amit a készletgazdálkodásban rendelési pontnak vagy újrendelési szintnek is hívunk. Ez azt a minimális készletmennyiséget jelenti, amelynek elérésekor a vállalatnak új rendelést kell leadnia ahhoz, hogy a beszerzés és a szállítás ideje alatt se alakuljon ki készlethiány. Ez a szint biztonsági funkciót tölt be, ami jelzi, hogy a meglévő készlet már csak arra elegendő, hogy a szállítási idő alatt várható keresletet kielégítse. A gyakorlatban ezt úgy használhatjuk, hogy amint a készlet nagysága lecsökken a jelző készletszintig, akkor automatikusan megindul a beszerzési folyamat, így mire a szállítmány megérkezik, a raktárkészlet nem ürül ki teljesen. A jelző készletszint meghatározásánál figyelembe kell venni a szállítási idő hosszát, a kereslet nagyságát és annak ingadozását, valamint az esetleges biztonsági készlet mértékét is. Megfelelő beállítása alapvető feltétele annak, hogy a készletgazdálkodás hatékonyan működjön (a vállalat el tudja kerülni mind a készlethiányból fakadó problémákat, mind pedig a túlzott készletfelhalmozást).

A készletnyilvántartás modern környezetben gyakran valós idejű, digitális rendszereken keresztül történik. Az RFID (Radio Frequency Identification) technológia lehetővé teszi a készletek automatikus azonosítását és nyomon követését. Ez a módszer gyorsítja a logisztikai folyamatokat és csökkenti az adminisztratív hibákat. A készletgazdálkodás alapjaival, a készletezési mechanizmusokkal, illetve az RFID részletes ismereteivel a *Készletgazdálkodás* tárgy keretein belül ismerkednek meg.

A készletgazdálkodáshoz gyakran alkalmaznak *EOQ* (Economic Order Quantity) modelleket, amelyek kiszámítják a gazdaságos rendelési mennyiséget egy adott környezetben. Másik használt módszer a *JIT* (Just-in-Time)

stratégia, melynek célja, hogy az anyagok pontosan akkor érkezzenek meg a vállalathoz/gyártásba/raktárba, amikor szükség van rájuk.

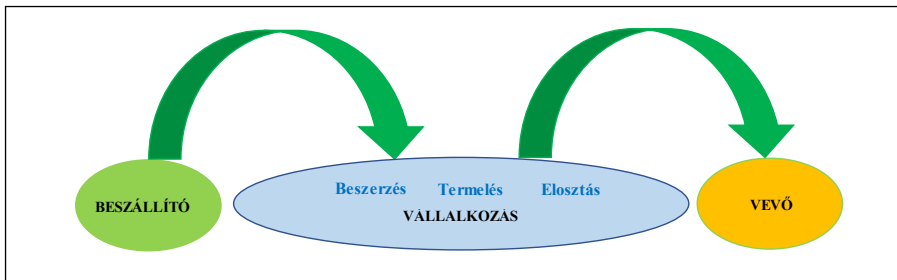
A termelés minősége a vállalati versenyképesség egyik legfontosabb tényezője. A *minőség* fogalma a termék vagy szolgáltatás azon jellemzőinek összességét jelenti, amelyek megfelelnek a meghatározott követelményeknek és az ügyfelek elvárásainak. A minőség fenntartásáért és annak folyamatos javításáért a minőségmenedzsment lesz a felelős. A legismertebb, nemzetközileg elismert minőségirányítási rendszer az *ISO 9001* szabvány.

A hibák csökkentésére a *Six Sigma* módszer alkalmazható hatékonyan. Ez statisztikai eszközökkel elemzi a folyamatokat és célja a hibaarány csökkentése.

A szolgáltatások minőségét gyakran a *SERVQUAL* modell alapján mérik. Ez a modell a szolgáltatásminőség mérésének egyik legismertebb és legelterjedtebb módszere. A lényege, hogy a fogyasztók által érzékelt szolgáltatásminőséget vizsgálja úgy, hogy összehasonlítja a vevői elvárásokat a szolgáltatás igénybevétele előtti állapotban, valamint az észlelt teljesítményt, amit a vevő ténylegesen tapasztal a szolgáltatás során. Ha a tapasztalat megfelel vagy meghaladja az elvárást, akkor jó a szolgáltatásminőség. Ha a tapasztalat elmarad az elvárástól, akkor minőségi hiányosság van.

A modell fő célja a szolgáltatásminőség objektív mérhetőségének biztosítása, illetve segít azonosítani a szolgáltatási részek forrását (hol tér el leginkább a fogyasztói elvárás az észlelt teljesítménytől). A *SERVQUAL* modellnek öt kulcsdimenziója van, amely öt dimenzió mentén vizsgálja a teljesítményt: megbízhatóság, reagálási képesség, biztonság, empátia és kézzelfogható elemek.

A termelés és szolgáltatás folyamatait az *ellátási lánc* kapcsolja össze a beszállítóktól a végfelhasználóig (2. ábra).



2. ábra: Az ellátási lánc folyamata

Forrás: Saját szerkesztés

Az *ellátáslánc-menedzsment* koordinálja az anyagáramlást, az információ-áramlást és a pénzügyi áramlást a teljes lánc mentén. Célja a költségek csökkentése, illetve a kiszolgálási színvonal javítása. A hatékonyság növelésére a *LEAN menedzsment* nyújt hatékony eszközöket, amelynek célja a felesleges tevékenységek (muda) kiküszöbölése. A LEAN-filozófia egyik központi eleme a veszteségek azonosítása és megszüntetése. A hét fő veszteségkategória (túltermelés, várakozás, szállítás, túlzott készletezés, felesleges mozgás, hibás termékek és túlzott feldolgozás) segít strukturáltan keresni a fejlesztési lehetőségeket. Fontos, hogy a LEAN nem egyszeri projektnek tekinthető a vállalatnál, hanem folyamatos gondolkodásmódot kell, hogy jelentsen.

A kockázatmenedzsment a termelés- és szolgáltatásmenedzsmentnél nagyon fontos tényező, amely a bizonytalanságok kezelésével, a veszélyek azonosításával, azok értékelésével és a megfelelő válaszlépések kidolgozásával foglalkozik. Lényege, hogy a vállalat képes legyen megelőzni, csökkenteni vagy kezelni azokat a negatív hatásokat, amelyek a termelési és szolgáltatási folyamatokban előfordulhatnak és amelyek veszélyeztethetik a hatékonyságot, a költségeket, a határidőket vagy a vevői elégedettséget.

A termelési és szolgáltatási rendszerek sok tényezőtől függenek (alapanyag-ellátás, technológia, munkaerő, informatikai rendszerek, ügyfélkapcsolatok, logisztika stb.), így a kockázatmenedzsment célja ezeknek a területeknek a biztonságos, zavartalan működésének biztosítása.

A menedzsment számára a kockázatok kezelése lehetővé teszi:

- a költségek stabilizálását (pl. készlethiány, gépleállás megelőzése),
- a határidők betartását (pl. beszállítói csúszások kivédése),
- a minőség fenntartását (pl. hibás termékek kiszűrése),
- a vevői elégedettség biztosítását (pl. szolgáltatáskiesés elkerülése).

A kockázatmenedzsment folyamatát a következő lépésekben lehet meghatározni:

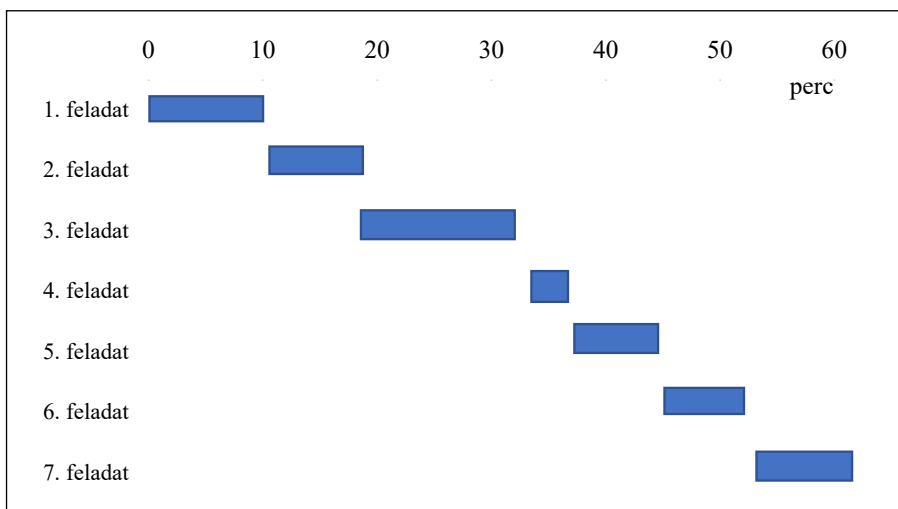
- A kockázatok azonosítása: meg kell határozni, milyen események okozhatnak problémát. Termelésben például géphibák, alapanyag-hiány, balesetek, minőségi eltérések stb. Szolgáltatásban például IT-leállások, túlterhelt ügyfélszolgálat, hibás adatbevitel, humánerőforráskiesés stb.

- A kockázatok értékelése és elemzése: a kockázatokat a bekövetkezés valószínűsége és a hatás súlyossága alapján kell rangsorolni. Például egy ritka, de nagyon súlyos gépleállás ugyanúgy kritikus lehet, mint egy gyakori, kisebb hibás teljesítés.
- Válaszlépések meghatározása (kockázatkezelési stratégiák):
 - Elkerülés: a kockázatos tevékenység megszüntetése (pl. veszélyes beszállító lecserélése stb.).
 - Csökkentés: megelőző intézkedések bevezetése (pl. karbantartási terv, minőség-ellenőrzés stb.).
 - Megosztás: kockázat áthárítása (pl. biztosítás, kiszervezés stb.).
 - Elfogadás: a vállalat tudatosan vállalja, mert a kezelés költségesebb lenne, mint a kockázat hatása.
- Nyomon követés és ellenőrzés: a kockázati környezet folyamatosan változik, így a menedzsmentnek rendszeresen újra kell értékelnie a kockázatokat és az alkalmazott intézkedések hatékonyságát.

A kockázatok típusai termelésben és szolgáltatásban a következők lehetnek:

- Operatív kockázatok: gépleállás, hibás folyamat, munkaerőhiány.
- Ellátási lánc kockázatok: beszállítói csúszás, alapanyaghiány, logisztikai fennakadások.
- Pénzügyi kockázatok: árfolyam-ingadozás, alapanyagár-emelkedés, költségütlépés.
- Minőségi kockázatok: hibás termék, nem megfelelő szolgáltatási színvonal.
- Technológiai kockázatok: informatikai rendszerhiba, elavult gépek.
- Humán kockázatok: fluktuáció, képzetlenség, motiváció hiánya.
- Környezeti és jogi kockázatok: szabályozás változása, környezeti balesetek, katasztrófák.

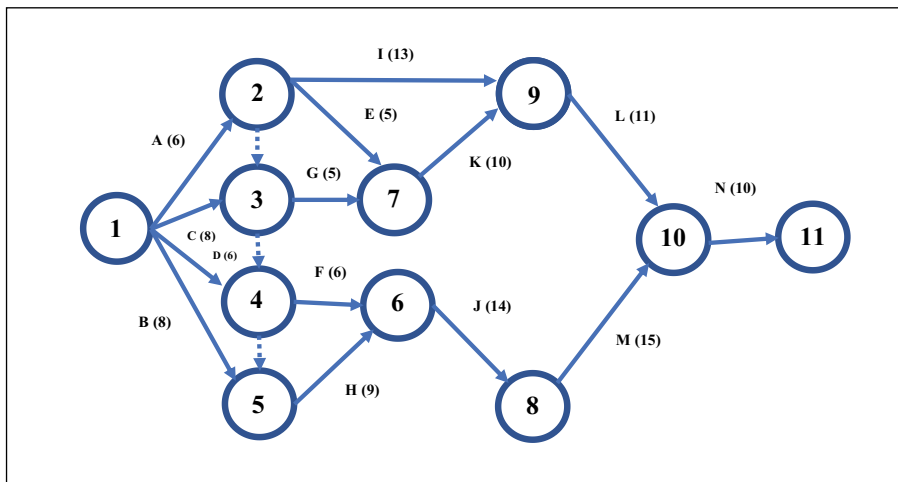
A projekतालapú munkáknál a *projektmenedzsment* módszerei kapcsolódnak a termeléshez és szolgáltatásokhoz. A *Gantt-diagram* például grafikus eszközt ad a feladatok időbeli ütemezésére (3. ábra).



3. ábra: Példa a Gantt-diagram bemutatására

Forrás: Saját szerkesztés

A *kritikus út módszer* (CPM) segít meghatározni azokat a tevékenységeket, amelyek késése az egész projekt csúszását okozná (erről részletesen lesz egy külön fejezetrész) (4. ábra).



4. ábra: A kritikus út alakulása egy mintapéldában

Forrás: Saját szerkesztés

A folyamatok teljesítményét számszerűsített mutatókkal mérjük (*KPI*). A termelésben ilyen lehet például az átfutási idő (a folyamat kezdetétől a befejezéséig eltelt idő, melynek csökkentése kulcsfontosságú a piaci versenyben, mert a gyorsabb reakcióidő növeli az ügyfél-elégedettséget és a vállalat alkalmazkodóképességét, cél a folyamatok egyszerűsítése és a felesleges lépések megszüntetése), a gépkihasználati arány, vagy az *OEE* (Overall Equipment Effectiveness, a berendezések rendelkezésre állását, a teljesítményét és a minőségét méri).

A szolgáltatásoknál a szolgáltatás tervezése nyújt technikai segítséget egy adott szolgáltatás teljes folyamatának áttekintésére. A tervezéshez vizuális eszközt alkalmaznak, mely diagram vagy egy térkép is lehet.

2.1. A termelési és szolgáltatási rendszerek típusai

A termelési és szolgáltatási rendszerek típusainak ismerete alapvető fontosságú a vállalatok működésének megértéséhez, mivel a rendszer típusa jelentős hatással van a tervezési, az irányítási és az ellenőrzési folyamatokra.

Korábban már tisztáztuk, hogy a termelési rendszer a vállalat azon része, amely az inputokat átalakítja outputtá. A rendszer jellemzőit elsősorban az határozza meg, hogy milyen termékeket vagy szolgáltatásokat nyújt, milyen mennyiségben, milyen változatosságban és milyen ütemezésben.

A termelési rendszerek típusai többféleképpen csoportosíthatók. Az egyik leggyakoribb csoportosítás az átáramlás és ismétlődés mértéke szerinti felbontás. Ez alapján három fő típust különböztetünk meg: egyedi gyártás, sorozatgyártás és folyamatos tömegtermelés. Ezekről korábban már a fogalomrendszernél írtam.

A szolgáltatási rendszerek típusait több szempont alapján sorolhatjuk be. A szolgáltatás folyamata lehet személyes interakciót igénylő vagy automata rendszeren alapuló (pl. a fodrászat vagy étterem magas személyes interakciót igényel, míg az online jegyfoglaló rendszer minimális emberi beavatkozással működik).

A szolgáltatási rendszereket gyakran az ügyfélkapcsolat intenzitása szerint is csoportosítják:

- Magas ügyfélkapcsolatú rendszerek (pl. egészségügyi ellátás, oktatás, tanácsadás stb.)

- Közepes ügyfélkapcsolatú rendszerek (pl. call centerek, postai szolgáltatások stb.)
- Alacsony ügyfélkapcsolatú rendszerek (pl. önkiszolgáló pénztárak, online banki műveletek stb.)

A másik felosztás a szolgáltatás szabványosítotttsága szerint történik:

- Standardizált szolgáltatások: azonos folyamat minden ügyfélnél (pl. gyorsétterem, tömegközlekedés stb.).
- Testreszabott szolgáltatások: az ügyfél igényeire szabott folyamatok (pl. ügyvédi tanácsadás, belsőépítészeti tervezés stb.).

A termelési és szolgáltatási rendszerek közötti különbségek ellenére mindkettő célja az értékteremtés (a vállalat olyan terméket vagy szolgáltatást biztosít, amelynek az ügyfél által érzékelt haszna meghaladja a beszerzési árát vagy a ráfordított erőforrásokat), de az értékteremtési folyamat jellege eltérő lehet. Az érték lehet:

- Funkcionális érték: a termék vagy szolgáltatás hasznossága (pl. autó megbízhatósága).
- Érzelmi érték: az ügyfél érzelmi kapcsolódása (pl. márkapresztízs).
- Társadalmi érték: társadalmi státuszt, fenntarthatóságot közvetít (pl. zöld technológia).
- Pénzügyi érték: költségmegtakarítás, kedvező ár-érték arány.

A termelési rendszerekben a hangsúly a fizikai termékek előállításán és a folyamatok hatékonyságán van, míg a szolgáltatási rendszerekben az ügyfél-élmény és a kiszolgálás minősége kulcsfontosságú.

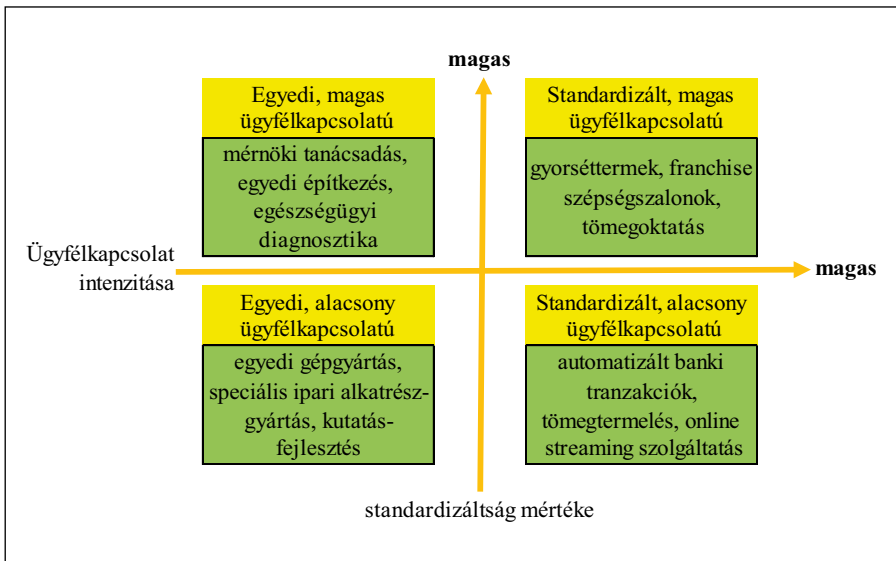
A modern vállalatoknál gyakran hibrid rendszerek működnek, amelyek ötvözik a termelési és szolgáltatási jellemzőket (pl. egy autógyár nemcsak járműveket gyárt, hanem karbantartási, javítási és finanszírozási szolgáltatásokat is kínál). Ez a komplex működés integrált menedzsmentet igényel, ahol a termelési logika és a szolgáltatási szemlélet egyszerre van jelen.

A következőkben a termelési és szolgáltatási rendszerek folyam-érték mátrixát mutatom be, ami kétdimenziós mátrixnak felel meg:

- Vízszintes tengely (X) a standardizáltság mértéke, ahol a bal oldalon az alacsony standardizáltság (egyedi, testreszabott folyamatok), míg jobb oldalon a magas standardizáltság (szabványos, ismétlődő folyamatok) látható.
- Függőleges tengely (Y) az ügyfélkapcsolat intenzitása, ahol alul az alacsony ügyfélkapcsolat, míg felül a magas ügyfélkapcsolat található.

A mátrixban négy negyed található (5. ábra):

1. Bal felső negyed: az egyedi, magas ügyfélkapcsolatú rendszerek. Ide tartoznak a magas szintű személyre szabást és sok interakciót igénylő szolgáltatások és egyedi termelési projektek (pl. a mérnöki tanácsadás, az egyedi építkezés, az egészségügyi diagnosztika stb.).
2. Jobb felső negyed: a standardizált, magas ügyfélkapcsolatú rendszerek. Standardizált folyamatok, de még mindig magas a személyes interakció (pl. a gyorséttermek, a franchise típusú szépségszalonok, a tömegoktatás stb.).



5. ábra: A folyamat-érték mátrix felépítése

Forrás: Saját szerkesztés

3. Bal alsó negyed: az egyedi, alacsony ügyfélkapcsolatú rendszerek. Olyan gyártási vagy szolgáltatási rendszerek, ahol a termék egyedi, de az ügyfélkapcsolat minimális (pl. az egyedi gépgyártás, a speciális ipari alkatrész-gyártás, a kutatás-fejlesztés bizonyos szakaszai stb.).
4. Jobb alsó negyed: a standardizált, alacsony ügyfélkapcsolatú rendszerek. Teljesen szabványosított, automatizált folyamatok, minimális ügyfélbevonással. Például az automatizált banki tranzakciók, a tömegtermelés, az online streaming szolgáltatások.

A gyakorlati életben a vállalatok gyakran egyszerre több negyedben is működnek, különböző termék- és szolgáltatásportfólióval.

2.2. A folyamatok és az értékteremtés a termelési és szolgáltatásmenedzsmentben

A termelés- és szolgáltatásmenedzsment egyik legfontosabb feladata, hogy a vállalat által létrehozott folyamatok a lehető legnagyobb értéket biztosítsák az ügyfelek számára, miközben költséghatékonyak, fenntarthatóak és versenyképesek maradnak. A folyamatok és az értékteremtés fogalmai szorosan összefonódnak, mivel a vállalat minden tevékenysége (a nyersanyagok beszerzésétől a végtermék átadásáig vagy a szolgáltatás nyújtásáig) érték hozzáadását célozza.

A folyamat olyan egymással összefüggő tevékenységek sorozata, amelyek egy adott bemenetet (input) alakítanak át kimenetté (output), miközben az ügyfél számára értéket teremtenek. Egy gyártósor esetében a bemenet lehet acéllemez, a kimenet pedig kész autókarosszéria; egy szolgáltatásnál a bemenet lehet a beteg panaszai, a kimenet pedig a diagnózis és a kezelési terv. A folyamatok lehetnek:

- Magfolyamatok, melyek közvetlenül hozzájárulnak a végső értékhez (pl. a termék összeszerelése vagy a vendéglátásban az ételkészítés stb.).
- Támogató folyamatok, melyek nem közvetlenül, de nélkülözhetetlenül segítik a magfolyamatokat (pl. HR, IT vagy karbantartás stb.).
- Irányítási folyamatok, melyek a szervezet egészének működését koordinálják (pl. stratégiai tervezés, minőségirányítás stb.).

A folyamatok hatékonysága és minősége alapvetően meghatározza a vállalat versenyképességét.

2.3. A teljesítménymutatók és a mérési módszerek a termelésben és a szolgáltatásban

A teljesítménymutatók és a mérési módszerek fontos elemei a termelési és szolgáltatási rendszerek hatékonyságának, minőségének és eredményességének nyomon követésének. Egy vállalat akkor képes versenyelőnyt kiépíteni és fenntartani, ha nemcsak tervezi és végrehajtja a folyamatait, hanem folyamatosan mérni és értékelni is tudja azok kimeneteit. A mérés alapja a célkitűzések egyértelmű meghatározása, hiszen a KPI-k mindig a stratégiai irányhoz kapcsolódnak.

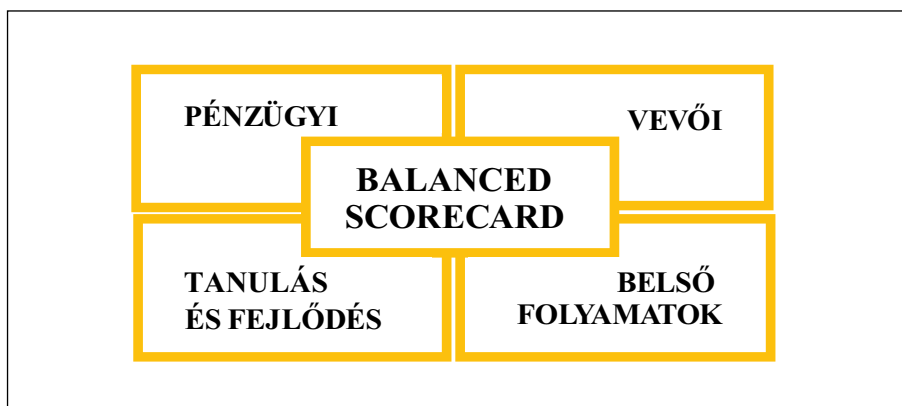
A teljesítménymérés elsődleges célja, hogy objektív visszajelzést adjon a szervezet működéséről, segítse a döntéshozatalt és támogassa a folyamatos fejlesztést. A KPI-k lehetnek pénzügyi (pl. árbevétel, haszonkulcs) és nem pénzügyi (pl. ügyfél-elégedettség, hibaarány) jellegűek is. A jól kialakított mutatószámok SMART kritériumoknak felelnek meg: specifikusak, mérhetők, elérhetők, relevánsak és időhöz kötöttek.

A termelés- és szolgáltatásmenedzsmentben a leggyakrabban alkalmazott mutatók az alábbi csoportokba sorolhatók:

- Hatékonysági mutatók (pl. OEE-mutató, mely a berendezések átfogó hatékonyságát adja meg)
- Minőségi mutatók (pl. hibaarány, selejtarány, reklamációs arány, elsőre jónak minősített termékek aránya stb.)
- Időalapú mutatók (pl. átfutási idő, ciklusidő, megrendelés teljesítési ideje stb.)
- Költségmutatók (pl. egységköltség, készlettartási költség, karbantartási költség stb.)
- Ügyfélorientált mutatók (pl. ügyfél-elégedettségi index (CSI), panaszkezelési idő stb.)
- Fenntarthatósági mutatók (pl. energiafelhasználás, CO₂-kibocsátás, újrahasznosítási arány stb.)

A megfelelő mutatók kiválasztására különböző keretrendszereket lehet alkalmazni. A legjelentősebb ilyen keretrendszer a Balanced Scorecard (BSC), melyet Robert S. Kaplan és David P. Norton dolgozott ki a 1990-es évek elején. A módszer lényege, hogy a vállalatok a pénzügyi mutatók (mint bevétel, nyereség, költségek) mellett más kulcsfontosságú nézőpontokat is vegyenek figyelembe a stratégia nyomon követésében. A klasszikus BSC négy perspektívából méri a teljesítményt (6. ábra):

- Pénzügyi perspektíva: Hogyan nézünk ki a tulajdonosok szemében? (Pl. profit, árbevétel-növekedés, költséghatékonyság stb.)
- Ügyfél perspektívája: Hogyan látnak minket az ügyfelek? (Pl. ügyfél-elégedettség, piaci részesedés, ügyféltartás stb.)
- Belső folyamatok perspektívája: Miben kell kiválónak lennünk a működésben? (Pl. termelési hatékonyság, innováció, minőségbiztosítás stb.)
- Tanulás és fejlődés perspektívája: Hogyan tudunk javulni és növekedni? (Pl. dolgozói képzés, szervezeti kultúra, tudásmenedzsment stb.)



6. ábra: A Balanced Scorecard elvi felépítése

Forrás: Saját szerkesztés

A teljesítménymérés kvantitatív (számszerűsíthető adatok) és kvalitatív (minőségi, szubjektív adatok) módon történhet. A fejlett termelési rendszerek-nél az adatgyűjtés már automatikusan történik, ezzel valós idejű információt szolgáltatnak a gépek teljesítményéről a vállalat számára. A szolgáltatásoknál legtöbbször valamilyen kérdőíves felmérést célszerű elvégeztetni.

A mérési módszerek közül első körben a Pareto-elemzést célszerű alkalmazni, mivel ezzel a legkritikusabb problémák könnyen azonosíthatók. Ezt követően célszerű a bonyolultabb, időigényesebb módszereket használni. A Pareto-elemzés (másnéven 80/20 szabály) egy döntéstámogató és problémamegoldó módszer, amelyet az olasz közgazdász Vilfredo Pareto megfigyeléseire alapoznak. A módszer alapját Pareto azon kijelentése adja, miszerint a javak kb. 80%-át a lakosság 20%-a birtokolja. Ezt a gyakorlati életben több formában is meg lehet fogalmazni: a hibák 80%-át a problémák 20%-a okozza, a bevételek 80%-át az ügyfelek 20%-a termeli, a panaszok 80%-át az ügyfelek 20%-a adja stb. A Pareto-elemzés abban segít, hogy azonosítsuk a legfontosabb néhány tényezőt, amelyek a problémák vagy eredmények nagy részét okozzák az adott vállalatnál. Az elemzésnél először azonosítani kell a problémákat, hibákat vagy eseményeket, majd megszámlálni/megmérni, hogy milyen gyakran fordulnak elő azok (vagy mekkora hatásuk van). Ezután fontossági sorrendet kell felállítani, majd az adatokat Pareto-diagramon ábrázolni (oszlopdiagram a gyakoriságokról és mellé halmozott görbe, ami megmutatja a kumulált 80%-os határt).

A jobb értelmezhetőség érdekében egy példán keresztül is tekintsük át a Pareto-diagramot. Egy gyártóüzemben egy hónap termelése során 11 különböző hibát rögzítettek a minőségellenőrök (összesen 160 hiba). A leggyakoribb hiba a karcolás volt 50 esettel, ezt követte a repedés 30 esettel, majd a szennyeződés 20 esettel. További hibák közé tartozott a méreteltérés (15 eset), a hiányzó alkatrész (12 eset), a rossz felületkezelés (10 eset), a laza csavar (8 eset), valamint a szerelési hiba (6 eset). Ritkábban fordult elő a vízszivárgás (4 eset), az elektromos hiba (3 eset) és végül a címkehiba (2 eset). A Pareto-diagram elemzése megmutatta, hogy a karcolás és a repedés együtt a hibák 50%-át adta, míg az első öt hibatípus már közel 80%-ban lefedte az összes előforduló hibát, így ezekre célszerű fókuszálni a javító intézkedéseket. A gyakoriságok alapján készítsünk egy Pareto-diagramot, amely megmutatja, hogy az első két hibatípus az összes hiba hány százalékát teszi ki.

Először is az információkat rendezzük táblázatba (1. táblázat):

1. táblázat: Csökkenő sorrendbe rendezett hibatípusok

Hiba típusa	Esetszám
Karcolás	50
Repedés	30
Szennyeződés	20
Méreteltérés	15
Hiányzó alkatrész	12
Rossz felületkezelés	10
Laza csavar	8
Szerelési hiba	6
Vízszivárgás	4
Elektromos hiba	3
Címkehiba	2

Forrás: Saját adatgyűjtés

Ezt követően elkészítjük a részarányokat, megoszlást: rész / egész. Az egész érték az összes esetek száma (2. táblázat).

2. táblázat: A hiba típusaihoz tartozó részarány-kalkuláció

	A	B	C	D
18	Hiba típusa	Esetszám	Százalék	
19	Karcolás	50	=B19/\$B\$30	31,25%
20	Repedés	30	=B20/\$B\$30	18,75%
21	Szennyeződés	20	=B21/\$B\$30	12,50%
22	Méreteltérés	15	=B22/\$B\$30	9,38%
23	Hiányzó alkatrész	12	=B23/\$B\$30	7,50%
24	Rossz felületkezelés	10	=B24/\$B\$30	6,25%
25	Laza csavar	8	=B25/\$B\$30	5,00%
26	Szerelési hiba	6	=B26/\$B\$30	3,75%
27	Vízszivárgás	4	=B27/\$B\$30	2,50%
28	Elektromos hiba	3	=B28/\$B\$30	1,88%
29	Címkehiba	2	=B29/\$B\$30	1,25%
30	Összesen	=SZUM(B19:B29)	=B30/\$B\$30	100,00%
31		SZUM(szám1; [szám2]; ...)		

Forrás: Saját adatgyűjtés

Ezt követően készítsük el a kumulált értéket a gyakoriságra és a részarányokra is (az adott csoporttal bezárólag kell a csoportösszeget meghatározni vagy százalékban vagy esetszámban) (3. táblázat).

3. táblázat: A hiba típusaihoz tartozó kumulált részarány-kalkuláció

	A	B	D	E	F	G	H
33	Hiba típusa	Esetszám	Százalék	Kumulált db		Kumulált %	
34	Karcolás	50	31,25%	=B34	50	=D34	31,25%
35	Repedés	30	18,75%	=E34+B35	80	=D35+G34	50,00%
36	Szennyeződés	20	12,50%	=E35+B36	100	=D36+G35	62,50%
37	Méreteltérés	15	9,38%	=E36+B37	115	=G36+D37	71,88%
38	Hiányzó alkatrész	12	7,50%		127		79,38%
39	Rossz felületkezelés	10	6,25%		137		85,63%
40	Laza csavar	8	5,00%		145		90,63%
41	Szerelési hiba	6	3,75%		151		94,38%
42	Vízszivárgás	4	2,50%		155		96,88%
43	Elektromos hiba	3	1,88%		158		98,75%
44	Címkehiba	2	1,25%		160		100,00%
45	Összesen	160	100,00%				

Forrás: Saját adatgyűjtés

Az elkészített táblázat összes eredménye (4. táblázat):

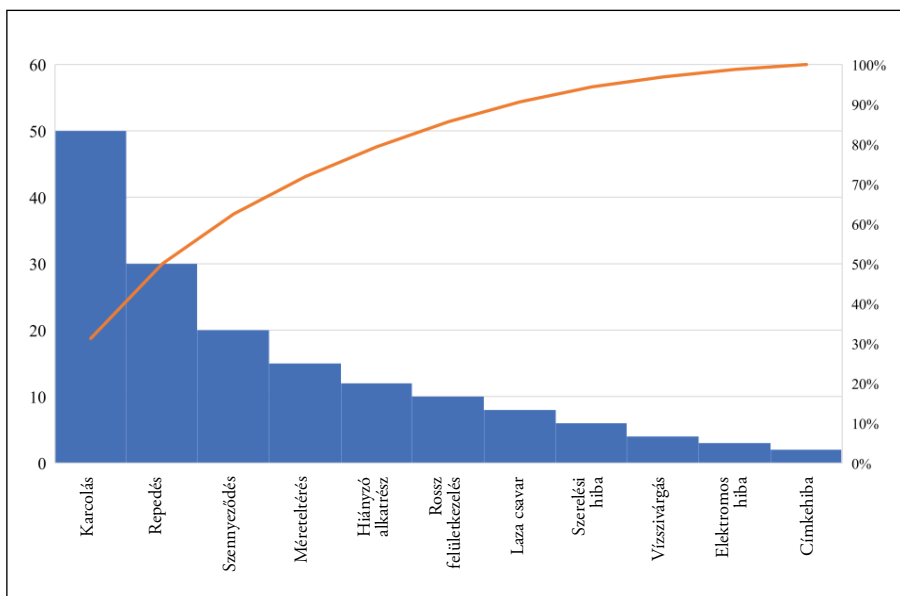
4. táblázat: A hiba típusaihoz tartozó összes kalkulált érték

Hiba típusa	Esetszám	Százalék	Kumulált db	Kumulált %
Karcolás	50	31,25%	50	31,25%
Repedés	30	18,75%	80	50,00%
Szennyeződés	20	12,50%	100	62,50%
Méreteltérés	15	9,38%	115	71,88%
Hiányzó alkatrész	12	7,50%	127	79,38%
Rossz felületkezelés	10	6,25%	137	85,63%
Laza csavar	8	5,00%	145	90,63%
Szerelési hiba	6	3,75%	151	94,38%
Vízszivárgás	4	2,50%	155	96,88%
Elektromos hiba	3	1,88%	158	98,75%
Címkehiba	2	1,25%	160	100,00%
Összesen	160	100,00%		

Forrás: Saját adatgyűjtés

Az elkészített táblázatból kell elkészíteni a Pareto-diagramot. Ki kell jelölni a hibatípus elnevezését és a gyakoriságok értékét (fejléccel együtt kell kijelölni). Ezt követően a Beszúrás menü → Diagramok / Histogram → választani kell a Pareto-diagramot. Ekkor az Excel automatikusan megrajzolja az oszlopokat (gyakoriság) és a kumulált százalékvonalat (másodlagos tengelyen) (7. ábra).

A Pareto-diagram megmutatja, hogy mely hibák adják az összes probléma nagy részét. A példánkban az első két hiba (karcolás + repedés) együtt 50%-ot adnak (vagyis a hibák fele két okból származik). A kumulált százalékos görbe alapján az első öt hibatípus már közel 80%-ban lefedi az összes hibát.



7. ábra: A Pareto-diagram ábrája a mintapéldára

Forrás: Saját szerkesztés

3. A KAPACITÁSTERVEZÉS ÉS ERŐFORRÁS-MENEDZSMENT

A kapacitástervezés és az erőforrás-menedzsment a termelés- és szolgáltatás-menedzsmentben jelentős szerepet tölt be, mivel meghatározza, hogy a vállalat képes-e kielégíteni a piaci igényeket optimálisan kihasználva a rendelkezésére álló emberi, technológiai és anyagi erőforrásokat.

A kapacitás azt jelenti, hogy egy rendszer vagy folyamat egy adott időegység alatt mennyi terméket vagy szolgáltatást képes előállítani, figyelembe véve a rendelkezésre álló erőforrásokat és technológiai korlátokat.

A kapacitás szintje kétféle lehet:

- elméleti, ami a maximális lehetséges teljesítményt mutatja ideális körülmények között; lehet gyakorlati, amely figyelembe veszi a karbantartás, a beállítási idők és a leállások hatását,
- tényleges, amely az adott időszakban ténylegesen elért teljesítményt mutatja.

A szolgáltatásoknál a kapacitás fizikai termelési volumenben, az ügyfelek kiszolgálására fordítható időben, a párhuzamosan kezelhető ügyfélszám kapacitásában, vagy akár az online rendszerek tranzakciós teljesítőképességében is mérhető. A szolgáltatásoknál a kapacitás sajátossága, hogy az igénybevétel pillanatában kell rendelkezésre állnia és a kihasználatlan kapacitás gyakran végleg elveszik (pl. egy üresen maradt szállodai szoba vagy egy kihasználatlan repülőgép-ülés stb.). Emiatt a szolgáltatási kapacitástervezésben nagy szerepet kap a kereslet kiegyenlítése (pl. időszakos árazással, előfoglalási kedvezményekkel vagy szolgáltatáscsomagok kialakításával stb.).

A kapacitástervezés kiindulópontja a kereslet előrejelzése, hiszen a kapacitásnak alkalmazkodnia kell a várható piaci igényekhez. Ha a kapacitás alacsonyabb a keresletnél, az hosszabb átfutási időkhöz, ügyfélvesztéshez és

bevételkieséshez vezethet, míg a túlzott kapacitás kihasználatlanságot, magas fix költségeket és alacsony jövedelmezőséget eredményezhet. Ezért a kapacitás tervezése egyensúlykeresés a rugalmasság és a költséghatékonyság között. A kapacitás rövid távon rugalmasan növelhető például túlórakkal, ideiglenes munkaerő bevonásával, alvállalkozók igénybevitelével vagy műszakszám növelésével, hosszú távon viszont inkább beruházások, új gépek beszerzése, technológiai fejlesztések vagy telephelybővítés jelenti a megoldást.

A kapacitástervezés folyamata a következő lépésekből áll:

1. Kereslet előrejelzése: a vállalat statisztikai modellek, piackutatások és trendanalízis segítségével meghatározza a várható keresletet egy adott időszakra.
2. Jelenlegi kapacitás felmérése: a meglévő termelési és szolgáltatási kapacitás felmérése, figyelembe véve a géppark, a munkaerő, az infrastruktúra és a készletek állapotát.
3. Kapacitás és kereslet összevetése: az előrejelzett keresletet összehasonlítják a rendelkezésre álló kapacitással, hogy azonosítsák a hiányt vagy a felesleget.
4. Stratégiai opciók kialakítása: ha kapacitáshiány van, akkor kapacitásbővítésre (új gépek, plusz műszak, alvállalkozók stb.) vagy keresletmenedzsmentre (árstratégia, előfoglalási kedvezmények stb.) van szükség. Ha kapacitásfelesleg alakul ki, akkor költségcsökkentési intézkedések, átütemezések vagy új piacok keresésére van szükség.
5. Döntéshozatal: a menedzsment kiválasztja a legkedvezőbb alternatívát, figyelembe véve a költségeket, a megtérülést és a stratégiai célokat.
6. Megvalósítás: a döntést akciótervek formájában ültetik át a gyakorlatba, ütemezve a szükséges beruházásokat, a munkaerő-felvételt vagy a szerződéskötéseket.
7. Monitoring és kontroll: a megvalósítás után folyamatosan mérik a teljesítményt (pl. OEE, kihasználtsági mutatók stb.) és figyelik, hogy a kapacitás továbbra is illeszkedik-e a kereslethez.

A kapacitásbővítés és -szűkítés tervezésénél a vállalatnak figyelembe kell vennie a beruházások megtérülését, a piaci trendeket, a technológiai változásokat és a versenytársak lépéseit. Az optimális kapacitás eléréséhez gyakran alkalmaznak szimulációs modelleket és döntéstámogató rendszereket, amelyek segítenek a különböző módozatok közötti döntésekben.

Az erőforrás-menedzsment mindazon döntések és módszerek összessége, amelyek révén a munkaerő, a gépek, az eszközök, az anyagok, az információ és az idő a stratégiai célokhoz igazítva kerülnek kiosztásra. Az erőforrás-menedzsment szoros kapcsolatban áll a kapacitástervezéssel, hiszen a kapacitás mértéke közvetlenül függ az emberi, a gépi, az anyagi és a pénzügyi erőforrások rendelkezésre állásától és hatékony beosztásától. Az emberi erőforrások kezelése a megfelelő létszám biztosításától a munkaidő-beosztáson át a képzési programokig terjed, míg a gépi erőforrások menedzsmentje magában foglalja a karbantartási tervek készítését, a gépállásidők minimalizálását és az optimális ütemezést.

Az erőforrás-menedzsmentben kiemelt szerepe van az ütemezésnek és a kapacitás kiegyensúlyozásának. Az FCS módszer (Finite Capacity Scheduling) például akkor alkalmazzák, amikor a rendelkezésre álló kapacitás korlátozott és a feladatokat úgy kell ütemezni, hogy a legfontosabb megrendelések időben elkészüljenek. Ezzel szemben az Infinite Capacity Planning (ICP) feltételezi, hogy a kapacitás rugalmasan bővíthető, így a hangsúly inkább az optimális erőforrás-elosztáson van.

3.1. Példa a kapacitástervezésre (mosodai szolgáltatás)

Egy ipari mosoda heti szinten vállal nagyüzemi textíliamosást hotelek és éttermek számára. Az elmúlt időszak megrendeléseinek alakulása alapján a kereslet a következő hetekben az alábbiak szerint várható (5. táblázat):

5. táblázat: A mosodai szolgáltatás várható keresletalakulása

Hét	Várható kereslet (kg)
1	9 000
2	9 200
3	9 800
4	10 500
5	10 900
6	10 300

Forrás: Saját szerkesztés

A jelenlegi géppark heti kapacitása 9 500 kg. Ha a mosoda plusz egy gépet állítana üzembe, az további 1 500 kg/hét kapacitást adna, de csak a 4. héttől tudna működni, a beszerzés és a telepítés miatt. Lehetőség van ideiglenes munkaerő felvételére, ami +500 kg/hét teljesítményt jelent, de magasabb költséggel.

A mosoda célja, hogy ne maradjon el megrendelés teljesítése, de a többletköltségeket is minimalizálja.

3.2. Példamegoldás a kapacitástervezésre (mosodai szolgáltatás)

Az első lépés a kereslet és a jelenlegi kapacitás összevetése (8. ábra).

	A	B	C	D	E
1	1. Kereslet vs. jelenlegi kapacitás összevetése:				
2					
3	Hét	Kereslet (kg)	Kapacitás (kg)	Különbség (kg)	
4	1	9 000	9 500	=(C4-B4)	500
5	2	9 200	9 500	=(C5-B5)	300
6	3	9 800	9 500	=(C6-B6)	-300
7	4	10 500	9 500	=(C7-B7)	-1 000
8	5	10 900	9 500	=(C8-B8)	-1 400
9	6	10 300	9 500	=(C9-B9)	-800
10					
11					

8. ábra: A mosodai szolgáltatás kapacitása és várható kereslete közötti különbségképzés

Forrás: Saját szerkesztés

A következő lépés a döntési stratégia kialakítása. Az első két hétben nincs szükség beavatkozásra, mert van kapacitásfelesleg.

A 3. héten ideiglenes munkaerő felvételével szükséges (+500 kg/hét), így kielégíthető a keresett kapacitás (nem lesz hiány):

$$9\,500 + 500 = 10\,000 \text{ kg} > 9\,800 \text{ kg}$$

A 4. héttől új gép üzembe állítása +1 500 kg kapacitást biztosít, így a kapacitás 11 000 kg/hét lesz. A 4–6. héten az új gép önmagában is fedezi a keresletet, nincs szükség ideiglenes munkaerőre.

Tehát minden megrendelés teljesíthető, ideiglenes munkaerőt csak a 3. héten kell alkalmazni.

3.3. Példa a kapacitástervezésre (pékség, gyártás)

Egy pékség két terméket gyárt: bagett (A) és kifli (B). A következő 3 hét előrejelzett heti kereslete a két termékre:

- 1. hét: A = 800 db, B = 300 db
- 2. hét: A = 1 000 db, B = 400 db
- 3. hét: A = 900 db, B = 500 db

A pékség saját, alapkapacitása heti 1 200 db a két termékből, azaz a gyártás kombinálható szabadon a termékek között. Hetente igénybe vehető túlóra 200 db/hét, melynek költsége 250 € (ha aktiváljuk, a teljes +200 db elérhető, nem részben). A kiszervezés (alvállalkozó) maximum 150 db/hét rendelhető, egységköltsége 1,60 €/db. A készletképzés megengedett, a készlettartási költség 0,12 €/db/hét. Késedelem nem megengedett, mivel minden heti keresletet az adott héten ki kell elégíteni. Készítsen minimális költségű tervet 3 hétre (heti bontásban), hogy minden heti igényt kielégítsen.

3.4. Példamegoldás a kapacitástervezésre (pékség, gyártás)

Meghatározzuk az összes heti kereslet értékét (6. táblázat):

$$\text{igény} = A + B$$

6. táblázat: Az összes igény meghatározása a pékségben

Hét	Összes igény (db)
1. hét	$800 + 300 = 1\,100$
2. hét	$1\,000 + 400 = 1\,400$
3. hét	$900 + 500 = 1\,400$

Forrás: Saját szerkesztés

Összevetve a kapott eredmény értékét a kapacitással (7. táblázat):

$$\text{Különbség} = 1200 - \text{adott hét összes igénye}$$

7. táblázat: Kapacitás és elvárás összehasonlítása a pékségben

Hét	Különbség (db)	
1. hét	$1200 - 1\ 100 = 100$	készlet képezhető
2. hét	$1\ 200 - 1\ 400 = -200$	hiány
3. hét	$1\ 200 - 1400 = -200$	hiány

Forrás: Saját szerkesztés

Ezt követően különböző verziókat kell áttekinteni a költségek minimalizálására:

1. Alapkapacitás kihasználásával + túlóra felhasználása

Ezen kalkulációban csak a túlóra lehetőségével számolunk. Más lehetőség nem vehető igénybe (csak maximum a készlettartás).

Az 1. héten készlet alakult ki, így nem szükséges pluszforrás bevonása. A készlettartás költsége 12 euró ($0,12 \text{ euró/darab} \times 100 \text{ db} = 12 \text{ euró}$).

A 2. héten 200 db hiány van, amit ki kell elégíteni. Mivel az 1. hétről maradt 100 darab termék, így azt fel tudjuk most használni, így marad 100 darab valós hiány. Ha túlórát akarunk igénybe venni, akkor egyszerre 200 darabot aktiválni kell. Ennek költsége 250 euró. A folyamat végére így 100 db termék marad, amit készleten kell tartani 12 euró áron ($0,12 \text{ euró/darab} \times 100 \text{ db} = 12 \text{ euró}$).

A 3. hétre így maradt 100 darab termék, nekünk volt 200 darab hiányunk, így a valós hiány 100 darab. Itt is igénybe kell venni a túlórát az igények kielégítéséhez. A túlóra igénybevétele 200 darab, így 100 darab termék maradt készleten ($-200 + 100 + 200 = 100$), melyet készleten kell tartani 12 euró összegben ($0,12 \text{ euró/darab} \times 100 \text{ darab} = 12 \text{ euró}$).

Tehát így az összes költség $12 \text{ €} + 250 \text{ €} + 12 \text{ €} + 250 \text{ €} + 12 \text{ €} = 536 \text{ €}$ (8. táblázat).

8. táblázat: Összesítő táblázat az alapkapasitás kihasználása a pékségben

Hét	Plusztermelés	Kiszervezés/Túlóra	Megjegyzés	Költség	
1.	100 db		készlet tartás	12	euró készlet tartás
2.		100 db	túlóra	250	euró túlóra (100 db készleten marad)
		100 db	készlet tartás	12	euró készlet tartás
3.		100 db	túlóra	250	euró túlóra (100 db készleten marad)
		100 db	készlet tartás	12	euró készlet tartás
Összesen				536	euró

Forrás: Saját szerkesztés

2. Alapkapasitás kihasználásával + kiszervezés igénybevétele

Ezen kalkulációban a kiszervezést és a készlet tartást lehet alkalmazni csak.

Az 1. héten készlet alakult ki, így nem kell plusz forrás bevonása. A készlet tartás költsége 12 euró ($0,12 \text{ euró/darab} \times 100 \text{ db} = 12 \text{ euró}$).

A 2. héten 200 db hiány van, amit ki kell elégíteni. Mivel az 1. hétről maradt 100 darab termék, így azt fel tudjuk most használni. Így marad 100 darab valós hiány. Ha kiszervezzük a munkát, akkor 160 euró összeget kell kifizetni a 100 termékért ($1,6 \text{ euró/darab} \times 100 \text{ darab}$).

A 3. hétre 200 darab termékhiány van. Ha itt is csak a kiszervezést alkalmaznánk, akkor a 3. héten lenne olyan igény, amit nem tudunk kielégíteni a 150 db/hét limit miatt. Tehát ezzel a módszerrel nem tudunk kalkulálni tovább, valós eredmény nem jött ki (9. táblázat).

9. táblázat: Összefoglaló táblázat a kiszervezés igénybevétele a pékségben

Hét	Plusztermelés	Kiszervezés/Túlóra	Megjegyzés	Költség	
1.	100 db		készlet tartás	12	euró készlet tartás
2.		100 db	kiszervezés	160	euró kiszervezés
3.		200 db	kiszervezés		
Összesen				172	euró

Forrás: Saját szerkesztés

3. Alapkapacitás kihasználásával + kiszervezés vagy túlóra

Ezen kalkulációban lehet dönteni, hogy az adott héten a kiszervezést vagy a készlettartást alkalmazzuk (10. táblázat).

Az 1. héten készlet alakult ki, így nem kell plusz forrás bevonása. A készlettartás költsége 12 euró ($0,12 \text{ euró/darab} \times 100 \text{ db} = 12 \text{ euró}$).

A 2. héten 200 db hiány van, amit ki kell elégíteni. Mivel az 1. hétről maradt 100 darab termék, így azt fel tudjuk most használni. Így marad 100 darab valós hiány. Itt a kiszervezést célszerű választani a 160 eurós költség miatt ($1,6 \text{ euró/darab} \times 100 \text{ darab}$).

10. táblázat: Összesítő táblázat az optimális megoldásra a pékségben

Hét	Plusztermelés	Kiszervezés/Túlóra	Megjegyzés	Költség	
1.	100 db		készlettartás	12	euró készlettartás
2.		100 db	kiszervezés	160	euró kiszervezés
3.		200 db	túlóra	250	euró túlóra
Összesen				422	euró

Forrás: Saját szerkesztés

A 3. hétre 200 darab termékhiány van, amelyet a túlóra 200 darabos mennyiségével célszerű kielégíteni, melynek költsége 250 euró lesz. Plusz-készletem, illetve készlethiányom sem lett. Az összes költség ezen módszerrel 422 euró. Ezzel a módszerrel lett a legalacsonyabb a költségem.

4. A GYÁRTÓSOR OPTIMALIZÁLÁSÁNAK KAPCSOLÓDÁSA A KAPACITÁSHOZ

Ahogy korábban is tisztáztuk már, a kapacitás azt határozza meg, hogy egy rendszer maximálisan mekkora teljesítményt képes nyújtani adott erőforrások és működési feltételek mellett meghatározott időegységben. A gyártási környezetben a kapacitás többféle kifejezési formájú lehet, például darab/óra, tonna/nap vagy liter/hét stb. A szolgáltatásoknál leggyakrabban az ügyfél/óra, ülőhely/nap vagy kiszállítás/nap kifejezéseket alkalmazzák.

A szakirodalom három fő kapacitástípust különböztet meg:

- A tervezett kapacitás egy elméleti maximum érték ideális körülmények között.
- A hatékony kapacitás már figyelembe veszi a karbantartásokat, a szüneteket, illetve a termelési mixet is.
- A tényleges teljesítmény/tényleges kapacitás a gyakorlatban elért érték, amely mindig kisebb vagy egyenlő a hatékony kapacitással.

A kapacitás meghatározása több lépésből áll.

1. lépés: Fel kell mérni az erőforrásokat (hány gép áll rendelkezésre, mi a teljesítményük, mekkora a munkaerő létszáma és képzettsége, mennyire megbízható az anyagellátás, illetve hol vannak a szűk keresztmetszetek stb.).
2. lépés: Meg kell határozni az időkeretet (a műszakok vagy munkanapok számát a vizsgált időszakban, a karbantartási és leállási időket stb.).
3. lépés: A technológiai ciklusidő mérése (az az idő, amely alatt egy termék vagy egy szolgáltatás egysége előállításra kerül). Például, ha egy gép 2 perc alatt készít el egy darabot, akkor egy óra alatt elméletileg 30 darab a tervezett kapacitás.

A kapacitás meghatározása a gyártási környezetben:

$$\text{Kapacitás} = \frac{\text{Működési idő [óra]}}{\text{Ciklusidő} \left[\frac{\text{óra}}{\text{egység}} \right]} \times \frac{\text{Egység}}{\text{gép}} \times \text{Gépek száma}$$

A szolgáltatásoknál a kapacitást a kiszolgálási sebesség, az időkeret és a párhuzamos szolgáltatópontok számának szorzataként tudjuk meghatározni.

$$\text{Kapacitás} = \text{Kiszolgálási sebesség} \left[\frac{\text{ügyfél}}{\text{idő}} \right] \times \text{Időkeret} \times \text{Szolgáltatópontok száma}$$

A kapacitáskihasználtság és a hatékonyság kalkulációjához a következő képleteket tudjuk alkalmazni:

$$\text{Kihhasználtság} = \frac{\text{Tényleges teljesítmény}}{\text{Tervezett kapacitás}} \times 100 \text{ [\%]}$$

$$\text{Hatékonyság} = \frac{\text{Tényleges teljesítmény}}{\text{Hatékony kapacitás}} \times 100 \text{ [\%]}$$

Természetesen a szűk keresztmetszet értelelmzése is fontos a témakörben, mivel a rendszer teljes kapacitását mindig a leglassabb folyamatlépés határozza meg. Például egy gyártósoron a legtöbb állomás 80-100 egységet képes előállítani óránként, de egy állomás csak 50 egységet, akkor a teljes sor kapacitása 50 egység/óra lesz.

Ezért is fontos a gyártósor optimalizálását kialakítani, ami azt jelenti, hogy a sorban lévő műveleteket, erőforrásokat és vezérlést úgy hangoljuk össze, hogy adott minőség és szállítási megbízhatóság mellett a lehető legmagasabb átmenő teljesítményt kapjuk minimális veszteséggel (idő, készlet, selejt, költség stb.). Ezen gondolat alapját a kapacitás és a változékonyság összehangolása jelenti (kiegyensúlyozott munkamegosztás, stabil anyagellátás, rövid átállások, kevés várakozás és hibamentes folyamat stb.). A gyártósor optimalizálásakor a cél a rendelkezésre álló erőforrások maximális kihasználása minimális veszteség mellett. Ennek egyik eszköze a munkafolyamatkiegyenlítés, amelynél a műveleteket úgy osztjuk szét a munkaállomások között, hogy azok közel azonos ciklusidővel dolgozzanak (ezzel kerülhető el a torlódás vagy üresjárat). A szűk keresztmetszetek megszüntetése gyakran

a legnagyobb teljesítménynövelő hatású beavatkozások (új gép beállítása párhuzamosan az adott műveletre, gyorsabb berendezés alkalmazása, a műszakszervezés módosítása stb.).

Az anyagáramlás optimalizálásakor a gyártósor elrendezését úgy kell alakítani, hogy a szállítási utak rövidebbek és a mozgatósi idők kisebbek legyenek. A Just-in-Time anyagellátás csökkenti a készletezési költségeket és elkerüli a gyártás alapanyaghiány miatti leállását. Az állásidő csökkentéséhez alkalmazható a gyors átállási módszer és a megelőző karbantartás.

Mivel már több alkalommal is említettem, hogy KPI-mutatók alkalmazása könnyítheti az adott vállalat értékelését, így a következőkben a gyártósor optimalizálásához tartozó legfontosabb mutatószámokat mutatom be:

1. milyen gyakran kell egy kész darabnak elhagynia a sort, hogy a keresletet kielégítsük:

$$T_{sor} = \frac{\text{rendelkezésre álló idő} \left(\frac{\text{perc}}{\text{nap}} \right)}{\text{igény} \left(\frac{\text{db}}{\text{nap}} \right)}$$

2. Minimális állomásszám meghatározása:

$$N_{min} = \frac{\sum t_i}{t_{sor}}$$

A tényleges állomásszám N legalább N_{min} és minden állomás ciklusideje legfeljebb a t_{sor} lehet.

3. Vonal-kiegyenlítés: a cél, hogy az állomások terhelése közel azonos legyen, így ne legyenek torlódást okozó szűk keresztmetszetek vagy nagy üresjáratok. A „legnagyobb művelet először”, „a legnagyobb szabad idejű művelet”, „a prioritási súlyok” segítenek a műveletek állomásokhoz rendelésében:

$$\text{Hatékonyság} = \frac{\sum t_i}{N \times t_{sor}}$$

$$\text{Egyensúlyvesztés} = 1 - \text{Hatékonyság}$$

A torlódást okozó szűk keresztmetszetek kezelése több módon is történhet, ezek közül a legjelentősebb a gyakorlatban (FONTOS! a sor teljes kapacitását a leglassabb állomás határozza meg):

- a ciklusidő-csökkentés a szűk műveleten (jobb szerszám, munkamódszer alkalmazása),
- a párhuzamosítás (azonos művelet több erőforráson),
- a feladatátrendezés (műveletek átpakolása állomások között),
- az átálláscsökkentés (SMED), a megelőző karbantartás alkalmazása,
- kevesebb újramunka-elvégzés stb.

4.1. Példa a többállomásos gyártósorra

Egy vállalat elektronikai eszközök szerelésével foglalkozik. A termékek összeszerelése egy többállomásos gyártósoron történik, ahol minden állomás meghatározott műveleteket végez, szigorú sorrendben. A cég jelenleg napi 80 darab készterméket szállít a megrendelőknek és ezt egy 8 órás műszakban kell előállítani. A vezetőség szeretné ellenőrizni, hogy a gyártósor jelenlegi elrendezése megfelel-e a szükséges kapacitásnak, illetve, hogy milyen lehetőségek vannak a termelés növelésére, ha a napi igény 100 darabra emelkedik.

A 11. táblázat mutatja a műveleteket, azok időigényét (percben) és a szükséges előfeltételeket (mely művelet(ek) után végezhető(ek) el):

11. táblázat: Az elektronikai eszközök összeszerelésének folyamatlemei

Művelet	Idő (perc)	Előfeltétel(ek)
A	3	–
B	2,5	A
C	1,5	A
D	2	B
E	3,5	B
F	1	C
G	2,5	D, E
H	2	F
I	1,5	G, H
J	1	I

Forrás: Saját szerkesztés

1. Határozza meg, hogy milyen gyakran kell egy kész darabnak elhagyni a sort, hogy a keresletet kielégítse a napi igény és a rendelkezésre álló idő alapján!
2. Számítsa ki a teljes műveleti időt és a teoretikus minimális állomásszámot!
3. Ossza be a műveleteket 4 állomásra, az idő betartásával és a precedencia-kapcsolatok figyelembevételével!
4. Számítsa ki a hatékonyságot és az egyensúlyvesztést!
5. Vizsgálja meg, hogy a napi igény 100 darabra emelkedésekor a jelenlegi felosztás képes-e teljesíteni az új időt! Ha nem, javasoljon legalább két lehetséges megoldást a termelés növelésére!

4.2. Példamegoldás a többállomásos gyártósorra

Nézzük akkor a kérdések pontjai alapján a megoldást:

1. Határozza meg, hogy milyen gyakran kell egy kész darabnak elhagyni a sort, hogy a kereslet kielégítse a napi igény és rendelkezésre álló idő alapján!

$$t_{\text{sor}} = 480 \text{ perc} / 80 \text{ db} = 6,0 \text{ perc / db}$$

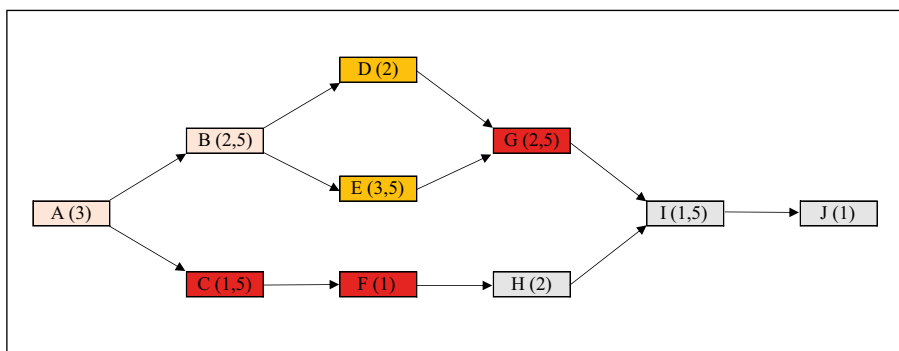
2. Számítsa ki a teljes műveleti időt és a teoretikus minimális állomásszámot!
Összes idő = $\sum t_i = 3,0 + 2,5 + 1,5 + 2,0 + 3,5 + 1,0 + 2,5 + 2,0 + 1,5 + 1,0 = 20,5 \text{ perc}$
 $N_{\text{min}} = 20,5 / 6,0 = 3,42 \sim 4$

3. Vonal-kiegyenlítés (heurisztika, precedenciák betartásával)

Heurisztika: a feladatmegoldásnál nem szigorúan logikai, hanem inkább tapasztalati úton, leegyszerűsítő módszerekkel és „becslésekkel” keresünk gyors és elfogadható eredményeket, még ha nem is garantált a tökéletes pontosság.

Precedenciák: elsőbbség figyelembevétele, precedencia-kapcsolatok az, hogy melyik művelet melyik után végezhető.

Az 1. pontban megkaptuk, hogy mindegyik állomáscsoport 6 perc legyen, a 2. pontban megkaptuk, hogy nagyjából 4 állomást kell kialakítani. Ezen információk alapján elkészítettem a csoportokba sorolást, melyeket színekkel is jelöltem (9. ábra).



9. ábra: A többállomásos gyártósor példájának sematikus ábrája

Forrás: Saját szerkesztés

1. állomás: $A (3,0) + B (2,5) = 5,5$ perc
2. állomás: $E (3,5) + D (2,0) = 5,5$ perc
3. állomás: $G (2,5) + C (1,5) + F (1,0) = 5,0$ perc
4. állomás: $H (2,0) + I (1,5) + J (1,0) = 4,5$ perc

Mindegyik állomás terhelése 6 perc alatt van, a precedenciák teljesülnek (pl. G csak D és E után, I csak G és H után jön stb.).

4. Hatékonyság és egyensúlyvesztés

Hatékonyság = $20,5 / (4 \times 6,0) = 0,854$ (~85,4%)

Egyensúlyvesztés így 14,6% ($100,0\% - 85,4\%$)

5. Átmenő teljesítmény és megfelelés

1 darab 6 percenként, azaz 10 db/óra az átmenő mennyiség. 8 óra alatt tehát 80 db (pontosan megfelel az igénynek).

6. Lehetőségvizsgálat

Átálláscsökkentés az E műveleten: ha E ideje $3,5 \rightarrow 3,0$ percre csökken (SMED, jobb szerszám), ugyanazzal a kiosztással az állomásidők:

Á1: 5,5; Á2: 5,0; Á3: 5,0; Á4: 4,5.

A hatékonyság nem változik (összidő ugyan 20,0 percre csökken $\rightarrow 20,0 / (4 \cdot 6) = 83,3\%$; kisebb összidő miatt a tényleges kapacitás nő, a t_{sor} idő változatlan), de tartalék keletkezik a 2. állomáson, így a sor robusztusabb a mikro-zavarokkal szemben.

Feladatátrendezés a jobb kiegyenlítésért: alternatív kiosztás, amely elosztja a terhelést a „könnyű” állomásokra:

$$\text{Á1: } A(3,0) + C(1,5) + F(1,0) = 5,5 \text{ perc}$$

$$\text{Á2: } B(2,5) + E(3,5) = 6,0 \text{ perc}$$

$$\text{Á3: } D(2,0) + G(2,5) = 4,5 \text{ perc}$$

$$\text{Á4: } H(2,0) + I(1,5) + J(1,0) = 4,5 \text{ perc}$$

A torlódást okozó szűk keresztmetszetek így 6,0 perc az Á2-n; a többin több tartalék van, ami segít ingadozásnál (kevesebb torlódás). A hatékonyság továbbra is:

$$20,5 / (4 \times 6) = 85,4\%$$

7. Ha a napi igény 100 db-ra nő, akkor új idő alakul ki:

$$t_{\text{sor új}} = 480 / 100 = 4,8 \text{ perc / db}$$

A jelenlegi 4 állomásos kiosztásnál a legterheltebb állomás 6,0 perc → nem fér bele a 4,8 perces időbe. Lehetséges megoldások:

- a kritikus állomáson (pl. Á2: B+E) párhuzamosítás (két azonos munkahely), így az effektív ciklusidő feleződik,
- a műveletidő-csökkentés (gyorsabb eszköz, jobb módszer),
- az 5. állomás hozzáadása és újrakiegyenlítés (nő az N, de teljesül az idő),
- a termék heijunka-sorrendje és átállások rövidítése, ha több termék-változat fut.

5. AZ ERŐFORRÁS KIHASZNÁLÁSA ÉS A HATÉKONYSÁG MÉRÉSE

A termelés- és szolgáltatásmenedzsment alapvető feladata, hogy a rendelkezésre álló erőforrásokat (gépeket, munkaerőt, anyagokat, időt) optimálisan használja fel a kitűzött célok elérése érdekében. Ebben a folyamatban az erőforrás-kihasználása és a hatékonyság mérése kulcsfontosságú mutatók:

- Erőforrás-kihasználás (U), azt mutatja meg, hogy a rendelkezésre álló kapacitás mekkora részét használják ténylegesen. Ez a mutató segít felismerni a túlterhelést, az alulkihasználtságot vagy az optimális működést. A kihasználás mértéke:

$$U = \frac{\textit{Ténylegesen használt idő}}{\textit{Elérhető idő}} \times 100 [\%]$$

Példa: egy gyártósor napi 8 órában (480 perc) elérhető és a gépek ténylegesen 360 percet dolgoznak, akkor $U = 360/480 = 75\%$ (a gyártósor kapacitásának 75%-át használják ki, 25%-a kihasználatlan marad). Ez a számérték megfelelőnek tekinthető a gyakorlati életben, mivel a túl magas érték sem annyira optimális egy vállalat esetében. A túl magas kihasználás (közel 100%) rugalmatlansághoz és túlórákhoz vezethet, míg az alacsony kihasználás a pazarlást jelzi.

A szolgáltatásoknál az erőforrás-kihasználás mérését például a foglaltsági ráta mutatja:

$$U = \frac{\textit{Ténylegesen végzett szolgáltatások száma}}{\textit{Maximálisan lehetséges szolgáltatások száma}} \times 100 [\%]$$

- Hatékonyság (E), azt mutatja meg, hogy az erőforrásokat milyen mértékben használják fel a tényleges teljesítmény elérésére, figyelembe véve az ideális vagy standard időt. A hatékonyság a termelés minőségét és sebességét értékeli.

$$E = \frac{\text{Standard idő alatt teljesített munka mennyisége}}{\text{Ténylegesen eltöltött idő}} \times 100 [\%]$$

Példa: Egy munkafolyamatra az ideális (standard) idő 400 perc, de a ténylegesen eltöltött idő 450 perc volt. $E = 400/450 = 88,9\%$ (a munkafolyamat 88,9%-os hatékonysággal működött, az eltérés a veszteségek, átszervezések vagy hibák miatt keletkezhetett).

A szolgáltatásoknál a hatékonyság mérése a standard idővel vagy kapacitással összevetett tényleges teljesítményből adódik. Például egy call centerben:

$$E = \frac{\text{Standard hívások száma időegység alatt}}{\text{Ténylegesen kezelt hívások száma}} \times 100 [\%]$$

- A gyakorlatban mindkét mutató együttes elemzése adja meg a teljesítmény átfogó helyzetét, azaz a teljesítmény = $U \times E$

Példa: Ha a gyártósor kihasználtsága 75%, a hatékonysága 88,9%, akkor a tényleges teljesítmény $P = 0,75 \times 0,889 = 0,667$ (66,7%), azaz a gyártósor teljes kapacitásának csak kétharmadát használják hatékonyan.

5.1. Példa1 a hatékonyság mérésére (autószerviz)

Egy közepes méretű autószerviz napi nyitvatartása 8 óra. A szervizben 3 szerelő dolgozik, akik egy-egy autó javítását végzik a rendelkezésre álló műszaki feltételek mellett. A vállalat célja, hogy nyomon kövesse az erőforrások kihasználtságát és a hatékonyságot, hogy a napi igényeket a lehető leggazdaságosabban teljesítsék. A várható napi autójavítási igényeket a 12. táblázat mutatja be:

12. táblázat: A várható napi autójavítási igények a példában

Nap	Igény (autó/nap)
Hétfő	10
Kedd	12
Szerda	8
Csütörtök	15
Péntek	9

Forrás: Saját szerkesztés

Minden autó javítására átlagosan 45 perc szükséges. A vállalat szeretné meghatározni:

- A szerelők kihasználtságát minden napra.
- A napi munkafolyamat hatékonyságát, figyelembe véve a ténylegesen végzett autók számát és az elvárt standard időt.
- A teljes heti teljesítményt és azt, hogy szükséges-e további erőforrást (pl. ideiglenes szerelő) igénybe venni a túlterheltség elkerülésére.

5.2. Példa1-megoldás a hatékonyság mérésére (autószerviz)

1. lépés: kiszámolni az elérhető kapacitást. A szervizben 3 szerelő dolgozik napi 8 órában:

$$\text{Elérhető idő/nap} = 3 \times 480 \text{ perc} = 1440 \text{ perc/nap}$$

2. lépés: meghatározni a ténylegesen szükséges időt naponta. Minden autó javítására átlagosan 45 perc kell. A napi igények alapján:

$$\text{Szükséges idő} = \text{autók száma} \times 45 \text{ (13. táblázat).}$$

13. táblázat: A szükséges idő kalkulációjának eredménye az autójavító műhelyben

Nap	Igény (autó)	Szükséges idő (perc)
Hétfő	10	450
Kedd	12	540
Szerda	8	360
Csütörtök	15	675
Péntek	9	405

Forrás: Saját szerkesztés

3. lépés: a kihasználtság kalkulációjának elvégzése (14. táblázat):

$$U = \frac{\text{Ténylegesen használt idő}}{\text{Elérhető idő}} \times 100 [\%]$$

14. táblázat: A kihasználtság kalkulációjának eredménye az autójavító műhelyben

Nap	Szükséges idő	Elérhető idő	Kihasználtság (%)
Hétfő	450	1440	450 / 1440 = 31,25%
Kedd	540	1440	540 / 1440 = 37,50%
Szerda	360	1440	25,00%
Csütörtök	675	1440	46,88%
Péntek	405	1440	28,13%

Forrás: Saját szerkesztés

A számításból látszik, hogy a kihasználtság jelentősen eltér a napok között, a legmagasabb terhelés csütörtökön van (46,88%).

4. lépés: a hatékonyság meghatározása: a ténylegesen elvégzett munka és a standard idő viszonyában számolhatjuk ki:

$$E = \frac{\text{Standard idő alatt teljesített munka mennyisége}}{\text{Ténylegesen eltöltött idő}} \times 100 [\%]$$

Tegyük fel, hogy minden nap a szerelők ténylegesen 3 autót tudtak javítani óránként (ez a standard teljesítmény). Az egy napra számított standard idő:

$$\text{Standard idő} = \text{autók száma} \times 45 \text{ perc}$$

Mivel a tényleges idő megegyezik a szükséges idővel, az egyszerűsített hatékonyság:

$$E = \frac{\text{Szükséges idő}}{\text{Elérhető idő}} \times 100 [\%] = U$$

Ez a példában megegyezik a kihasználtsággal, de valós esetben a hatékonyság gyakran kisebb (pl. hibák, szünetek vagy várakozások vannak).

5. lépés: a heti összesítés és erőforrás-szükséglet meghatározása.

A heti összes szükséges idő: $450 + 540 + 360 + 675 + 405 = 2\,430$ perc/hét

A heti elérhető idő: $1440 \times 5 = 7\,200$ perc/hét

Tehát a heti kapacitáskihasználás: $U_{\text{hét}} = 2\,430 / 7\,200 \sim 33,75\%$

Mivel a csütörtöki nap magas kihasználtsága (46,88%) még mindig nem haladja meg a rendelkezésre álló kapacitást, nincs szükség ideiglenes szerelőre, de ha a napi igények nőnének pl. 20 autóra csütörtökön, akkor a szükséges idő: $20 \times 45 = 900$ perc > 1440 perc (túlterhelés) lenne. Ebben az esetben javasolt egy ideiglenes szerelő foglalkoztatása, aki +480 perc kapacitást biztosítana, vagy részben kiszervezni a túlterhelést.

5.3. Példa2 a hatékonyság mérésére (munkaszervezés)

Egy városi kisáru-szállítmányozó cég napi szállítási kapacitása 5 kisteherautó, amelyek mindegyike napi 8 órát tud dolgozni. A cég célja, hogy a rendelkezésre álló járműparkot optimálisan használják ki és meghatározzák a napi szállítási hatékonyságot. A heti szállítási igény alakulása (15. táblázat):

15. táblázat: A vállalkozás csomagszámigénye a szállításnál a példában

Nap	Szállítandó csomagok száma (darab)
Hétfő	40
Kedd	55
Szerda	45
Csütörtök	60
Péntek	50

Forrás: Saját szerkesztés

Minden csomag átlagosan 30 perc szállítási és rakodási időt igényel. A cég szeretné meghatározni:

- a járművek napi kihasználtságát.
- a napi hatékonyságot, figyelembe véve a standard kapacitást és a ténylegesen elvégzett szállításokat.
- a teljes heti teljesítményt és azt, hogy szükséges-e további jármű vagy túlóra alkalmazása.

5.4. Példa2 megoldása a hatékonyság mérésére (munkaszervezés)

1. Az elérhető kapacitás naponta 5 kisteherautó napi 8 órás munkavégzésénél:

$$\text{Elérhető idő/nap} = 5 \times 480 \text{ perc} = 2\,400 \text{ perc / nap}$$

2. A napi ténylegesen szükséges idő (30 perc/csomag) (16. táblázat):

$$\text{Szükséges idő} = \text{csomagok száma} \times 30 \text{ perc}$$

16. táblázat: A szükséges idő meghatározása a vizsgált vállalkozásnál

Nap	Csomagok	Szükséges idő (perc)
Hétfő	40	1 200
Kedd	55	1 650
Szerda	45	1 350
Csütörtök	60	1 800
Péntek	50	1 500

Forrás: Saját szerkesztés

3. Kihasznátság

$$U = \frac{\text{Ténylegesen használt idő}}{\text{Elérhető idő}} \times 100 [\%]$$

17. táblázat: A kihasznátság meghatározása a vizsgált vállalkozásnál

Nap	Szükséges idő (perc)	Elérhető idő (perc)	Kihasznátság (%)
Hétfő	1 200	2 400	$1\,200 / 2\,400 = 50,0\%$
Kedd	1 650	2 400	$1\,650 / 2\,400 = 68,8\%$
Szerda	1 350	2 400	56,3%
Csütörtök	1 800	2 400	75,0%
Péntek	1 500	2 400	62,5%

Forrás: Saját szerkesztés

A kihasznátsági adatok alapján csütörtök a legmagasabb terheltségű és a legkevésbé a hétfő (17. táblázat).

4. Hatékonyság:

$$E = \frac{\text{Standard idő alatt teljesített munka mennyisége}}{\text{Ténylegesen eltöltött idő}} \times 100 [\%]$$

Tegyük fel, hogy a járművek standard teljesítménye óránként 4 csomag.

Egy nap standard teljesítménye:

$$\text{Standard idő} = \text{Csomagok száma} \times 30 \text{ perc} = \text{szükséges idő}$$

(megegyezik a tényleges szükséglettel)

Mivel a ténylegesen eltöltött idő megegyezik a szükséges idővel, az egyszerűsített hatékonyság naponta 100%-os, de valós körülmények között a hatékonyság csökkenhet pl. a forgalmi késések, a rakodási nehézségek vagy a technikai problémák stb. miatt.

5. Heti összesítés:

A heti összes szükséges idő:

$$1\,200 + 1\,650 + 1\,350 + 1\,800 + 1\,500 = 7\,500 \text{ perc/hét}$$

$$\text{A heti elérhető kapacitás: } 2\,400 \times 5 = 12\,000 \text{ perc/hét}$$

$$\text{A heti kihasználtság: } U_{\text{het}} = 7\,500/12\,000 = 62,5\%$$

A heti kapacitás kihasználtsága mérsékelt és nincs szükség további járműre. A csütörtöki nap 75%-os kihasználtsága miatt érdemes figyelni a szállítási ütemezésre, illetve szükség esetén túlórárt vagy ideiglenes autót beiktatni.

6. AZ ÜTEMEZÉSI ÉS A BEOSZTÁSI MÓDSZEREK A TERMELÉS- ÉS SZOLGÁLTATÁSMENEDZSMENTBEN

Az ütemezés és a beosztás fontos része a termelés- és szolgáltatásmenedzsmentnek, mivel ezek határozzák meg, hogy mikor, mit és milyen sorrendben kell elvégezni. A hatékony ütemezés célja a rendelkezésre álló erőforrások optimális kihasználása, a határidők betartása, a költségek minimalizálása és a termelési folyamat egyensúlyának fenntartása.

Az ütemezés meghatározza, hogy a rendelkezésre álló erőforrásokat (gépek, emberek, anyagok) mikor és milyen sorrendben kell felhasználni a feladatok elvégzéséhez.

Az ütemezés célja:

- a határidők betartása,
- az átfutási idők csökkentése,
- a kapacitás optimális kihasználása,
- a költségek minimalizálása,
- a készletek és várakozási idők csökkentése.

A szakirodalom három fő ütemezési szintet különböztet meg: hosszú távú, középtávú és rövid távú ütemezést.

- Hosszú távú ütemezés: kapacitástervezés, nagy volumenű projektek (hónapokra, évekre előre) (18. táblázat).
- Középtávú ütemezés: heti/havi termelési programok, műszakbeosztások (19. táblázat).
- Rövid távú ütemezés: napi vagy műszakon belüli sorrendek, azonnali erőforrás-hozzárendelés (20. táblázat).

18. táblázat: A hosszú távú ütemezési szint legfontosabb tudnivalói

	Hosszú távú
Időszak	hónapoktól akár több évig
Fókusz	kapacitástervezés, nagy volumenű projektek, beruházások, stratégiai termelési döntések
Jellemzői	A termelési rendszer alapjait határozza meg (pl. hány műszak, milyen géppark, milyen létszám). Gyakran kapcsolódik beruházási döntésekhez (új gépek beszerzése, gyártócsarnok bővítése). A piaci keresleti előrejelzéseket és a szezonális ingadozásokat veszi figyelembe.
Példa	Egy autógyár eldönti, hogy a következő két évben átáll elektromos modell gyártására, ehhez új robotizált hegesztősort telepít. Egy logisztikai cég 18 hónapos távlatban tervezi a raktárkapacitás bővítését.

*Forrás: Saját szerkesztés***19. táblázat: A középtávú ütemezési szint legfontosabb tudnivalói**

	Középtávú
Időszak	hetek, hónapok
Fókusz	termelési programok és erőforrás-beosztás
Jellemzői	Meghatározza, hogy mely termékből mennyit kell gyártani a következő időszakban. Kialakítja a műszakbeosztásokat, karbantartási terveket. Figyelembe veszi a rendelési állományt, a készletszinteket és a beszállítói határidőket. Kapcsolódik az aggregált termelési tervezéshez és az MRP-hez.
Példa	Egy tejüzem eldönti, hogy a következő hónapban mely napokon termel túrót, joghurtot vagy sajtot, a bolti rendelések függvényében. Egy logisztikai vállalat heti fuvartervet készít a beérkező megrendelések alapján.

Forrás: Saját szerkesztés

20. táblázat: A rövid távú ütemezési szint legfontosabb tudnivalói

	Rövid távú
Idősáv	napok vagy órák
Fókusz	konkrét sorrend és végrehajtási terv
Jellemzői	A napi vagy műszakon belüli munkafolyamatokat optimalizálja.
	Meghatározza, mely feladat induljon előbb (prioritási szabályok figyelembevételével).
	Célja az átfutási idők és a gépállás minimalizálása.
	Gyakran reagál valós idejű változásokra (pl. géphibák, sürgős megrendelések).
Példa	Egy autószervez reggel meghatározza, hogy a 10 érkező javítási munkából melyiket melyik szerelő végzi el és milyen sorrendben.
	Egy raktárban a komissiózó dolgozók napi útvonaltervét optimalizálják a megrendelések szerint.

Forrás: Saját szerkesztés

A másik csoportosítás az ütemezési módszerek alapján történhet. Az ütemezési módszerek célja, hogy meghatározzák a feladatok sorrendjét és erőforrás-hozzárendelését úgy, hogy a vállalati célok (határidő betartása, költségminimalizálás, kapacitáskihasználás) teljesüljenek.

A módszerek főként rövid távú ütemezésnél használatosak, amikor a feladatok már ismertek és a kérdés az, milyen sorrendben, mely erőforrásokkal végezzük el azokat.

A termelési sorrend meghatározásához több módszer is használható (21. és 22. táblázat), például:

- FCFS (First Come, First Served): Az elsőként érkező megrendelést dolgozzuk fel először.
- SPT (Shortest Processing Time): A legrövidebb feldolgozási idejű feladat kerül előre.
- LPT (Longest Processing Time): A leghosszabb feladat kerül előre.
- EDD (Earliest Due Date): A legkorábbi határidővel rendelkező feladat kerül előre.
- CR (Critical Ratio): A feladatok sorrendje a határidő és a fennmaradó idő aránya alapján.

21. táblázat: Az FCFS és az SPT módszerek összehasonlítása

	FCFS	SPT
Lényeg	A munkákat a beérkezés sorrendjében dolgozzuk fel.	A legrövidebb feldolgozási idejű feladat kerül előre.
Előny	Egyszerű, átlátható, ügyfélbarát.	Minimalizálja az átlagos átfutási időt.
Hátrány	Nem feltétlenül optimális az átfutási időre.	A hosszú feladatok sokáig várhatnak.

Forrás: Saját szerkesztés

22. táblázat: Az EDD és a CR módszerek összehasonlítása

	EDD	CR
Lényeg	Azokat a feladatokat végezzük el előbb, amelyeknek a határideje közelebb van.	
Előny	Csökkenti a késedelmek számát.	Dinamikusan kezeli a határidőket és a feldolgozási időket egyszerre.
Hátrány	Nem veszi figyelembe a feldolgozási időt.	Összetettebb, mint az egyszerű szabályok.

Forrás: Saját szerkesztés

A jobb áttekinthetőség érdekében készítettem egy összefoglaló táblázatot is, ahol jól láthatók a módszerek fő céljai, előnyei és hátrányai is (23. táblázat):

23. táblázat: Ütemezési módok összehasonlítása előnyök és hátrányok alapján

Módszer	Fő cél	Előny	Hátrány
FCFS	Igazságos sorrend	Egyszerű	Nem optimalizálja az átfutást
SPT	Átfutási idő minimalizálása	Gyors, hatékony	Hosszú munkák hátrányban
EDD	Késések minimalizálása	Határidő-követés	Nem veszi figyelembe a feldolgozási időt
CR	Határidő és időigény egyensúlya	Dinamikus	Összetettebb
Johnson-algoritmus	Két gépes ütemezés optimalizálása	Minimális projekt teljes időtartam	Csak 2 gépre alkalmazható
PERT/CPM	Projektütemezés	Kritikus út meghatározása	Nagy adatigény
Heurisztikus módszerek	Bonyolult problémák jó közelítő megoldása	Nagy méretnél is alkalmazható	Nem garantálja az optimumot

Forrás: Saját szerkesztés

Ehhez a csoporthoz tartozik még a Johnson-algoritmus (két gépes ütemezési problémák optimalizálására szolgáló módszer) is, aminek célja a két gépen (Gép1, Gép2) végzendő feladatok sorrendjének optimalizálása úgy, hogy a teljes átfutási idő minimális legyen.

Lépések:

- Megkeresni a legkisebb műveleti időt a két gépen.
 - Ha az a Gép1-hez tartozik → a feladatot tegyük a sorrend elejére.
 - Ha a Gép 2-höz tartozik → a feladatot tegyük a sorrend végére.
- Ismételjük ezt a lépést mindaddig, amíg minden feladatot be nem osztottunk. A kijelölt feladatot mindig el kell távolítani a vizsgált listából.

A termelés- és szolgáltatásmenedzsmentben akkor alkalmazható a Johnson-algoritmus, ha adott egy sor feladat, amelyeket két egymást követő gépen kell feldolgozni. Minden feladatnak ismert a feldolgozási ideje az első gépen (például előkészítés vagy feldolgozás), majd a második gépen (például csomagolás vagy kiszállításra előkészítés). A cél az, hogy meghatározzuk a feladatok sorrendjét úgy, hogy az összes munka befejezéséhez szükséges idő (vagyis a teljes átfutási idő) minimális legyen.

A módszer előnye, hogy biztosítja a minimális teljes átfutási időt kétgépes esetben, egyszerű a feladat/probléma megoldása és gyorsan alkalmazható. Három vagy több gépnél a módszer önmagában már nem ad optimális sorrendet, csak közelítő megoldásokat ad.

Természetesen van olyan is, hogy több minimum található ugyanazon az értéken, de nem ugyanazon a gépen. Például van egy tétel, ahol a Gép1 ideje 3 perc és van egy másik tétel, ahol a Gép2 ideje 3 perc és ezeket a Johnson-algoritmus második lépésében kellene elhelyezni. Mivel a Johnson-algoritmus szabálya, hogyha a minimum a Gép1-en van, akkor a tételt a sorrend elejére helyezzük, addig, ha a minimum a Gép2-n van, akkor a tételt a sorrend végére helyezzük. Amikor két minimum van egyszerre, mindkét szabály igaz (tehát az egyik tétel menne az elejére, a másik a végére). Ekkor úgy kell döntünk helyesen, hogy a Gép1-minimum kerül előre a legközelebbi szabad pozíciójára, míg a Gép2-minimum kerül a végéhez legközelebbi szabad pozíciójára (az algoritmus folytatható így, mert nem ütköznek).

De ha ugyanabban a pozícióban szeretnék elhelyezni (pl. mindketten elejére vagy mindketten végére kerülnének, azonos érték miatt), akkor bár-

melyiket előbb helyezem el, biztos, hogy optimális sorrendet kapok. Ilyenkor gyakorlatilag tetszőlegesen dönthetünk vagy használhatunk másodlagos szempontokat is (pl. kisebb azonosítóval rendelkező tétel előbb kerüljön be, vagy a másik gép értéke, ahol alacsonyabb stb.).

6.1. Példa a Johnson-algoritmus alkalmazására

Tegyük fel, hogy öt feladatunk van (A, B, C, D és E) és az alábbi feldolgozási idők ismertek a Gép1 és Gép2-nél (24. táblázat):

24. táblázat: A vizsgált vállalkozásnál a feldolgozási idő

Feladat	Gép1 (perc)	Gép2 (perc)
A	5	9
B	8	7
C	4	6
D	7	3
E	6	8

Forrás: Saját szerkesztés

Határozzuk meg az optimális sorrendet a feladatok között. Mondjuk meg az optimális sorrendhez tartozó minimális idő értékét is.

6.2. Példa megoldása a Johnson-algoritmus alkalmazására

Tehát az A feladat ideje Gép1-en 5 perc, Gép2-n 9 perc. A B feladat ideje Gép1-en 8 perc, Gép2-n 7 perc. A C feladat ideje Gép1-en 4 perc, Gép2-n 6 perc. A D feladat ideje Gép1-en 7 perc, Gép2-n 3 perc. Az E feladat ideje Gép1-en 6 perc, Gép2-n 8 perc.

Az algoritmust alkalmazva először megkeressük a legkisebb időt (ez 3 perc), amely a D feladat második gépén található. Ezért a D feladat a sorrend végére kerül.

Alaptáblázat (25. táblázat):

25. táblázat: A Johnson-algoritmus 1. lépéséhez tartozó alaptáblázat

Feladat	Gép1 (perc)	Gép2 (perc)
A	5	9
B	8	7
C	4	6
D	7	3
E	6	8

Forrás: Saját szerkesztés

Új sorrendkészítő táblázat (26. táblázat):

26. táblázat: A Johnson-algoritmus 1. lépéséhez tartozó új táblázat

Feladat	Gép1 (perc)	Gép2 (perc)
D	7	3

Forrás: Saját szerkesztés

A további alacsony idők kiválasztásába már nem vesszük figyelembe a D értékeit. A következő legkisebb idő 4 perc, amely a C feladat első gépén van, így a C a sorrend elejére kerül.

Alaptáblázat (27. táblázat):

27. táblázat: A Johnson-algoritmus 2. lépéséhez tartozó alaptáblázat

Feladat	Gép 1 (perc)	Gép 2 (perc)
A	5	9
B	8	7
C	4	6
D	7	3
E	6	8

Forrás: Saját szerkesztés

Új sorrendkészítő táblázat (28. táblázat):

28. táblázat: A Johnson-algoritmus 2. lépéséhez tartozó új táblázat

Feladat	Gép 1 (perc)	Gép 2 (perc)
C	4	6
D	7	3

Forrás: Saját számítás

A további alacsony idők kiválasztásába már nem vesszük figyelembe a D és a C értékeit. Ezután a maradék feladatok közül az 5 perc (A első gépen) a legkisebb, így A követi a C-t.

Alaptáblázat (29. táblázat):

29. táblázat: A Johnson-algoritmus 3. lépéséhez tartozó alaptáblázat

Feladat	Gép 1 (perc)	Gép 2 (perc)
A	5	9
B	8	7
C	4	6
D	7	3
E	6	8

Forrás: Saját számítás

Új sorrend készítő táblázat (30. táblázat):

30. táblázat: A Johnson-algoritmus 3. lépéséhez tartozó új táblázat

Feladat	Gép 1 (perc)	Gép 2 (perc)
C	4	6
A	5	9
D	7	3

Forrás: Saját számítás

A további alacsony idők kiválasztásába már nem vesszük figyelembe a D, a C, az A értékeit. A B 8–7 és E 6–8 perces értékek maradtak, melyből a 6 perc az alacsonyabb a Gép1-nél. Így az A alá jön az E.

Alaptáblázat (31. táblázat):

31. táblázat: A Johnson-algoritmus 4. lépéséhez tartozó alaptáblázat

Feladat	Gép 1 (perc)	Gép 2 (perc)
A	5	9
B	8	7
C	4	6
D	7	3
E	6	8

Forrás: Saját számítás

Új sorrendkészítő táblázat (32. táblázat):

32. táblázat: A Johnson-algoritmus 4. lépéséhez tartozó új táblázat

Feladat	Gép 1 (perc)	Gép 2 (perc)
C	4	6
A	5	9
E	6	8
D	7	3

Forrás: Saját számítás

Az utolsó érték a kimaradt helyre kerül (B).

Alaptáblázat (33. táblázat):

33. táblázat: A Johnson-algoritmus 5. lépéséhez tartozó alaptáblázat

Feladat	Gép 1 (perc)	Gép 2 (perc)
A	5	9
B	8	7
C	4	6
D	7	3
E	6	8

Forrás: Saját számítás

Új sorrendkészítő táblázat (34. táblázat):

34. táblázat: A Johnson-algoritmus 5. lépéséhez tartozó új táblázat

Feladat	Gép 1 (perc)	Gép 2 (perc)
C	4	6
A	5	9
E	6	8
B	8	7
D	7	3

Forrás: Saját számítás

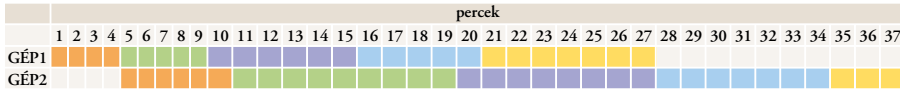
A Johnson-algoritmus tehát az alábbi optimális sorrendet adja: $C \rightarrow A \rightarrow E \rightarrow B \rightarrow D$.

Az optimális sorrend bizonyítására a teljes átfutási időt kell kiszámolni. Ha ezt a sorrendet követjük, akkor a két gép munkaterhelése a következőképpen alakul:

- A C feladat 0 és 4 perc között fut az első gépen, majd 4-től 10 percig a másodikon.
- Az A feladat az első gépen 4 és 9 perc között zajlik, a második gépen pedig csak akkor indulhat, amikor a C befejeződött, azaz 10 perctől 19 percig tart.
- Az E feladat az első gépen 9 és 15 perc között van, a második gépen pedig csak a 19. perctől indulhat és 27 percnél fejeződik be.
- A B feladat 15 és 23 perc között zajlik az első gépen, majd a másodikon 27 és 34 perc között.
- Végül a D feladat 23 és 30 perc között fut az első gépen, a másodikon pedig 34-től 37 percig. A teljes ütemezés tehát a 37. percben fejeződik be.

A szemléltetés érdekében célszerű elkészíteni a Gantt-diagrammot is (10. ábra). A Gantt-diagram alapú ütemezés egy vizualizációs eszköz, amely megmutatja, mikor melyik feladatot végezzük. Előnye, hogy áttekinthető, jól kommunikálható a dolgozók felé, azonban hátránya, hogy nem optimalizál, csak ábrázol. Ezen ábrázolást használják a különböző projekttervezéseknél is.

A mintapéldára elkészített Gantt-diagram (10. ábra):



10. ábra: A Gantt-diagramm a vizsgált feladatban

Forrás: Saját számítás

Látható tehát, hogy a korábban meghatározott (Johnson-algoritmussal) sorrend teljes átfutási ideje 37 perc, amely ebben az esetben bizonyíthatóan optimális.

6.3. Példa az ütemezésre (FCFS) (1.)

Egy logisztikai raktár napi beérkező szállítmányait a dokkolókapuknál érkezési sorrendben szolgálják ki. A raktárban egy kapu van, és egyszerre csak egy szállítmányt lehet kezelni. Az alábbi táblázat mutatja az öt szállítmány adatait (35. táblázat):

35. táblázat: Az ütemezéshez használt alapadatok

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)
A	0	30
B	10	20
C	20	40
D	35	15
E	50	25

Forrás: Saját számítás

Feladat: Készítsen el az ütemezést FCFS módszerrel! Számítsa ki minden szállítmány kezdési idejét, minden szállítmány befejezési idejét, az átfutási időt (befejezés – érkezés), a várakozási időt (kezdés – érkezés)! Határozza meg az átlagos átfutási időt és az átlagos várakozási időt!

6.4. Példa megoldása az ütemezésre (FCFS) (1.)

Az FCFS módszer egy egyszerű, érkezési sorrenden alapuló kiszolgálási elv, amelyet a logisztikában és termelésirányításban alkalmaznak. Az elv szerint azt a rendelést (szállítmányt, feladatot) dolgozzák fel először, amelyik időben előbb érkezett. Tehát nincs prioritizálás, súlyozás vagy optimalizálás (az érkezési sorrend határozza meg a sorrendiségét). A példa leírásában így a következő sorrendet fogjuk alkalmazni ennél a módszernél (36. táblázat):

36. táblázat: Az FCFS ütemezéshez használt alapadatok sorrendje

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)
A	0	30
B	10	20
C	20	40
D	35	15
E	50	25

Forrás: Saját számítás

A kalkulációhoz összeállítjuk a számításhoz szükséges táblázatot (37. táblázat):

37. táblázat: Az FCFS-ütemezéshez használt kalkuláció 1. lépése

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)	Kezdés (perc)	Befejezés (perc)	Átfutási idő (perc)	Várakozási idő (perc)
A	0	30				
B	10	20				
C	20	40				
D	35	15				
E	50	25				

Forrás: Saját számítás

A kezdési idő az első szállítmánynál nulla, így felvezetjük a nulla kezdési időt (38. táblázat).

38. táblázat: Az FCFS-ütemezéshez használt kalkuláció 2. lépése

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)	Kezdés (perc)	Befejezés (perc)	Átfutási idő (perc)	Várakozási idő (perc)
A	0	30	0			
B	10	20				
C	20	40				
D	35	15				
E	50	25				

Forrás: Saját számítás

Ezt követően minden szállítmányra kiszámoljuk a kezdési és befejezési időt (39. táblázat).

Az „A” szállítmány kezdés: 0 perc. Befejezési idő: 0 perc + 30 perc kezelési idő = 30 perc.

A „B” szállítmány kezdési ideje megegyezik az „A” szállítmány befejezési idővel. A „B” szállítmány befejezési ideje: 30 perc + 20 perc kezelési idő = 50 perc.

A „C” szállítmány kezdési ideje megegyezik az „B” szállítmány befejezési idővel. A „C” szállítmány befejezési ideje: 50 perc + 40 perc kezelési idő = 90 perc.

A „D” szállítmány kezdési ideje megegyezik az „C” szállítmány befejezési idővel. A „D” szállítmány befejezési ideje: 90 perc + 15 perc kezelési idő = 105 perc.

Az „E” szállítmány kezdési ideje megegyezik az „D” szállítmány befejezési idővel. Az „E” szállítmány befejezési ideje: 105 perc + 25 perc kezelési idő = 130 perc.

39. táblázat: Az FCFS-ütemezéshez használt kalkuláció 3. lépése

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)	Kezdés (perc)	Befejezés (perc)
A	0	30	0	30
B	10	20	30	50
C	20	40	50	90
D	35	15	90	105
E	50	25	105	130

Forrás: Saját számítás

Az átfutási idő számolásához a befejezési idő és az érkezési idő közötti különbséget képezzük (40. táblázat).

Az „A” szállítmány átfutási ideje: 30 perc – 0 perc = 30 perc

A „B” szállítmány átfutási ideje: 50 perc – 10 perc = 40 perc

A „C” szállítmány átfutási ideje: 90 perc – 20 perc = 70 perc

A „D” szállítmány átfutási ideje: 105 perc – 35 perc = 70 perc

Az „E” szállítmány átfutási ideje: 130 perc – 50 perc = 80 perc

40. táblázat: Az FCFS-ütemezéshez használt kalkuláció 4. lépése

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)	Kezdés (perc)	Befejezés (perc)	Átfutási idő (perc)
A	0	30	0	30	30
B	10	20	30	50	40
C	20	40	50	90	70
D	35	15	90	105	70
E	50	25	105	130	80

Forrás: Saját számítás

A kalkuláció utolsó számítása a várakozási idő, mely az átfutási idő mínusz a kezelési idő.

Az „A” szállítmány átfutási ideje: 30 perc – 30 perc = 0 perc

A „B” szállítmány átfutási ideje: 40 perc – 20 perc = 20 perc

A „C” szállítmány átfutási ideje: 70 perc – 40 perc = 30 perc

A „D” szállítmány átfutási ideje: 70 perc – 15 perc = 55 perc

Az „E” szállítmány átfutási ideje: 80 perc – 25 perc = 55 perc

41. táblázat: Az FCFS-ütemezéshez használt kalkuláció 5. lépése

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)	Kezdés (perc)	Befejezés (perc)	Átfutási idő (perc)	Várakozási idő (perc)
A	0	30	0	30	30	0
B	10	20	30	50	40	20
C	20	40	50	90	70	30
D	35	15	90	105	70	55
E	50	25	105	130	80	55

Forrás: Saját számítás

A kiszámolt adatok alapján az átlagos átfutási idő és az átlagos várakozási idő:
 = átlag (átfutási idők) = 58 perc
 = átlag (várakozási idő) = 32 perc

6.5. Példa az ütemezésre (SPT) (2.)

Egy logisztikai raktár napi beérkező szállítmányait a dokkolókapuknál érkezési sorrendben szolgálják ki. A raktárban egy kapu van, és egyszerre csak egy szállítmányt lehet kezelni.

A 42. táblázat mutatja az öt szállítmány adatait:

42. táblázat: Az ütemezéshez használt alapadatok

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)
A	0	30
B	10	20
C	20	40
D	35	15
E	50	25

Forrás: Saját számítás

Feladat: Készítse el az ütemezést SPT módszerrel. Számítsa ki minden szállítmány kezdési idejét, minden szállítmány befejezési idejét, az átfutási időt, illetve a várakozási időt. Határozza meg az átlagos átfutási időt és az átlagos várakozási időt.

6.6. Példa megoldása az ütemezésre (SPT) (2.)

Az SPT módszer egy olyan ütemezési elv, amelyet a feladatok feldolgozási ideje alapján alkalmaznak. Az elv szerint azt a rendelést (szállítmányt, feladatot) dolgozzák fel először, amelynek a legrövidebb a feldolgozási ideje. A módszer célja az átlagos átfutási idő és várakozási idő csökkentése, ezáltal a rendszer hatékonyságának növelése. Ebben az esetben van prioritizálás már a feldolgozási idők alapján, függetlenül az érkezési sorrendtől. A 43. táblázat felépítése az előző módszernél megismertek alapján azonos felépítésű:

43. táblázat: Az SPT-ütemezéshez használt alaptáblázat

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)	Kezdés (perc)	Befejezés (perc)	Átfutási idő (perc)	Várakozási idő (perc)

Forrás: Saját szerkesztés

Megnézzük, hogy a nap kezdésekor melyik szállítmány van bent („A”) és akkor azzal kezdjük a munkát. Ezen módszernél már az egyes oszlop értékeit, ahol lehet érdemes függvénnyel kikerestetni.

Érkezési idő: =FKERES(E32;\$A\$6:\$B\$10;2)

A szállítmány neve A tartomány, ahol a szállítmány van Tartomány oszlopszáma

Kezelési idő: =FKERES(E32;\$A\$6:\$C\$10;3)

A szállítmány neve A tartomány, ahol a szállítmány van Tartomány oszlopszáma

A kezdés az első szállítmány esetében MINDIG az ilyen esetekben NULLA. A befejezési idő: a kezdési idő + kezelési idő.

Az átfutási idő számolásához a befejezési idő és az érkezési idő közötti különbséget képezzük.

Az „A” szállítmány átfutási ideje: 30 perc – 0 perc = 30 perc

A várakozási idő az átfutási idő mínuszt a kezelési idő (44. táblázat). Az „A” szállítmány átfutási ideje: 30 perc – 30 perc = 0 perc

44. táblázat: Az SPT-ütemezés kalkulációjának 1. lépése

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)	Kezdés (perc)	Befejezés (perc)	Átfutási idő (perc)	Várakozási idő (perc)
A	0	30	0	30	30	0

Forrás: Saját számítás

Amire az „A” szállítmánnyal végzünk, akkor már a 30 percnél fogunk járni. Meg kell így vizsgálni, hogy melyik szállítmányok érnek be 30 percig és melyiknek lesz a legalacsonyabb a feldolgozási ideje. Beérkezett szállítmányok eddigre a „B” és a „C” (45. táblázat).

45. táblázat: Az SPT-ütemezésnél maradt szállítmányok

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)
A	0	30
B	10	20
C	20	40
D	35	15
E	50	25

Forrás: Saját számítás

A „B” és a „C” közül a kisebb kezelési idővel a „B” rendelkezik, ezért ezzel folytatjuk tovább a folyamatot. Az első sornál alkalmazott függvények itt is alkalmazhatók (46. táblázat).

46. táblázat: Az SPT-ütemezés kalkulációjának 2. lépése

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)	Kezdés (perc)	Befejezés (perc)	Átfutási idő (perc)	Várakozási idő (perc)
A	0	30	0	30	30	0
B	10	20	30	50	40	20

Forrás: Saját számítás

Tehát az átfutási idő számolásához a befejezési idő és az érkezési idő közötti különbséget képezzük.

A „B” szállítmány átfutási ideje: 50 perc – 10 perc = 40 perc

A „B” várakozási idő az átfutási idő mínusz a kezelési idő, tehát 40 perc – 20 perc = 20 perc.

A „B” befejezésével az 50 percnél járunk, így meg kell vizsgálni, hogy mely szállítmányok érkeztek már be addig. (47. táblázat)

47. táblázat: Az SPT-ütemezésnél maradt szállítmányok

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)
A	0	30
B	10	20
C	20	40
D	35	15
E	50	25

Forrás: Saját számítás

A „C”, a „D” és az „E” is megérkezett már, s ezek közül a legrövidebb kezelési idővel a D rendelkezik, így ez lesz a következő szállítmány (48. táblázat).

48. táblázat: Az SPT-ütemezés kalkulációjának 3. lépése

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)	Kezdés (perc)	Befejezés (perc)	Átfutási idő (perc)	Várakozási idő (perc)
A	0	30	0	30	30	0
B	10	20	30	50	40	20
D	35	15	50	65	30	15

Forrás: Saját számítás

A „D” átfutási idő számolásához a befejezési idő és az érkezési idő közötti különbséget képezzük, azaz $65 \text{ perc} - 35 \text{ perc} = 30 \text{ perc}$. A „D” várakozási idő az átfutási idő mínusz a kezelési idő, tehát $30 \text{ perc} - 15 \text{ perc} = 15 \text{ perc}$. A „D” befejezésekor már minden szállítmány bent van és a „C” 40 perc és az „E” 25 perc közül az E a rövidebb idejű, így az lesz a következő, a végén pedig a „C” szállítmány (49. táblázat, 50. táblázat, 51. táblázat).

49. táblázat: Az SPT-ütemezésnél maradt szállítmányok

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)
A	0	30
B	10	20
C	20	40
D	35	15
E	50	25

Forrás: Saját számítás

50. táblázat: Az SPT-ütemezés kalkulációjának 4. lépése

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)	Kezdés (perc)	Befejezés (perc)	Átfutási idő (perc)	Várakozási idő (perc)
A	0	30	0	30	30	0
B	10	20	30	50	40	20
D	35	15	50	65	30	15
E	50	25	65	90	40	15

Forrás: Saját számítás

51. táblázat: Az SPT-ütemezés kalkulációjának 5. lépése

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)	Kezdés (perc)	Befejezés (perc)	Átfutási idő (perc)	Várakozási idő (perc)
A	0	30	0	30	30	0
B	10	20	30	50	40	20
D	35	15	50	65	30	15
E	50	25	65	90	40	15
C	20	40	90	130	110	70

Forrás: Saját számítás

A kiszámolt adatok alapján az átlagos átfutási idő és az átlagos várakozási idő:

= átlag (átfutási idők) = 50 perc

= átlag (várakozási idő) = 24 perc

6.7. Példa az ütemezésre (LPT) (3.)

Egy logisztikai raktár napi beérkező szállítmányait a dokkolókapuknál érkezési sorrendben szolgálják ki. A raktárban egy kapu van, és egyszerre csak egy szállítmányt lehet kezelni. A 52. táblázat mutatja az öt szállítmány adatait:

52. táblázat: Az ütemezéshez használt alapadatok

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)
A	0	30
B	10	20
C	20	40
D	35	15
E	50	25

Forrás: Saját számítás

Feladat: Készítse el az ütemezést LPT módszerrel. Számítsa ki minden szállítmány kezdési idejét, minden szállítmány befejezési idejét, az átfutási időt, illetve a várakozási időt. Határozza meg az átlagos átfutási időt és az átlagos várakozási időt.

6.8. Példa megoldása az ütemezésre (LPT) (3.)

Az LPT módszer egy ütemezési elv, amelyet a feladatok feldolgozási ideje alapján alkalmaznak.

53. táblázat: Az LPT-ütemezéshez használt alaptáblázat

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)	Kezdés (perc)	Befejezés (perc)	Átfutási idő (perc)	Várakozási idő (perc)

Forrás: Saját szerkesztés

Azt a rendelést (szállítmányt, feladatot) dolgozzák fel először, amelynek a leghosszabb a feldolgozási ideje. A módszer célja a terhelés kiegyenlítése és a szűk keresztmetszetek csökkentése, ezáltal hozzájárulva a rendszer stabilabb működéséhez. A prioritizálás a feldolgozási idők alapján van úgy, hogy a hosszabb ideig tartó feladatok mielőbbi elindítása a cél. Az 53. táblázat felépítése az előző módszereknél megismertek alapján azonos felépítésű.

A következő lépésben megnézzük, hogy a nap kezdésekor melyik szállítmány van bent („A”) és akkor azzal kezdjük a munkát. A kezdés az első szállítmánynál itt is MINDIG NULLA. Az „A” szállítmány átfutási ideje: $30 \text{ perc} - 0 \text{ perc} = 30 \text{ perc}$. Az „A” szállítmány átfutási ideje továbbra is $30 \text{ perc} - 30 \text{ perc} = 0 \text{ perc}$ (54. táblázat).

54. táblázat: Az LPT-ütemezés kalkulációjának 1. lépése

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)	Kezdés (perc)	Befejezés (perc)	Átfutási idő (perc)	Várakozási idő (perc)
A	0	30	0	30	30	0

Forrás: Saját számítás

Amire az „A” szállítmánnyal végzünk, akkor már a 30 percnél fogunk járni. Meg kell így vizsgálni, hogy melyik szállítmányok érnek be 30 percig és melyiknek lesz a legmagasabb a feldolgozási ideje. Beérkezett szállítmányok eddigre a „B” és a „C” (55. táblázat).

55. táblázat: Az LPT-ütemezésnél maradt szállítmányok

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)
A	0	30
B	10	20
C	20	40
D	35	15
E	50	25

Forrás: Saját számítás

A „B” és a „C” közül a magasabb kezelési idővel a „C” rendelkezik, ezért ezzel folytatjuk tovább a folyamatot (56. táblázat).

56. táblázat: Az LPT-ütemezés kalkulációjának 2. lépése

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)	Kezdés (perc)	Befejezés (perc)	Átfutási idő (perc)	Várakozási idő (perc)
A	0	30	0	30	30	0
C	20	40	30	70	50	10

Forrás: Saját számítás

Az átfutási idő számolásához a befejezési idő és az érkezési idő közötti különbséget képezzük.

A „C” szállítmány átfutási ideje: 70 perc – 20 perc = 50 perc

A „C” várakozási idő az átfutási idő mínuszt a kezelési idő, tehát 50 perc – 40 perc = 10 perc.

A „C” befejezésével a 70 percnél járunk, így meg kell vizsgálni, hogy mely szállítmányok érkeztek már be addig. (57. táblázat)

57. táblázat: Az LPT-ütemezésnél maradt szállítmányok

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)
A	0	30
B	10	20
C	20	40
D	35	15
E	50	25

Forrás: Saját számítás

A „B”, a „D” és az „E” is megérkezett már, s ezek közül a legmagasabb kezelési idővel az „E” rendelkezik, így ez lesz a következő szállítmány (58. táblázat).

58. táblázat: Az LPT-ütemezés kalkulációjának 3. lépése

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)	Kezdés (perc)	Befejezés (perc)	Átfutási idő (perc)	Várakozási idő (perc)
A	0	30	0	30	30	0
C	20	40	30	70	50	10
E	50	25	70	95	45	20

Forrás: Saját számítás

Az „E” átfutási idő számolásához a befejezési idő és az érkezési idő közötti különbséget képezzük, azaz $95 \text{ perc} - 50 \text{ perc} = 45 \text{ perc}$. Az „E” várakozási idő az átfutási idő mínuszt a kezelési idő, tehát $45 \text{ perc} - 25 \text{ perc} = 20 \text{ perc}$.

Az „E” befejezésekor már minden szállítmány bent van és a „B” 20 perc és a „D” 15 perc közül a „B” a hosszabb idejű, így az lesz a következő, a végén pedig a „D” szállítmány (59. táblázat, 60. táblázat, 61. táblázat).

59. táblázat: Az LPT-ütemezésnél maradt szállítmányok

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)
A	0	30
B	10	20
C	20	40
D	35	15
E	50	25

Forrás: Saját számítás

60. táblázat: Az LPT-ütemezés kalkulációjának 4. lépése

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)	Kezdés (perc)	Befejezés (perc)	Átfutási idő (perc)	Várakozási idő (perc)
A	0	30	0	30	30	0
C	20	40	30	70	50	10
E	50	25	70	95	45	20
B	10	20	95	115	105	85

Forrás: Saját számítás

61. táblázat: Az LPT-ütemezés kalkulációjának 5. lépése

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)	Kezdés (perc)	Befejezés (perc)	Átfutási idő (perc)	Várakozási idő (perc)
A	0	30	0	30	30	0
C	20	40	30	70	50	10
E	50	25	70	95	45	20
B	10	20	95	115	105	85
D	35	15	115	130	95	80

Forrás: Saját számítás

A kiszámolt adatok alapján az átlagos átfutási idő és az átlagos várakozási idő:
 = átlag (átfutási idők) = 65 perc
 = átlag (várakozási idő) = 39 perc

6.9. Példa az ütemezésre (EDD) (4.)

Egy logisztikai raktár napi beérkező szállítmányait a dokkolókapuknál érkezési sorrendben szolgálják ki. A raktárban egy kapu van és egyszerre csak egy szállítmányt lehet kezelni. A 62. táblázat mutatja az öt szállítmány adatait:

62. táblázat: Az ütemezéshez használt alapadatok

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)
A	0	30
B	10	20
C	20	40
D	35	15
E	50	25

Forrás: Saját számítás

Feladat: Készítse el az ütemezést EDD módszerrel! Számítsa ki minden szállítmány kezdési idejét, minden szállítmány befejezési idejét, az átfutási időt, illetve a várakozási időt! Határozza meg az átlagos átfutási időt és az átlagos várakozási időt!

6.10. Példa megoldása az ütemezésre (EDD) (4.)

Az EDD a legkorábbi határidő módszer, ahol azt a rendelést (szállítmányt, feladatot) dolgozzák fel először, amelynek a legkorábbi az esedékességi ideje (határideje). A módszer célja a késések minimalizálása, valamint a határidők betartásának javítása, ezáltal a vevői kiszolgálás megbízhatóságának növelése. A prioritizálás a határidők alapján történik és a sürgősebb feladatok mielőbbi elindítására helyezi a hangsúlyt. A 63. táblázat felépítése az előző módszernek megismertek alapján azonos felépítésű.

63. táblázat: Az EDD-ütemezéshez használt alaptáblázat

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)	Kezdés (perc)	Befejezés (perc)	Átfutási idő (perc)	Várakozási idő (perc)

Forrás: Saját szerkesztés

Első lépésben megnézzük, hogy a nap kezdésekor melyik szállítmány van bent („A”) és akkor azzal kezdjük a munkát. A kezdés az első szállítmánynál itt is MINDIG NULLA. Az „A” szállítmány átfutási ideje: 30 perc – 0 perc = 30 perc. Az „A” szállítmány átfutási ideje továbbra is 30 perc – 30 perc = 0 perc (64. táblázat).

64. táblázat: Az EDD ütemezés kalkulációjának 1. lépése

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)	Kezdés (perc)	Befejezés (perc)	Átfutási idő (perc)	Várakozási idő (perc)
A	0	30	0	30	30	0

Forrás: Saját számítás

Amire az „A” szállítmánnyal végzünk, akkor már a 30 percnél fogunk járni. Meg kell így vizsgálni, hogy melyik szállítmányok érnek be 30 percig („B” és „C”) és melyiknek lesz a határideje a legrövidebb (65. táblázat).

65. táblázat: Az EDD-ütemezésnél maradt szállítmányok

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)	Határidők
A	0	30	100
B	10	20	90
C	20	40	180
D	35	15	120
E	50	25	110

Forrás: Saját számítás

A „B” és a „C” közül az alacsonyabb határideje a „B”-nek van, így ezzel folytatjuk tovább a folyamatot (66. táblázat).

66. táblázat: Az EDD-ütemezés kalkulációjának 2. lépése

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)	Kezdés (perc)	Befejezés (perc)	Átfutási idő (perc)	Várakozási idő (perc)
A	0	30	0	30	30	0
B	10	20	30	50	40	20

Forrás: Saját számítás

Az átfutási idő számolásához a befejezési idő és az érkezési idő közötti különbséget képezzük. A „B” szállítmány átfutási ideje: $50 \text{ perc} - 10 \text{ perc} = 40 \text{ perc}$. A „B” várakozási idő az átfutási idő mínusz a kezelési idő, tehát $40 \text{ perc} - 20 \text{ perc} = 20 \text{ perc}$.

A „B” befejezésével az 50 percnél járunk, így meg kell vizsgálni, hogy mely szállítmányok érkeztek már be addig. (67. táblázat)

67. táblázat: Az EDD-ütemezésnél maradt szállítmányok

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)	Határidők
A	0	30	100
B	10	20	90
C	20	40	180
D	35	15	120
E	50	25	110

Forrás: Saját számítás

A „C”, a „D” és az „E” is megérkezett már az 50. percre, s ezek közül a legalacsonyabb határidővel az „E” rendelkezik, így ez lesz a következő szállítmány (68. táblázat).

68. táblázat: Az EDD-ütemezés kalkulációjának 3. lépése

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)	Kezdés (perc)	Befejezés (perc)	Átfutási idő (perc)	Várakozási idő (perc)
A	0	30	0	30	30	0
B	10	20	30	50	40	20
E	50	25	50	75	25	0

Forrás: Saját számítás

Az „E” átfutási idő számolásához a befejezési idő és az érkezési idő közötti különbséget képezzük, azaz $75 \text{ perc} - 50 \text{ perc} = 25 \text{ perc}$. Az „E” várakozási idő az átfutási idő mínusz a kezelési idő, tehát $25 \text{ perc} - 25 \text{ perc} = 0 \text{ perc}$.

Az „E” befejezésekor már minden szállítmány bent van és a „C” 180 perc és a „D” 120 perc határideje közül a „D” az alacsonyabb, így az lesz a következő, a végén pedig a „C” szállítmány (69. táblázat, 70. táblázat, 71. táblázat).

69. táblázat: Az EDD-ütemezésnél maradt szállítmányok

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)	Határidők
A	0	30	100
B	10	20	90
C	20	40	180
D	35	15	120
E	50	25	110

Forrás: Saját számítás

70. táblázat: Az EDD-ütemezés kalkulációjának 4. lépése

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)	Kezdés (perc)	Befejezés (perc)	Átfutási idő (perc)	Várakozási idő (perc)
A	0	30	0	30	30	0
B	10	20	30	50	40	20
E	50	25	50	75	25	0
D	35	15	75	90	55	40

Forrás: Saját számítás

71. táblázat: Az EDD-ütemezés kalkulációjának 5. lépése

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)	Kezdés (perc)	Befejezés (perc)	Átfutási idő (perc)	Várakozási idő (perc)
A	0	30	0	30	30	0
B	10	20	30	50	40	20
E	50	25	50	75	25	0
D	35	15	75	90	55	40
C	20	40	90	130	110	70

Forrás: Saját számítás

A kiszámolt adatok alapján az átlagos átfutási idő és az átlagos várakozási idő:
 = átlag (átfutási idők) = 52 perc
 = átlag (várakozási idő) = 26 perc

6.11. Példa az ütemezésre (CR) (5.)

Egy logisztikai raktár napi beérkező szállítmányait a dokkolókapuknál érkezési sorrendben szolgálják ki. A raktárban egy kapu van és egyszerre csak egy szállítmányt lehet kezelni. A 72. táblázat mutatja az öt szállítmány adatait:

72. táblázat: Az ütemezéshez használt alapadatok

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)
A	0	30
B	10	20
C	20	40
D	35	15
E	50	25

Forrás: Saját számítás

Feladat: Készítse el az ütemezést a kritikus arány módszerrel. Számítsa ki minden szállítmány kezdési idejét, minden szállítmány befejezési idejét, az átfutási időt, illetve a várakozási időt. Határozza meg az átlagos átfutási időt és az átlagos várakozási időt.

6.12. Példa megoldása az ütemezésre (CR) (5.)

A kritikus arány módszer (CR módszer, Critical Ratio) olyan ütemezési eljárás, amely a feladatok priorizálását a hátralévő idő és a még szükséges feldolgozási idő arányának figyelembevételével végzi. A kritikus arány értéke a határidőig rendelkezésre álló idő és a feladat befejezéséhez szükséges idő hányadosaként számítható. Az a rendelés kerül először feldolgozásra, amelynek a CR értéke a legkisebb, mivel ez tekinthető a legkritikusabbnak.

$$CR = \frac{(\text{határidő} - \text{kezdesi idő})}{\text{kezelési idő}}$$

A módszer célja a késések megelőzése, a határidők betartásának javítása, valamint az erőforrások hatékonyabb kihasználása. A priorizálás dinamikusan változik az idő előrehaladtával, így a módszer érzékenyen reagál a feladatok sürgősségére. A 73. táblázat felépítése az előző módszereknél megismertek alapján itt is azonos szerkezetű.

73. táblázat: A CR-ütemezéshez használt alaptáblázat

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)	Kezdés (perc)	Befejezés (perc)	Átfutási idő (perc)	Várakozási idő (perc)

Forrás: Saját szerkesztés

Első lépésben megnézzük, hogy a nap kezdésekor melyik szállítmány van bent („A”) és akkor azzal kezdjük a munkát. A kezdés az első szállítmánynál itt is MINDIG NULLA. Az „A” szállítmány átfutási ideje: 30 perc – 0 perc = 30 perc. Az „A” szállítmány átfutási ideje továbbra is 30 perc – 30 perc = 0 perc (74. táblázat).

74. táblázat: A CR-ütemezés kalkulációjának 1. lépése

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)	Kezdés (perc)	Befejezés (perc)	Átfutási idő (perc)	Várakozási idő (perc)
A	0	30	0	30	30	0
			30			

Forrás: Saját számítás

Amire az „A” szállítmánnyal végzünk, akkor már a 30 percnél fogunk járni. Meg kell így vizsgálni, hogy melyik szállítmányok érnek be 30 percig („B” és „C”) és ezekre kell a hatvány értékét kalkulálni (75. táblázat).

75. táblázat: A CR-ütemezésnél maradt szállítmányok

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)	Határidők
A	0	30	100
B	10	20	90
C	20	40	180
D	35	15	120
E	50	25	110

Forrás: Saját számítás

Tehát a „B” szállítmány hányados értéke: $\frac{90-30}{20} = 3$. A „C” szállítmány hányados értéke: $\frac{180-30}{40} = 3,75$. Mivel a „B” szállítmány értéke a kisebb, ezért az „A” után ezzel folytatjuk a sort.

Szállítmány	Hányados
B	3,00
C	3,75

A „B” és a „C” közül az alacsonyabb határideje a „B”-nek van, így ezzel folytatjuk tovább a folyamatot (76. táblázat).

76. táblázat: A CR-ütemezés kalkulációjának 2. lépése

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)	Kezdés (perc)	Befejezés (perc)	Átfutási idő (perc)	Várakozási idő (perc)
A	0	30	0	30	30	0
B	10	20	30	50	40	20
			50			

Forrás: Saját számítás

Az átfutási idő számolásához a befejezési idő és az érkezési idő közötti különbséget képezzük. A „B” szállítmány átfutási ideje: 50 perc – 10 perc = 40 perc

A „B” várakozási idő az átfutási idő mínusz a kezelési idő, tehát 40 perc – 20 perc = 20 perc.

A „B” befejezésével az 50 percnél járunk, így meg kell vizsgálni, hogy mely szállítmányok érkeztek már be addig. (77. táblázat)

77. táblázat: A CR-ütemezésnél maradt szállítmányok

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)	Határidők
A	0	30	100
B	10	20	90
C	20	40	180
D	35	15	120
E	50	25	110

Forrás: Saját számítás

A „C”, a „D” és az „E” is megérkezett már az 50. percre, így mindháromra ki kell számolni a hányados értékét. Tehát a „C” szállítmány hányados értéke: $\frac{180-50}{40} = 3,25$. A „D” szállítmány hányados értéke: $\frac{120-50}{15} = 4,67$. A „E” szállítmány hányados értéke: $\frac{110-50}{25} = 2,4$. Mivel az „E” szállítmány értéke a kisebb, ezért a „B” után ezzel folytatjuk a sort.

Szállítmány	Hányados
C	3,25
D	4,67
E	2,40

A 3 szállítmány közül az „E” a legalacsonyabb, így ez lesz a 3. szállítmány (78. táblázat).

78. táblázat: A CR-ütemezés kalkulációjának 3. lépése

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)	Kezdés (perc)	Befejezés (perc)	Átfutási idő (perc)	Várakozási idő (perc)
A	0	30	0	30	30	0
B	10	20	30	50	40	20
E	50	25	50	75	25	0
			75			

Forrás: Saját számítás

Az „E” átfutási idő számolásához a befejezési idő és az érkezési idő közötti különbséget képezzük, azaz $75 \text{ perc} - 50 \text{ perc} = 25 \text{ perc}$. Az „E” várakozási idő az átfutási idő mínusz a kezelési idő, tehát $25 \text{ perc} - 25 \text{ perc} = 0 \text{ perc}$.

Az „E” befejezésekor már minden szállítmány bent van, így mindkét szállítmányra ki kell számolni a hányadost.

Tehát a „C” szállítmány hányados értéke: $\frac{180-75}{40} = 2,625$. A „D” szállítmány hányados értéke: $\frac{120-75}{15} = 3,0$.

Szállítmány	Hányados
C	2,625
D	3

A „C” hányados értéke a kisebb, így a sort ezzel folytatjuk, majd ezt követi a „D” szállítmány értékei. (79. táblázat, 80. táblázat, 81. táblázat)

79. táblázat: A CR-ütemezésnél maradt szállítmányok

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)	Határidők
A	0	30	100
B	10	20	90
C	20	40	180
D	35	15	120
E	50	25	110

Forrás: Saját számítás

80. táblázat: Az EDD-ütemezés kalkulációjának 4. lépése

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)	Kezdés (perc)	Befejezés (perc)	Átfutási idő (perc)	Várakozási idő (perc)
A	0	30	0	30	30	0
B	10	20	30	50	40	20
E	50	25	50	75	25	0
C	20	40	75	115	95	55

Forrás: Saját számítás

81. táblázat: Az EDD-ütemezés kalkulációjának 5. lépése

Szállítmány	Érkezési idő (perc)	Kezelési idő (perc)	Kezdés (perc)	Befejezés (perc)	Átfutási idő (perc)	Várakozási idő (perc)
A	0	30	0	30	30	0
B	10	20	30	50	40	20
E	50	25	50	75	25	0
C	20	40	75	115	95	55
D	35	15	115	130	95	80

Forrás: Saját számítás

A kiszámolt adatok alapján az átlagos átfutási idő és az átlagos várakozási idő:
 = átlag (átfutási idők) = 57 perc
 = átlag (várakozási idő) = 31 perc

7. A HÁLÓTERVEZÉS ELVI ALAPJAI

A hálótervezés (network planning) a projektmenedzsment és a termelésirányítás egyik legismertebb eszköze, amelyet összetett, több tevékenységből álló folyamatok ütemezésére, irányítására és ellenőrzésére használnak. A hálótervezés segítségével a projekt összes tevékenysége vizuálisan ábrázolható, ami megkönnyíti az időbeli tervezést, az erőforrások optimalizálását és a kritikus folyamatok azonosítását.

A hálótervezés leggyakrabban a projektek időbeli ütemezésére alkalmazott módszertan, de használható gyártási, építési, szolgáltatási és egyéb üzleti folyamatok optimalizálására is. Célja, hogy a projekt összes tevékenységét logikai sorrendbe állítsa, meghatározza az egyes lépések közötti kapcsolatokat és kiszámítsa a projekt befejezéséhez szükséges minimális időt.

A hálótervezésnél a projektet tevékenységekre bontjuk. Ezek a tevékenységek azok az alapegységek, amelyek meghatározott idő alatt és erőforrás-felhasználással valósulnak meg. A tevékenységek közötti logikai kapcsolatok azt mutatják meg, hogy mely tevékenységek előfeltételei másoknak, vagyis milyen sorrendben hajthatók végre.

A hálótervezésnél a következő alapfogalmakkal kell megismerkednünk:

- A tevékenység a projekt azon része, amely meghatározott idő alatt végrehajtható és általában erőforrásokat is igényel.
- A csomópont a tevékenységek kezdetét vagy végét jelöli, attól függően, hogy milyen módszert alkalmazunk.
- Az időtartam az adott tevékenység végrehajtásához szükséges idő.
- Az előfeltétel a tevékenységek közötti sorrendiség (pl. egy tevékenység csak akkor kezdhető el, ha az azt megelőző befejeződött).
- A kritikus út az a tevékenységsorozat, amely a projekt teljes időtartamát meghatározza. Ezen tevékenységekben nincs időtartalék, vagyis bármelyik késése a teljes projekt csúszását eredményezi.

- Időtartalék az az idő, amennyit egy tevékenység késheet anélkül, hogy ez hatással lenne a projekt befejezési idejére.

A hálótérvezés többféle módszerrel végezhető, amelyek közül a két legismertebb:

- CPM (Critical Path Method, azaz a kritikus út módszere). Ez a módszer fix időtartamokkal dolgozik és célja a projekt teljes időtartamának minimalizálása. Főként ipari, gyártási és építési projektekben alkalmazzák, ahol a tevékenységek időtartama előre meghatározható.
- PERT (Program Evaluation and Review Technique, programértékelési és áttekintési technika): A PERT módszer bizonytalan időtartamú tevékenységeket is kezel. A módszert főként kutatás-fejlesztési és innovációs projektekben alkalmazzák, ahol nagy a bizonytalanság.

Mindkét módszer hálódigramot készít, amely vizuálisan ábrázolja a projekt szerkezetét, és megmutatja a tevékenységek közötti kapcsolatokat.

A hálótérvezés általában a következő lépésekből áll:

- A projekt felbontása tevékenységekre: a projektet kisebb, jól meghatározható részekre bontjuk.
- A tevékenységek sorrendiségének meghatározása: megállapítjuk, hogy melyik tevékenység után melyik következhet.
- A tevékenységek időtartamának becslése: minden tevékenységhez hozzárendelünk egy becsült időtartamot.
- A hálódigram elkészítése: a tevékenységek közötti kapcsolatokat egy hálóban (irányított gráfban) ábrázoljuk.
- A kritikus út meghatározása: meghatározzuk azt a tevékenységsorozatot, amely a leghosszabb időtartamú és amely mentén nincs időtartalék.
- Időtartalékok kiszámítása: megállapítjuk, mely tevékenységek nem tartoznak a kritikus úthoz és mekkora késés engedhető meg bennük.
- Projektütemezés és erőforrás-tervezés: az információk alapján készítjük el a projekt részletes ütemtervét és hozzárendeljük az erőforrásokat.

A hálótérvezési módszer alkalmazásával sok előnyre lehet szert tenni:

- Átláthatóságot biztosítanak: A hálódigram segít megérteni a projekt szerkezetét és a tevékenységek közötti kapcsolatokat.

- Segítik a döntéshozatalt: A kritikus út azonosítása lehetővé teszi a menedzsment számára, hogy tudja, mely tevékenységek időérzékenyek, és hol van mozgástér.
- Támogatják az ütemezést: A projekt ütemezése során figyelembe vehető minden tevékenység időtartama és kapcsolata.
- Lehetővé teszik az erőforrás-optimalizálást: A nem kritikus tevékenységek időtartalmait figyelembe véve erőforrásokat csoportosíthatunk át a projekt különböző részeire.
- Segítik a kockázatkezelést: A bizonytalan időtartamokkal dolgozó PERT módszer segít az időbeli kockázatok jobb becslésében.

A hálódiaagram elemei a kiválasztott módszertantól (CPM vagy PERT) is függnnek, de általánosságban a következő fő részekből áll:

1. Tevékenységek (munkafolyamatok, feladatok): A tevékenység a projekt végrehajtásának legkisebb, egyértelműen meghatározható egysége, amely időt és gyakran erőforrást igényel. A hálódiaagramon a tevékenységet gyakran nyíllal (klasszikus PERT), vagy téglalappal/dobozzal (AON módszer) jelölik. Minden tevékenységhez hozzárendelünk egy azonosítót (pl. A, B, C) és megadjuk az időtartamát (például: 5 nap).
2. Csomópontok (események): A csomópont olyan pontot jelöl a hálóban, ahol egy vagy több tevékenység kezdődik vagy végződik. A csomópontokat sorszámazzák (pl. 1., 2., 3.) és logikai jelentésük van. A módszertantól függően más-más szerepet kap:
 - Activity-on-Arrow (AOA) hálóban a csomópontok jelentik az eseményeket (pl. tevékenység kezdete vagy befejezése), a nyilak pedig a tevékenységeket.
 - Activity-on-Node (AON) hálóban: a dobozok jelentik a tevékenységeket és az összekötő nyilak a tevékenységek közötti kapcsolatot mutatják.
3. Nyilak (kapcsolatok): A nyilak a tevékenységek közötti sorrendiséget, függőséget ábrázolják. A nyíl irányítotttsága megmutatja, melyik tevékenység után következik egy másik. Egy nyíl mindig egy irányba mutat, ezzel kifejezve az időbeli sorrendet (előtte → utána). A leggyakoribb kapcsolattípus az FS (Finish to Start, befejezés → kezdés), azaz a következő tevékenység csak az előző befejezése után kezdődhet el (ez az alapértelmezett kapcsolat).

4. Időtartamok: Minden tevékenységhez hozzá van rendelve egy időtartam, amely azt mutatja meg, hogy mennyi idő szükséges annak elvégzéséhez. Lehet fix érték (pl. 4 nap a CPM módszernél), vagy becsült intervallum (optimista, pesszimista, valószínű a PERT-nél). A tevékenységek időtartama döntően befolyásolja a projekt teljes hosszát és a kritikus út meghatározását.

A hálódiaagram elkészítésének a célja a kritikus út meghatározása, amely a hálóban az a tevékenységsorozat, amely a projekt szempontjából időkritikus. Az itt szereplő tevékenységek késedelve a teljes projekt késedelmét vonja maga után. A kritikus út a leghosszabb összefüggő út a hálóban, amelynek nincs időtartaléka. Gyakran kiemelve vagy színezve jelölik a hálódiaagramon.

Természetesen a kritikus út meghatározása után meghatározhatók a különböző időtartalékok is, amely azt mutatja meg, hogy egy tevékenység mennyit késheet anélkül, hogy ez a teljes projekt időtartamát befolyásolná. A nulla időtartalékkal rendelkező tevékenységek mindig a kritikus úton találhatók. A nem kritikus tevékenységek tartalmazhatnak pozitív időtartalékot, ami lehetőséget ad az erőforrások rugalmasabb kezelésére.

$$\text{Időtartalék} = \text{LS} - \text{ES} = \text{LF} - \text{EF}$$

Dummy tevékenységek kizárólag az AOA típusú hálótérvekben fordulnak elő. Az AON hálótervezés nem használ ilyen típusú tevékenységeket, mivel a tevékenységek közötti kapcsolatok közvetlenül a nyilakkal ábrázolhatók logikai torzulás nélkül. Ezek a tevékenységek nem igényelnek időt vagy erőforrást, de logikai kapcsolatot fejeznek ki két esemény között. Ezekkel biztosítható, hogy a hálódiaagram egyértelmű és helyes függőségi struktúrát mutasson. Általában szaggatott nyállal jelölik.

A teljes projekt időtartama a kezdő eseménytől a záró eseményig terjedő időszakot fedi le.

A hálótervezésnél használt elemek, azok jelölései, illetve azok funkcióit a következő táblázatban foglaltam össze (82. táblázat):

82. táblázat: A hálótérvezésnél használható elemek

Elem	Jelölés (általában)	Funkció
Tevékenység	Doboz vagy nyíl	A projekt részfeladata, időtartammal
Csomópont (esemény)	Kör vagy szám	Tevékenységek kezdete vagy vége
Kapcsolat (függőség)	Nyíl	Meghatározza a tevékenységek sorrendjét
Időtartam	Számérték (nap, hét stb.)	Egy tevékenység elvégzéséhez szükséges idő
Kritikus út	Színezés, dupla vonal	A projekt teljes időtartamát meghatározó útvonal
Időtartalék	Float/slack érték	A megengedett csúszás egy tevékenységnél
Korai/késői kezdés	ES / LS	Kezdési időintervallumok
Korai/késői befejezés	EF / LF	Befejezési időintervallumok
Dummy tevékenység	Szaggyatott nyíl	Logikai kapcsolat, időtartam nélkül

Forrás: Saját számítás

7.1. A PERT és a CPM alkalmazhatósági lehetőségei

Mindkét módszer célja a projekt teljesítési idejének minimalizálása, illetve a kritikus út azonosítása. A PERT és a CPM is két olyan hálótérvezési technika, amelyek a projektmenedzsmentben és a termelés-szolgáltatás menedzsmentben egyaránt meghatározó eszközök. Mindkettő célja, hogy a bonyolult, több feladatból álló projekteket átláthatóvá tegye, segítse a határidők betartását és feltárja a kritikus erőforrásokat.

Hasonlóságok:

- Mindkettő a projektet tevékenységekre bontja és ezeket logikai sorrendbe állítja.
- Egy hálódiaagramot készítünk, ahol a csomópontok és élek a tevékenységek közti kapcsolatot mutatják.
- Meghatározzák a projekt teljes időtartamát és kijelölik a kritikus útvonalat. Ez az az útvonal, amelyen a leghosszabb az összefüggő tevékenységek láncolata és amely közvetlenül meghatározza a projekt befejezésének idejét.
- Segítségükkel azonosíthatók a tartalékidők, vagyis azok a tevékenységek, amelyeknél kisebb csúszás még nem okoz késést a teljes projektben.

A különbségeknél leginkább azt fogalmazhatom meg, hogy a PERT inkább bizonytalan, a kutatás-fejlesztési és újszerű projektekhez használatos. A legfontosabb sajátossága, hogy a tevékenységek időtartamát valószínűségi becsléssel adja meg. Ez három értéket tartalmaz:

- optimista idő (a): leggyorsabb megvalósítás, ha minden kedvező,
- legvalószínűbb idő (m): átlagos, normál körülmények között várható,
- pesszimista idő (b): ha minden a legrosszabbul alakul.

Az átlagos várható idő képlete:

$$t_e = \frac{a + 4m + b}{6}$$

Ez adja meg az adott tevékenység becsült időtartamát, amelyet aztán a hálóban felhasználunk.

A CPM determinisztikusnak tekinthető, vagyis olyan projektekhez ajánlott, ahol a tevékenységek időtartama biztosan ismert (pl. építkezések, gyártási projektek stb.). A CPM-ben sokkal inkább előtérben van a költség-idő optimalizálás (pl. a gyorsítási lehetőségek elemzése: ha rövidebb időre van szükség, akkor mennyi pluszköltséget okoz az erőforrások átcsoportosítása).

A kritikus út meghatározásánál fontos, hogy a hálótervben minden tevékenységhez két irányban végezhető számítás:

- előrehaladás: kiszámítjuk a legkorábbi kezdési és befejezési időket,
- visszahaladás: meghatározzuk a legkésőbbi kezdési és befejezési időket.

Az alkalmazott időparaméterek a PERT/CPM hálóelemzésnél a következők:

- a) ES (Early Start, korai kezdés): Ez az adott tevékenység legkorábbi időpontja, amikor elkezdődhet. Az ES-t az határozza meg, hogy a megelőző tevékenységek mikor fejeződnek be.

Számítás: a közvetlen elődök befejezési ideje közül a legkésőbbi.

$$ES = \max(EF_{\text{előzők}})$$

- b) EF (Early Finish, korai befejezés): Ez az adott tevékenység legkorábbi befejezési időpontja. Képlete: $EF = ES + t$, ahol „ t ” az adott tevékenység időtartama.

- c) LF (Late Finish, késői befejezés): Ez az adott tevékenység legkésőbbi befejezési ideje, amely még nem késlelteti a teljes projekt befejezését. Az LF értéket a „hátrafelé számolás”-nál határozzuk meg. Számítás: a közvetlen utódok közül a legkorábbi késői kezdés:

$$LF = \min(LS_{\text{következő}})$$

- d) LS (Late Start, késői kezdés): Ez az adott tevékenység legkésőbbi kezdési időpontja, amely mellett a projekt még időben befejezhető. Képlete: $LS = LF - t$

Kapcsolat a négy érték között: ha előre felé haladást számolunk, akkor ES és EF számolható. Ha visszafelé haladást kalkulálunk, akkor LF és LS számítható.

Ha a tevékenység az időkritikus úton van, akkor: $ES = LS$ és $EF = LF$, azaz nincs tartalékidő (tartalékidő = 0).

Ahol a legkorábbi kezdés = legkésőbbi kezdés, ott nincs tartalékidő → ezek a kritikus tevékenységek. Az ezekből álló lánc a kritikus út, amely a projekt teljes időtartamát meghatározza.

Alkalmazási helyük egy kicsit különbözőnek tekinthető, mivel a PERT főként a bizonytalanság kezelésében segít, így kutatás-fejlesztésben, IT-projektekben vagy újszerű, sok ismeretlen tényezővel járó feladatoknál alkalmazzák. Ezzel szemben a CPM inkább ipari környezetben, építkezéseknél, gyártási és logisztikai projektekben jellemző.

A két módszer a gyakorlatban gyakran kombinálódik, mivel a projekt egyes részeit determinisztikusan, más részeit valószínűségi módon becsülik. Mindkettő kiváló eszköz a projekt vizualizálására, a szűk keresztmetszetek azonosítására és a vezetői döntéstámogatásra (pl. hol érdemes gyorsítani, milyen erőforrás-átcsoportosítás szükséges).

7.1.1. Példa a kritikus út számítására (projekt)

Egy logisztikai projektben ki kell dolgozni egy új kiszállítási folyamatot. A projektet 8 egymásra épülő tevékenységre bontották. A tevékenységek sorrendje és azok függése a következő:

- A (Előkészítés): nincs előfeltétel.
 B (Csomagolási előkészítés): A után.
 C (Dokumentáció előkészítése): A után.
 D (Minőségellenőrzés): B után.
 E (Végso csomagolás): B után.
 F (Konszolidálás): egyszerre kell C és D befejezése.
 G (Szállítási adminisztráció): E után.
 H (Kiszállítás indítása): F és G után (záró tevékenység).

A PERT-ben a tevékenységekhez három becsült időt adunk meg (percen): optimista „*a*”, legvalószínűbb „*m*”, pesszimista „*b*” (83. táblázat). Ezekből számítjuk a várható időt és a varianciát.

83. táblázat: A példaprojekt alapadatai a várható időre

Tevékenység	a (optimista) (perc)	m (legvalószínűbb) (perc)	b (pesszimista) (perc)
A	2	4	8
B	1	2	3
C	3	6	9
D	2	3	4
E	2	4	6
F	4	6	10
G	3	5	7
H	2	3	6

Forrás: Saját szerkesztés

Feladat: számolja ki minden tevékenység várható idejét (t_c -t) és a varianciáját (σ^2), építse fel a hálót, végezze el a forward (előrehaladás) és backward pass (visszafelé haladás) számításokat, azonosítsa a kritikus utat, adja meg a projekt várható idejét és a kritikus út varianciáját. Mi a valószínűsége, hogy 22 perc alatt befejeződik a projekt?

7.1.2. Példa megoldása a kritikus út számítására (projekt)

Első lépésként a várható időket és a varianciákat kell meghatározni. A számításhoz a következő képleteket kell alkalmazni (t = idő, σ^2 variancia) (84. és 85. táblázat):

$$t_e = \frac{a + 4m + b}{6}$$

$$\sigma^2 = \left(\frac{b - a}{6} \right)^2$$

84. táblázat: A példaprojekt feladat megoldásához szükséges t_e érték meghatározása

	A	B	C	D	E	F
1	Tevékenység	a (optimista)	m (legvalószínűbb)	b (pesszimista)	t_e	
2	A	2	4	8	$=(2+4*4+8)/6$	4,333
3	B	1	2	3	$=(B43+4*C43+D43)/6$	2,000
4	C	3	6	9	.	6,000
5	D	2	3	4	.	3,000
6	E	2	4	6	.	4,000
7	F	4	6	10	.	6,333
8	G	3	5	7	.	5,000
9	H	2	3	6	.	3,333
10						

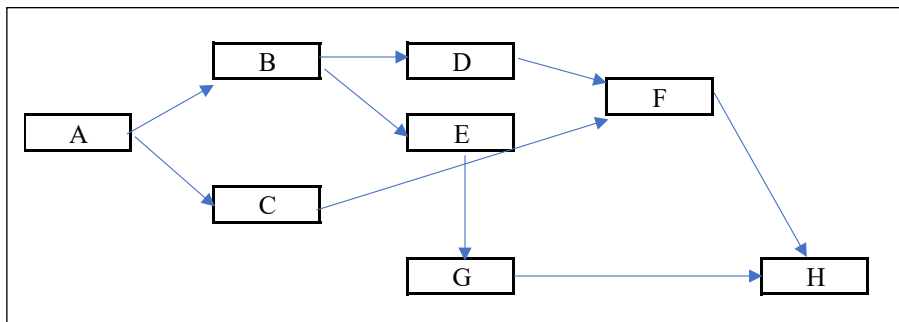
Forrás: Saját számítás

85. táblázat: A példaprojekt feladat megoldásához szükséges variancia érték meghatározása

	A	B	C	D	F	G	H
1	Tevékenység	a (optimista)	m (legvalószínűbb)	b (pesszimista)	t_e	variancia	
2	A	2	4	8	4,333	$=((8-2)/6)^2$	1,000
3	B	1	2	3	2,000	$=((D3-B3)/6)^2$	0,111
4	C	3	6	9	6,000		1,000
5	D	2	3	4	3,000		0,111
6	E	2	4	6	4,000		0,444
7	F	4	6	10	6,333		1,000
8	G	3	5	7	5,000		0,444
9	H	2	3	6	3,333		0,444

Forrás: Saját számítás

Következő lépésben kell elkészíteni a jobb áttekintés érdekében a feladathoz tartozó hálótérpet (11. ábra):



11. ábra: A példaprojekt feladat hálótérpe

Forrás: Saját számítás

A 11. ábrából látható, hogy melyik tevékenység melyik tevékenységgel van kapcsolatban (86. táblázat).

86. táblázat: Kapcsolatok az egyes tevékenységek között a példaprojektnél

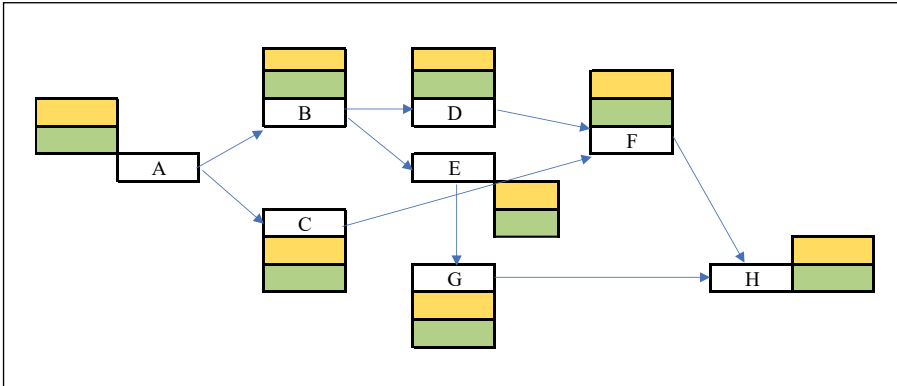
Mi befolyásol?	Mit befolyásol?
A →	B, C
B →	D, E
C →	F
D →	F
E →	G
F →	H
G →	H

Forrás: Saját szerkesztés

A 11. ábra elkészítése után határozzuk meg a következő időváltozó értékeket:

ES	legkorábbi kezdése
EF	legkorábbi befejezés
LF	legkésőbbi befejezés
LS	legkésőbbi kezdés

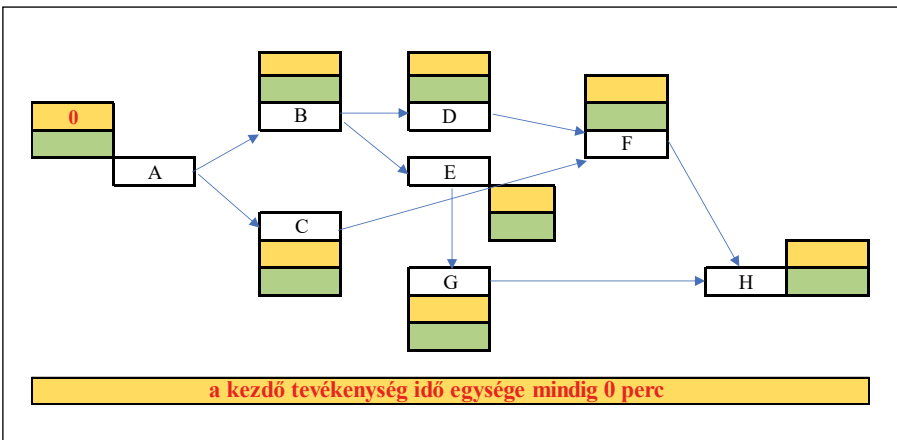
A kalkulációhoz az elkészített ábrát egészítsük ki „dominó” jelölésekkel. A dominó felső része (sárga) a legkorábbi kezdési időt, míg a dominó alsó része (zöld) a legkésőbbi befejezési időt fogja mutatni (12. ábra):



12. ábra: A példaprojekt feladat hálótervének kiegészített verziója

Forrás: Saját számítás

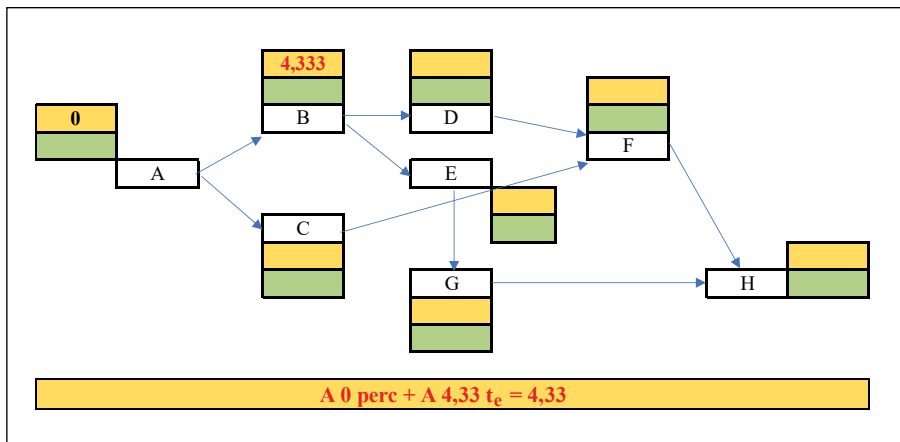
A dominó jelölés felső részével kell kezdeni (előrefelé haladás, forward technika), majd ha a végéig eljutottunk, akkor visszafelé kell jönni a kalkulációban (backward technika, visszafelé haladás). A kezdő tevékenység minden esetben 0 időegységtől indul. Esetünkben ez 0 perc (13. ábra).



13. ábra: A vizsgált példaprojekt hálótervezésének 1. lépése

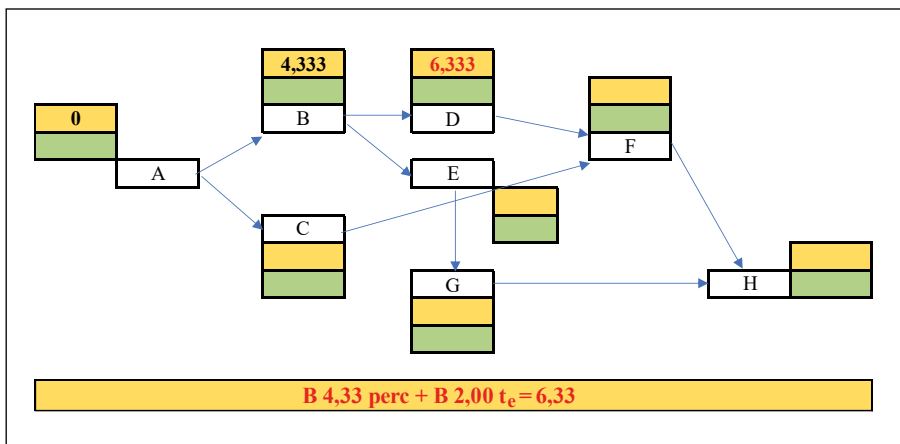
Forrás: Saját számítás

A következő tevékenység minden esetben az legyen, amit könnyebb kiszámolni és nincs függési viszony más tevékenységtől (14. ábra, 15. ábra, 16. ábra).



14. ábra: A vizsgált példaprojekt hálótervezésének 2. lépése

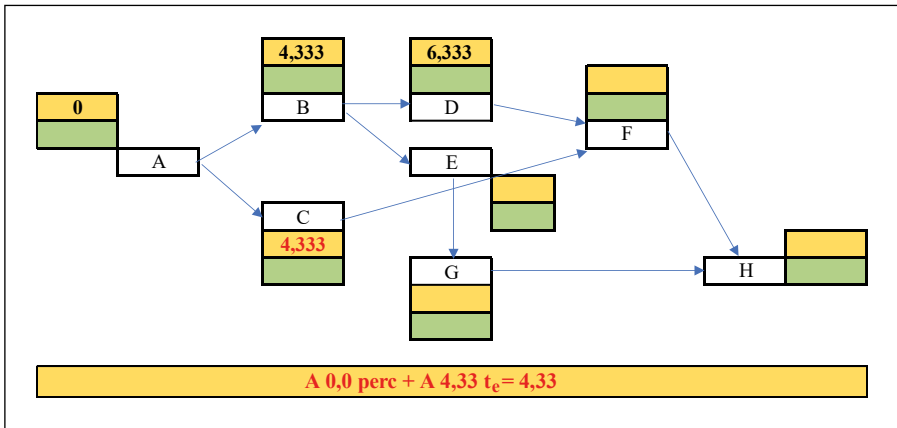
Forrás: Saját számítás



15. ábra: A vizsgált példaprojekt hálótervezésének 3. lépése

Forrás: Saját számítás

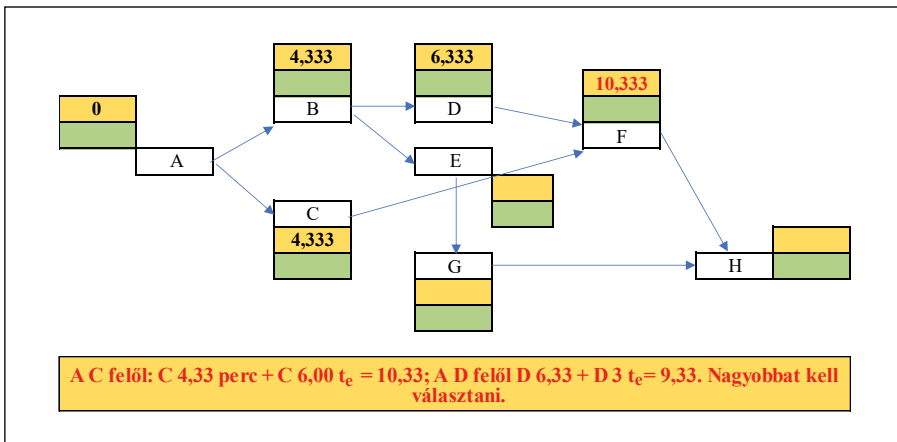
Mivel az F kiszámolható a D felől és a C felől is, így megyünk egy másik vonal felé. A C a következő (fontos, hogy az időbeli sorrendet megtartsuk).



16. ábra: A vizsgált példaprojekt hálótérvezésének 4. lépése

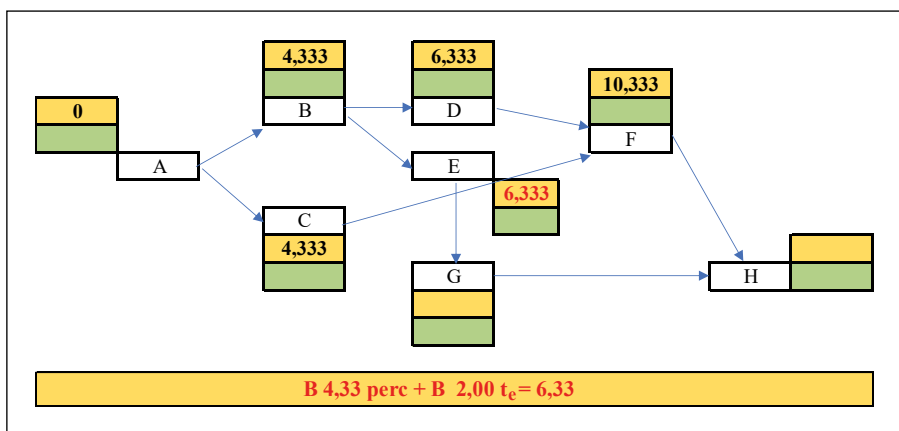
Forrás: Saját számítás

Azaz az olyan tevékenységet, ami több másik tevékenységből is elérhető, azt mindig akkor számoljuk ki, amikor már minden információ a rendelkezésünkre áll. A csomópontoknál mindig a magasabb eredmény értékeket kell választani ezen idő meghatározásánál (17. ábra, 18. ábra, 19. ábra, 20. ábra).



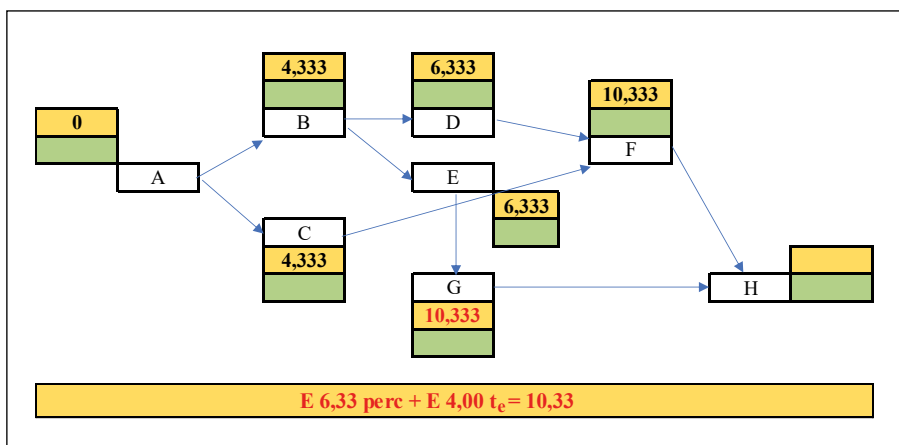
17. ábra: A vizsgált példa projekt hálótérvezésének 5. lépése

Forrás: Saját számítás



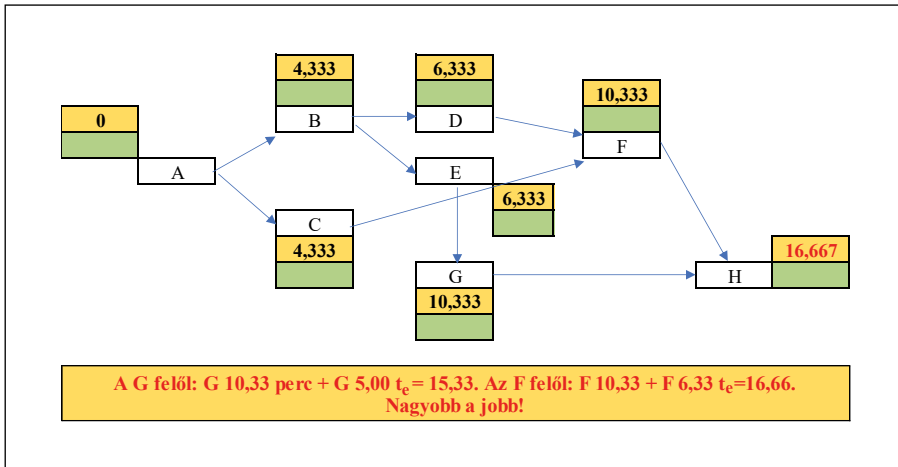
18. ábra: A vizsgált példaprojekt hálótervvezésének 6. lépése

Forrás: Saját számítás



19. ábra: A vizsgált példaprojekt hálótervvezésének 7. lépése

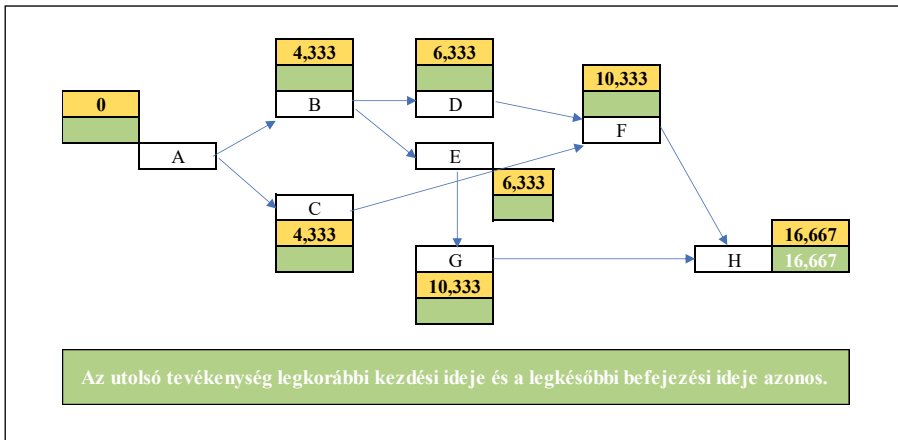
Forrás: Saját számítás



20. ábra: A vizsgált példaprojekt hálótérvezésének 8. lépése

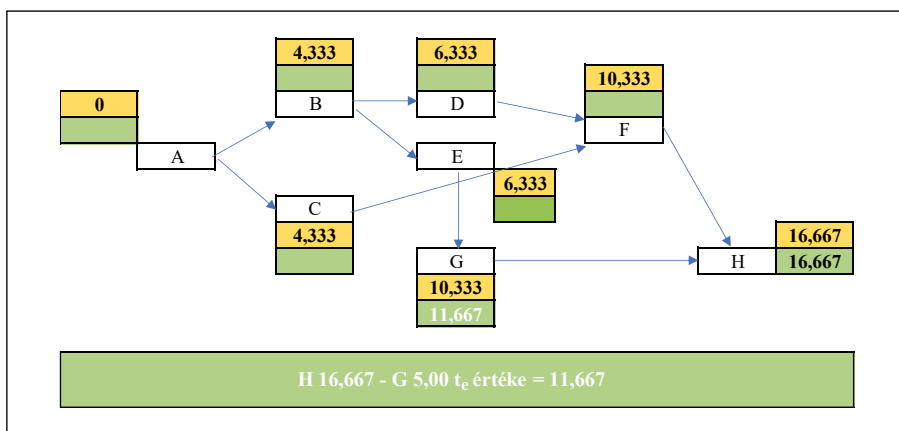
Forrás: Saját számítás

A legkorábbi kezdési ideje a H-nak 16,67 perc. Ha a legkorábbi kezdési idők elkészültek, akkor a következő lépés a legkésőbbi befejezési idők meghatározása. Itt minden csomópont esetében a legkisebbet kell választani (21. ábra, 22. ábra, 23. ábra, 24. ábra, 25. ábra, 26. ábra, 27. ábra, 28. ábra).



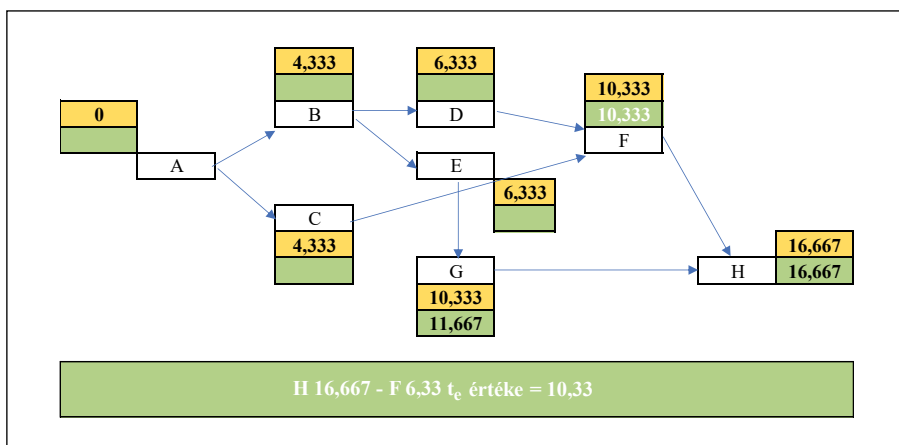
21. ábra: A vizsgált példaprojekt hálótérvezésének 9. lépése

Forrás: Saját számítás



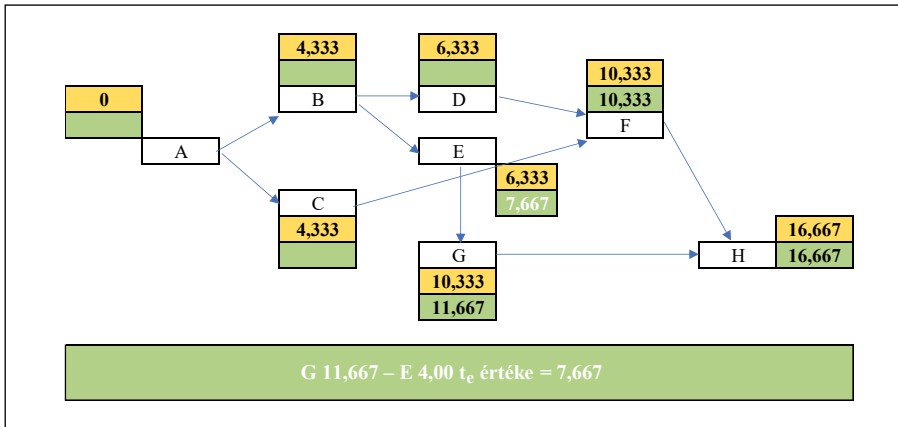
22. ábra: A vizsgált példaprojekt hálótervvezésének 10. lépése

Forrás: Saját számítás



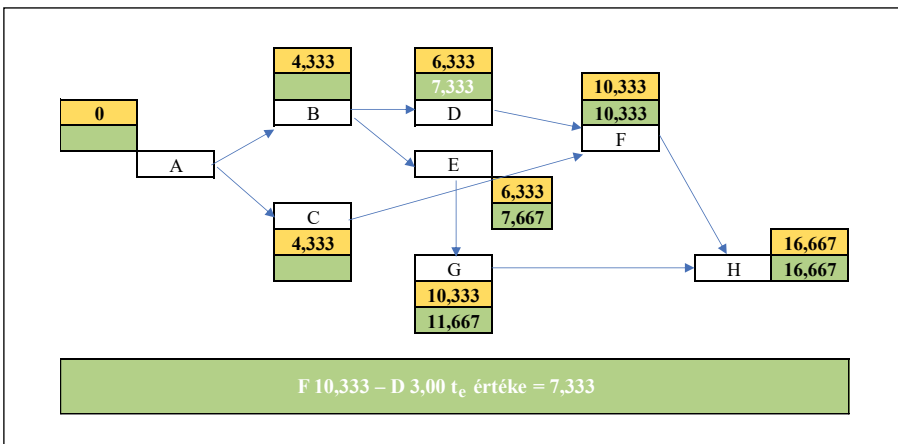
23. ábra: A vizsgált példaprojekt hálótervvezésének 11. lépése

Forrás: Saját számítás



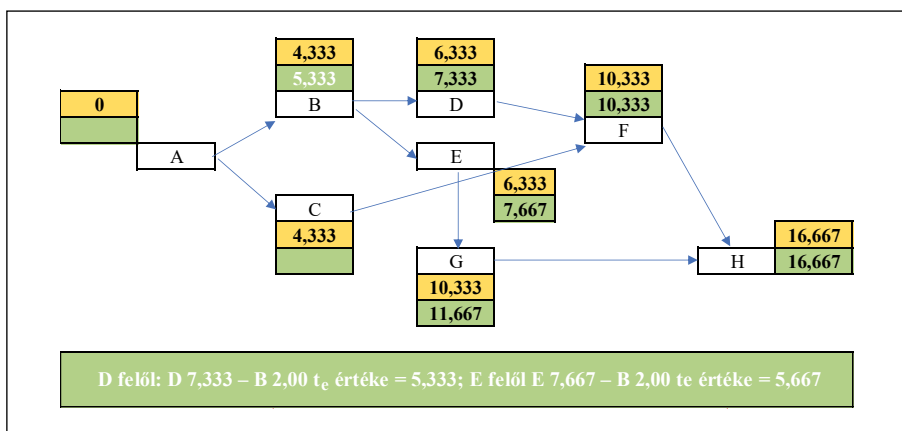
24. ábra: A vizsgált példaprojekt hálótervezésének 12. lépése

Forrás: Saját számítás



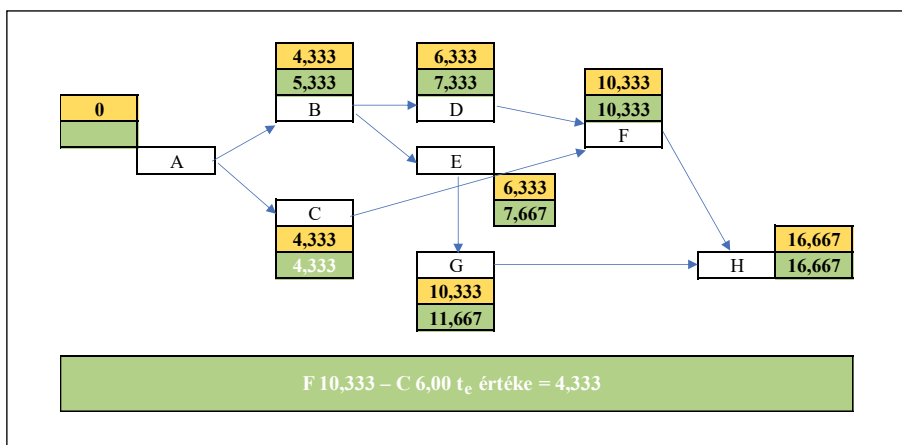
25. ábra: A vizsgált példaprojekt hálótervezésének 13. lépése

Forrás: Saját számítás



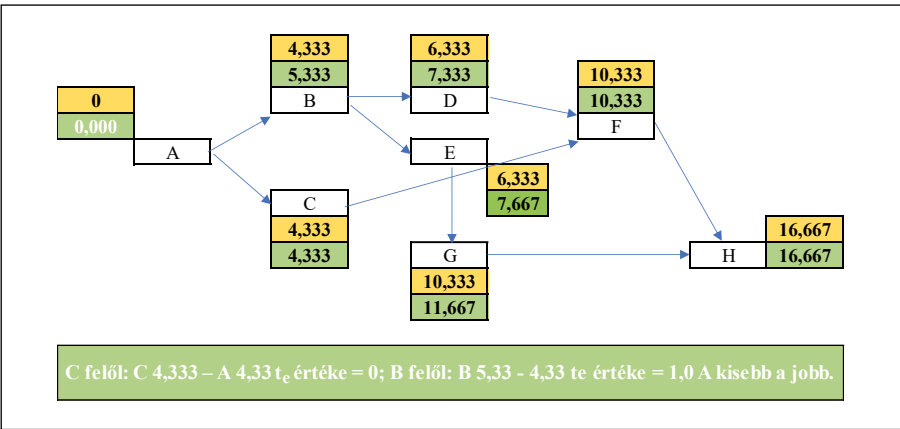
26. ábra: A vizsgált példaprojekt hálótervzésének 14. lépése

Forrás: Saját számítás



27. ábra: A vizsgált példaprojekt hálótervzésének 15. lépése

Forrás: Saját számítás



28. ábra: A vizsgált példaprojekt hálótervezésének 16. lépése

Forrás: Saját számítás

A példa megoldása után töltsünk ki egy új táblázatot (33. táblázat).

ES	legkorábbi kezdése
EF	legkorábbi befejezés
LF	legkésőbbi befejezés
LS	legkésőbbi kezdés

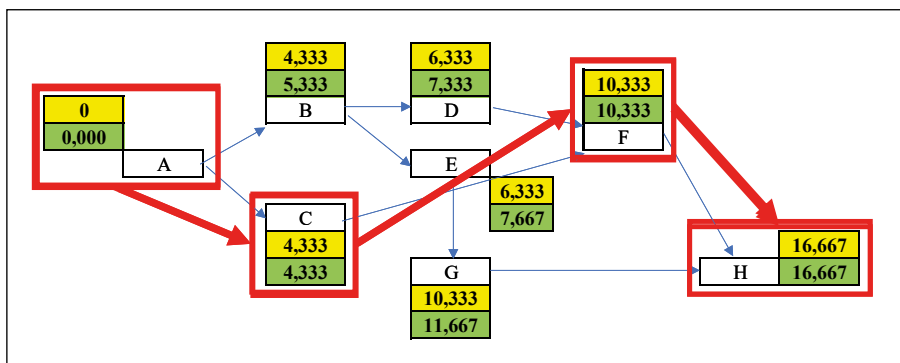
Az ES a dominóelemek felső részéből kerül áthivatkozásra. Az LF a dominó alsó részeiből kerül áthivatkozásra. Az $EF = ES + t_e$. Az $LF = LS + t_e$. A számolás összefoglaló adatait a 87. táblázat tartalmazza.

87. táblázat: A vizsgált projekt tevékenység kalkuláció

Tevékenység	a, m, b	t_e	variancia	ES	EF	LS	LF	Tartalék idő
	perc	perc	-	perc	perc	perc	perc	perc
A	2, 4, 8	4,333	1,000	0	4,333	0,000	4,333	0,000
B	1, 2, 3	2,000	0,111	4,333	6,333	5,333	7,333	1,000
C	3, 6, 9	6,000	1,000	4,333	10,333	4,333	10,333	0,000
D	2, 3, 4	3,000	0,111	6,333	9,333	7,333	10,333	1,000
E	2, 4, 6	4,000	0,444	6,333	10,333	7,667	11,667	1,333
F	4, 6, 10	6,333	1,000	10,333	16,667	10,333	16,667	0,000
G	3, 5, 7	5,000	0,444	10,333	15,333	11,667	16,667	1,333
H	2, 3, 6	3,333	0,444	16,667	20,000	16,667	20,000	0,000

Forrás: Saját számítás

A tartalék idő az $LS - ES$. Ahol tartalék idő = 0, ott nincs tartalék (ezek a kritikus tevékenységek). A tartalék idővel nem rendelkező kritikus út az $A \rightarrow C \rightarrow F \rightarrow H$. Ugyanezen útvonal látható a korábban számolt ábrán is a kritikus útnál, melyet a 29. ábrán kiemeltem. A kritikus úthoz tartozó idő 20 perc lesz, mert $16,667 + 3,33 = 20$ perc.



29. ábra: A kritikus út szemléltetése a vizsga példaprojektnél

Forrás: Saját szerkesztés

A kritikus úthoz tartozó variancia értéket is ki kell számolni, mivel a kritikus út szórásával további számítást is kell végezni.

$$\sigma_{\text{projekt}}^2 = \sum_{\text{kritikus}} \sigma_i^2 = \sigma_A^2 + \sigma_C^2 + \sigma_F^2 + \sigma_H^2$$

Azaz:

variancia projektre	1,000	1,000	1,000	0,444	3,444
	Variancia A	Variancia C	Variancia F	Variancia H	SZUM

Így a szórás értéke: 1,86 perc ($\text{GYÖK}(\text{VARIANCIA}) = \text{GYÖK}(3,444) = 1,86$).

A kalkulációk elvégzése után érdemes valószínűség-számítást is végezni. „Mi az esély, hogy a projekt perc alatt kész lesz?” kérdésre érdemes több számítást is végezni. A példafeladatban mi azt vizsgáljuk meg, hogy „Mi az esély, hogy a projekt 22 perc alatt kész lesz?”.

A PERT feltételezi, hogy a kritikus út összegzett ideje közelítőleg normál eloszlást követ (központi határelv). Így a valószínűség Z értéke:

$$Z = \frac{T - \mu}{\sigma}$$

ahol T a vizsgált határidő ($T = 22$), μ a projekt várható idő ($\mu = 20$), σ (sigma) a projekt szórása ($\sigma = 1,856$). A $Z = 1,0776$. A standard normál eloszlás $Z = 1,077$ -hez tartozó kumulatív érték függvényével határozható meg, ami 0,859. Tehát megközelítőleg 85,9% az esélye, hogy a projekt 22 perc alatt befejeződik.

$$= \text{NORM.S.ELOSZLÁS}(1,0776; \text{IGAZ}) = 0,859$$

Ha szigorúbb határidőt szeretnénk (pl. 18 perc), a PERT megmutatja, hol kell rövidíteni: itt a kritikus úton lévő A, C, F vagy H rövidítését jelenti. A rövidítés költséges lehet, ilyenkor CPM-crashing elemzést kell végezni, azaz mennyi pluszköltségért mennyi időt nyerünk egy adott tevékenységnél. Ha egy tevékenység varianciája nagyon nagy (itt A, C, F mind $\text{var}=1$), érdemes pontosabb adatokkal vagy párhuzamos erőforrással csökkenteni a bizonytalanságát. A PERT-eredményeket mindig ki kell egészíteni a kockázatelemzéssel és a feltételezés-ellenőrzéssel (függőségek, erőforrás-korlátok, párhuzamos tevékenységek) is.

7.2. Az ütemezés a szolgáltatási rendszerekben

A szolgáltatásoknál az ügyfelek elégedettsége szorosan kapcsolódik a várakozási időkhöz, a rendelkezésre álló erőforrások kihasználásához és a megfelelő kapacitástervezéshez. Míg a termelési környezetben az ütemezés legfőbb célja a hatékonyság növelése és a termelési folyamat folyamatosságának biztosítása, addig a szolgáltatásoknál sokkal hangsúlyosabb szerepet kap az ügyfélélmény. Ennek oka, hogy a szolgáltatásokat gyakran „egyidejű fogyasztással” nyújtják, azaz a termelés és a fogyasztás egy időben zajlik (például egy fodrászatban, egy kórházban, egy logisztikai kiszállításnál stb.).

A szolgáltatási rendszerekben az ütemezés egyik kulcsfontosságú célja a várakozási idők csökkentése. Ehhez olyan eszközöket alkalmaznak, mint a sorban állási modellek. Ezen modellek előrejelzik, hogy egy adott keresleti szint és erőforrás-kapacitás mellett mekkora lesz az ügyfelek várakozási ideje. Például egy ügyfélszolgálati központnál meg kell határozni, hány ügyintéző

szükséges ahhoz, hogy a hívások átlagos várakozási ideje egy elfogadható szint alatt maradjon.

A logisztikai szektorban szintén lényeges a pontos ütemezés (pl. a szállítmányozási feladatok optimalizálásakor az útvonalak, a járművek indulási időpontjai és a rakodási kapacitás tervezést igényelnek, hogy a késések minimalizálhatók legyenek stb.).

Az ütemezés a szolgáltatási környezetben többféle módszerrel történhet. A korábban már bemutatott FCFS módszer, ahol az ügyfelek érkezési sorrendben kerülnek kiszolgálásra. Ez egyszerű és igazságosnak tűnik, azonban előfordulhat, hogy egy hosszabb feladat feltartja a mögötte álló rövidebb igényeket, ezzel növelve az átlagos várakozási időt. Erre kínál megoldást az SPT-elv, amely mindig azt az ügyfelet vagy feladatot részesíti előnyben, amelyik a leggyorsabban kiszolgálható. Ez az átlagos átfutási időt jelentősen csökkentheti, ugyanakkor bizonyos ügyfelek hosszabb várakozását is eredményezheti. Az LPT ezzel szemben a hosszabb idejű igényeket helyezi előtérbe, ami ritkábban alkalmazott, de hasznos lehet olyan esetekben, ahol a nagy volumenű feladatok gyors átvitele stratégiai előnyt jelent. Az EDD módszer a határidők szerint rangsorolja a feladatokat, ami különösen fontos olyan szolgáltatási környezetben, ahol szigorú leadási időpontokhoz kell igazodni (pl. a futárszolgálatok vagy kórházi időpontfoglalások stb.). A CR módszer a határidő és a feldolgozási idő hányadosát veszi figyelembe, így a sürgős és nagyobb erőforrást igénylő feladatokat kiemelten kezeli.

A szolgáltatási ütemezés másik fontos aspektusa az erőforrások dinamikus allokálása. Mivel a kereslet gyakran ingadozó, előfordulhat, hogy a rendszer túlterhelt, míg máskor erőforrások kihasználatlanul maradnak. Ennek kezelésére különböző technikákat használnak (pl. a rugalmas munkaerő-beosztás, ideiglenes kapacitásbővítés, az ügyfelek előzetes időpontfoglalásra való ösztönzése stb.). Erre nagyon jó példa a háziorvosi rendelőben való betegérkezés, ahol a betegek időpontfoglalással érkeznek, így az ütemezés előre tervezhetővé válik és a várakozási idő jelentősen csökken. Ugyanez figyelhető meg a logisztikában is, ahol a rakodási időablakok kiosztásakor a fuvarozók pontos időre érkeznek, így elkerülhetők a torlódások.

A szolgáltatásoknál a kapacitás és a kereslet összehangolása központi jelentőségű. Az ütemezés meghatározza, hogy mely ügyfél vagy feladat következik a sorban, illetve miként lehet az erőforrásokat úgy beosztani,

hogy azok optimális módon működjenek. A túl hosszú várakozási idő az ügyfél elégedetlenségét okozhatja, míg a túlzottan nagy kapacitástartalék gazdaságtalan működéshez vezet. Ezért a szolgáltatási ütemezés egyszerre igényel ügyfélorientált és költséghatékonysági szempontokat figyelembe vevő tervezést.

7.3. A szállítási ütemezés PERT módszerrel

A szállítási ütemezés célja az áruk, az alapanyagok vagy a késztermékek meghatározott időben és helyen való eljuttatása a felhasználókhoz, az ügyfelekhez vagy a belső termelési pontokhoz. Lényege, hogy a rendelkezésre álló erőforrások (járművek, sofőrök, raktári kapacitás, töltési időablakok) összehangoltan működjenek és a lehető legkisebb költséggel, de a vevői elvárásoknak megfelelően valósuljon meg a szállítás.

A folyamat mindig a megrendelésből indul ki, amely meghatározza a szállítandó mennyiséget, a címzett helyét, az áru jellegét (például hűtést igényel-e), valamint a teljesítés határidejét. Ebből a logisztikai szervezet feladata egy olyan szállítási terv kialakítása, amely időben és költségben optimális, ugyanakkor a szolgáltatási szint követelményeinek is megfelel.

Az ütemezéskor két alapvető szempont kerül előtérbe, mely az idő és a kapacitás. Az időnél figyelembe kell venni a rakodási és kirakodási időszavakat, a közúti forgalmi viszonyokat, a vezetési és pihenőidőre vonatkozó szabályokat, valamint a megrendelő által kért időablakokat. A kapacitásnál a járművek raktérfogátát, a súlybírását, a rendelkezésre álló járműflotta számát, illetve a sofőrök munkaidejét kell optimalizálni.

A szállítási ütemezésnek három fő szintjét különböztetjük meg:

- Stratégiai ütemezés, amely hosszabb távon, hónapokra vagy évekre előre határozza meg a szállítási kapacitások nagyságrendjét, a partneri együttműködéseket, az útvonalak fő irányait és a logisztikai központok elhelyezkedését.
- Taktikai ütemezés, amely heti vagy havi szinten állítja össze a szállítási terveket, figyelembe véve a várható keresletet, a szezonális ingadozásokat és a gyártási tervhez való illeszkedést.

- Operatív ütemezés, amely a napi gyakorlatban készül el. Konkrét jármű-hozzárendelést, sofőr-beosztást, rakodási sorrendet és pontos indulási érkezési időket tartalmaz ezen beosztás.

A szállítási ütemezés gyakorlati alkalmazásakor több módszert is használnak. Az egyik alapvető eszköz a Gantt-diagram, mellyel már korábban megismertedtünk. A szállításnál egy Gantt-diagram vizuálisan mutatja meg az egyes fuvarfeladatok kezdési és befejezési időpontjait. A további módszerek a korábban már bemutatott: EDD, SPT, LPT és az FCFS. Ezen módszerek alkalmazása azért célszerű, mert a szállításban folyamatosan felmerül az átfutási idő és a várakozási idő kérdése (pl. egy jármű később indulhat, mert még nem áll rendelkezésre a teljes rakomány, akkor ez várakozási időt jelent, ami torlódáshoz és hatékonyságvesztéshez vezethet). Ha viszont a sorrendben a legrövidebb szállításokat előre helyezzük (SPT), akkor csökkenthető az átlagos várakozási idő, de előfordulhat, hogy a hosszabb fuvarok emiatt késedelmet szenvednek.

A szállítási ütemezés nemcsak a költségekre van hatással (pl. üzemanyag, járműkihasználtság, munkaidő stb.), hanem közvetlenül befolyásolja a szolgáltatás színvonalát is. A vevő elégedettsége szorosan kapcsolódik ahhoz, hogy pontosan megkapja-e a szállítmányt a kért időben, ezért az ütemezés sikeressége közvetlen versenyelőnyt jelenthet.

Természetesen a PERT is alkalmazható a teherautó-flotta napi beosztásánál, mivel egyik legfontosabb kérdése, hogy a járművek hogyan tudják időben és költséghatékonyan teljesíteni a szállítási feladatokat. Ez tipikusan olyan probléma, ahol több részfeladat egymásra épül (pl. rakodás, indulás, köztes kirakodás, visszaút, újratöltés stb) és az egyes műveletekhez kapcsolódó időtartamok bizonytalanok. Ebben a helyzetben a PERT módszer előnyei jól kihasználhatók.

A PERT módszernél itt is háromféle időbecslést használunk minden tevékenységre:

- Optimista idő (a), amikor minden ideális körülmények között zajlik (pl. nincs forgalom, gyors rakodás).
- Legvalószínűbb idő (m), amikor átlagos körülmények uralkodnak.
- Pessimista idő (b), amikor a legrosszabb forgatókönyv történik (pl. dugó, rakodási várakozás).

Ezekből számítjuk ki az átlagos várható időtartamot ugyanúgy, mint ahogy korábban már bemutattam:

$$t_e = \frac{a+4m+b}{6}$$

Ez biztosítja, hogy a napi fuvarfeladatokat ne egyetlen pontszerű időértékre, hanem egy valószínűségi eloszlásra alapozva tervezzük.

A flotta ütemezésében a PERT lépéseit így tudjuk használni:

- Tevékenységek azonosítása: Minden szállítási feladatot felbontunk részfeladatokra (pl. rakodás a központban, első kiszállítás, második kiszállítás, visszatérés a telephelyre stb.).
- Kapcsolatok meghatározása: A PERT-hálóban feltüntetjük, mely feladatoknak kell befejeződniük ahhoz, hogy mások elkezdődhessenek (pl. a „rakodás befejezése” előfeltétele az „indulás az első útvonalra” lépésnek stb.).
- Időbecslések hozzárendelése: Minden egyes tevékenységhez megadjuk az optimista, legvalószínűbb és pesszimista időt. Például:
 Rakodás: 20 / 30 / 50 perc
 Útvonal A kiszállítás: 60 / 80 / 120 perc
 Útvonal B kiszállítás: 40 / 60 / 90 perc
- Átlagos idő és variancia számítása: Az egyes tevékenységekre kiszámítjuk a várható időt (T_e) és a szórásnégyzetet, így tudjuk kezelni a bizonytalanságot.

A kritikus út meghatározásánál megkeressük azt az útvonalat a hálóban, amely a leghosszabb teljes várható időt adja (ez lesz a „kritikus út”). Ha a kritikus út késik, az egész napi ütemterv csúszni fog.

Nem utolsó szempont az is, hogy valószínűségi elemzést több helyen is tudjuk alkalmazni. Ha a napi beosztásnál például a menedzsment azt szeretné tudni, hogy „mekkora eséllyel teljesíthető minden kiszállítás 16:00-ig”, akkor a PERT segítségével ezt a kérdést valószínűségi számítással meg tudjuk válaszolni (standard normál eloszlás segítségével) a korábban bemutatott valószínűségi számítások elvégzését követően.

7.4. Az egészségügyi ütemezés a PERT módszerrel

A kórházban a műtési ütemezés egy projekt jellegű feladatnak tekinthető, mivel több egymásra épülő lépésből épül fel egy műtét (beteg előkészítése, altatás és műtési bevezetés, maga a műtési beavatkozás, ébredés és megfigyelési fázis, műtő előkészítése a következő beteg számára), amelyeknek meghatározott sorrendben kell megtörténniük (az altatás csak akkor kezdődhet, ha a beteg előkészítése befejeződött; a műtét az altatás után indulhat meg; az ébredés a műtét végén kezdődik; a műtő előkészítése csak akkor indítható, ha az adott beteg orvosi szakasza lezárult). A legnagyobb problémája ezen területnek, hogy minden lépés időigénye bizonytalan (pl. egy műtét tervezett ideje 90 perc, de komplikációnál 150 percre is elhúzódhat stb.).

A PERT módszer lehetőséget adhat arra, hogy a kórház valószínűségi alapon ütemezze a műtéteket és előre felmérje, mekkora az esélye annak, hogy a napi program „belefér” a rendelkezésre álló időkeretbe.

Az időbecslések hozzárendelése hasonló módon történik, mint a korábbi példánál már bemutattam, azaz három időt kell meghatározni:

- optimista idő (a): ha minden rendben zajlik, gyors folyamat,
- legvalószínűbb idő (m): átlagos körülmények,
- pesszimista idő (b): komplikációval számolva.

Konkrét betegre vonatkozóan nézzünk egy példát (88. táblázat):

88. táblázat: Műtési tevékenység PERT-tervezési alapadatai

Tevékenység	Leírás	perc		
		a	m	b
A	Beteg előkészítése	20	30	50
B	Altatás	15	20	40
C	Műtét	60	90	150
D	Ébredés, megfigyelés	30	45	70
E	Műtő előkészítése	10	20	30

optimista idő (a), legvalószínűbb idő (m), pesszimista idő (b)

Forrás: Saját szerkesztés

A PERT képlete szerint:

$$t_e = \frac{a + 4m + b}{6}$$

$$\sigma^2 = \left(\frac{b - a}{6} \right)^2$$

A T_e értékének kalkulációja néhány tevékenységnél:

Beteg-előkészítésnél

$$T_e = \frac{20 + 4 \times 30 + 50}{6} = \frac{190}{6} = 31,67 \text{ perc}$$

Altatásnál:

$$T_e = \frac{15 + 4 \times 20 + 40}{6} = \frac{135}{6} = 22,5 \text{ perc}$$

Műtétnél:

$$T_e = \frac{60 + 4 \times 90 + 150}{6} = \frac{570}{6} = 95,0 \text{ perc}$$

A variancia értékének kalkulációja néhány tevékenységnél:

Beteg-előkészítésnél:

$$\sigma^2 = \left(\frac{50 - 20}{6} \right)^2 = 5^2 = 25$$

Altatásnál:

$$\sigma^2 = \left(\frac{40 - 15}{6} \right)^2 = 4,167^2 = 17,36$$

Műtétnél:

$$\sigma^2 = \left(\frac{150 - 60}{6} \right)^2 = 15^2 = 225$$

Minden tevékenységhez kiszámoljuk a várható időt és varianciát ezen számolások alapján.

Ezt követően kerülhet sor a kritikus út meghatározására. A PERT-háló alapján összeadjuk az útvonalak időit. Mivel a tevékenységek szigorúan egymás után következnek ($A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E$), a kritikus út valójában az egész folyamat hossza. Ez adja meg, mennyi idő várható összesen egy beteg esetében.

A fenti adatok alapján az első beteg teljes ideje kb.:

$$A (30 \text{ perc}) + B (20 \text{ perc}) + C (90 \text{ perc}) + D (45 \text{ perc}) + E (20 \text{ perc}) \approx 205 \text{ perc}$$

Ha három beteget kell ugyanazon a napon műteni, akkor a teljes várható idő kb. 615 perc (10,25 óra), ami egy tipikus munkanap határán túl van.

Természetesen az ilyen esetekben célszerű használni a valószínűségi számítást is, mivel célszerű ilyenkor meghatározni, hogy mekkora az esélye annak, hogy a három műtét 9 óra alatt befejeződik (vagyis kevesebb idő alatt, mint a kapott eredményünk). Ehhez a normál eloszlás Z-érték számítása szükséges és a menedzsment dönthet: ha alacsony a valószínűség, több műtőre kell osztani a betegeket, ha pedig elég magas a valószínűség, akkor maradhatnak egy műtéti programban.

7.5. Az ügyfélszolgálati beosztás a PERT módszerrel

Az ügyfélszolgálati rendszerekben a munkaszervezés egyik legfontosabb feladata biztosítani az ügyfelek kiszolgálását, valamint a napi feladatok elvégzése megfelelő személyezettel. A tevékenységek időtartama gyakran bizonytalan: egy-egy hívás, személyes ügyintézés vagy reklamáció kezelése különböző ideig tart stb. Ezen idők szabályozásában tud segíteni a PERT módszer, amely a bizonytalan időtartamok tervezésére nyújt megoldást a hárompontos becslés segítségével. Az optimista, a legvalószínűbb és a pesszimista időtartamot figyelembe véve kiszámolható a várható idő és a szórás is. Ez lesz az alapja a valószínűségi alapon becsülhető teljes ütemezésnek (azaz előre meghatározható, mennyi az esélye annak, hogy egy adott határidőre a teljes folyamat lezárható).

Az ügyfélszolgálati időbeosztás problémájának legfőbb jellemzői:

- Az ügyfélszolgálati munka projektként is felfogható: több egymást követő és egymásra épülő tevékenységből áll (pl. felkészülés, betanítás, ügyfelek kiszolgálása, adminisztráció, zárás).
- Az egyes tevékenységek időtartama bizonytalan (pl. egy hívás lehet 2 perc, de akár 22 perc is, egy reklamációs ügyintézés lehet 15 perc vagy 1 óra is).
- A cél, hogy biztosan lefedjük a napi ügyfélforgalmat, miközben optimalizáljuk a személyzet terhelését.

7.5.1. Példa a PERT módszerre a szolgáltatás területén (banki ügyfélszolgálat)

Egy bank ügyfélszolgálatának ismeretei állnak a rendelkezésre és egy teljes munkanap beosztását szeretnénk megtervezni. A napi tevékenységek a következők:

A: Nyitási előkészítés (rendszerek indítása, pultok előkészítése)

B: Telefonos ügyfélkérdések kezelése (reggel 9–12)

C: Személyes ügyfélfogadás (folyamatos 9–16 között)

D: Reklamációs ügyek feldolgozása

E: Napi zárás, adminisztráció

A vezető szeretné tudni, mennyi személyzet szükséges a nap folyamán és mekkora az esélye, hogy a munkanap 17:00-ig minden nap lezárható.

A vezető minden tevékenységhez három időbecslést adott meg (89. táblázat):

89. táblázat: A banki ügyfélszolgálati tevékenységek időadatai

Tevékenység	Leírás	a (óra)	m (óra)	b (óra)
A	Nyitási előkészítés	0,3	0,5	1
B	Telefonos ügyintézés	2	3	5
C	Személyes ügyfélfogadás	4	5	8
D	Reklamációs ügyek	1	2	4
E	Zárás, adminisztráció	0,5	1	2

optimista idő (a), legvalószínűbb idő (m), pesszimista idő (b)

Forrás: Saját szerkesztés

7.5.2. Példa megoldása a PERT módszerre a szolgáltatás területén (banki ügyfélszolgálat)

A feladat leírásából kiolvasható, hogy a felsorolt feladatok egymásra épülnek. A nyitást követően indulhatnak a tényleges ügyfélkapcsolati tevékenységek, a reklamációs ügyintézés csak az ügyfélforgalom lezárulta után kezdődhet, a napi adminisztráció pedig a folyamat legvégén történik.

A feladat megoldásához először a PERT-képlet segítségével meg kell határozni a várható időtartamokat és a varianciákat.

A várható időtartamok (30. ábra):

	A	B	C	D	E	F	G
1	Tevékenység	Leírás	a (óra)	m (óra)	b (óra)	Te	
2	A	Nyitási előkészítés	0,3	0,5	1	$=(C2+4*D2+E2)/6$	0,55
3	B	Telefonos ügyintézés	2	3	5	3,17	3,17
4	C	Személyes ügyfélfogadás	4	5	8	5,33	5,33
5	D	Reklamációs ügyek	1	2	4	2,17	2,17
6	E	Zárás, adminisztráció	0,5	1	2	1,08	1,08

30. ábra: A várható idő meghatározása a banki ügyfélszolgálati példában

Forrás: Saját számítás

Például a személyes ügyfélfogadásnál a várható idő:

$$T_e = \frac{a + 4m + b}{6} = \frac{4 + 4 \times 5 + 8}{6} = 5,33 \text{ óra}$$

A varianciák (31. ábra):

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Tevékenység	Leírás	a (óra)	m (óra)	b (óra)	Te	Variancia	
2	A	Nyitási előkészítés	0,3	0,5	1	0,55	$=(E2-C2)/6^2$	0,01
3	B	Telefonos ügyintézés	2	3	5	3,17	0,25	0,25
4	C	Személyes ügyfélfogadás	4	5	8	5,33	0,44	0,44
5	D	Reklamációs ügyek	1	2	4	2,17	0,25	0,25
6	E	Zárás, adminisztráció	0,5	1	2	1,08	0,06	0,06

31. ábra: A variancia meghatározása a banki ügyfélszolgálati példában

Forrás: Saját számítás

Például a személyes ügyfélfogadásnál a variancia:

$$\sigma^2 = \left(\frac{b-a}{6}\right)^2 = \left(\frac{8-4}{6}\right)^2 = 0,44$$

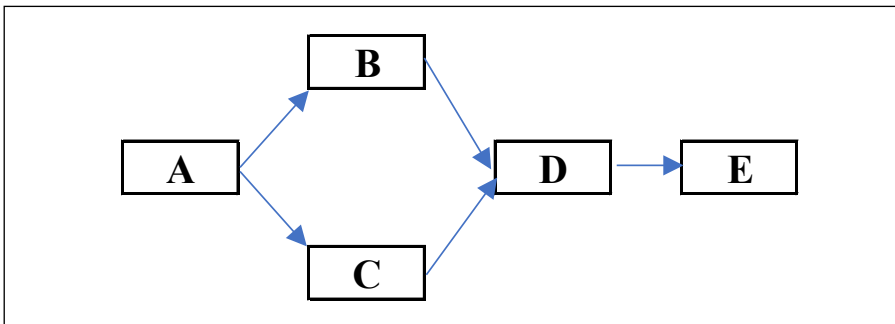
A kapott eredmények alapján egy összesítő táblázatot készítettem (90. táblázat), ahol a variancia (szórásnégyzet) értékének nincs kifejezhető mértékegysége ebben a dimenzióban:

90. táblázat: A várható idő és a variancia a vizsgált tevékenységeknél

Tevékenység	Várható idő (T_i)	Szórás ²
A	0,55 óra	0,014
B	3,17 óra	0,250
C	5,33 óra	0,444
D	2,17 óra	0,250
E	1,08 óra	0,063

Forrás: Saját szerkesztés

A következő lépés a tevékenységek kapcsolati hálójának felrajzolása. Mivel a nyitás után egyszerre indulhat a telefonos és a személyes ügyfélszolgálat, ezért az A-ból két ágon megy tovább a folyamat: $A \rightarrow B$ és $A \rightarrow C$. A reklamációs feldolgozás csak azután kezdődhet, hogy az ügyélforgalmi tevékenységek (B és C) lezárultak, így D előfeltétele mindkettő. Végül az E (adminisztráció) kizárólag D után végezhető el (32. ábra).



32. ábra: A hálóterv alakulása a banki ügyfélszolgálati példa esetében

Forrás: Saját szerkesztés

Az útvonalak összehasonlításával meghatározható a kritikus út. Az egyik útvonal $A \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow E = 0,55 + 3,17 + 2,17 + 1,08 = 6,97$ órás várható idővel, a másik $A \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E = 0,55 + 5,33 + 2,17 + 1,08 = 9,13$ órával. A kritikus út az $A \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E$, mivel ez a hosszabb időben. Tehát a munkanap várható időigénye megközelítőleg 9 óra. Egy szokásos 8 órás műszakban így nagy valószínűséggel nem lehet megoldani a problémákat.

A PERT további előnye, hogy valószínűségi alapon meg tudjuk becsülni annak az esélyét, hogy a folyamat egy adott időhatárig lezajlik-e. Ha például a vezető szeretné tudni, hogy mekkora eséllyel fejeződnek be a munkák 8 órán belül (határidő = 8 óra), a PERT módszerrel számítható a Z-érték. Mivel a kritikus út várható értéke (μ) 9,13 óra, a szórása pedig 0,87 óra, a $Z = (8 - 9,13) / 0,878 = -1,29$. Ez a normál eloszlás szerint körülbelül 9,83%-os valószínűséget jelent (=NORM.S.ELOSZLÁS(-1,2911;IGAZ)). Tehát minden 10. napon várható, hogy a teljes napi ügyintézés 8 órán belül befejeződik.

A kalkulációból is látszik, hogyha a vezetőség biztosítani akarja, hogy a feladatok a hivatalos munkaidő végéig lezáruljanak, szükség lehet plusz ügyintéző bevonására, a feladatok párhuzamosítására, vagy egyes adminisztrációs tevékenységek átcsoportosítására.

8. A BEOSZTÁSI MÓDSZEREK ALKALMAZÁSA A TERMELÉS- ÉS SZOLGÁLTATÁSMENEDZSMENTBEN

A termelés- és szolgáltatásmenedzsment egyik központi problémája az erőforrások és feladatok összehangolása. Egy szervezet mindennapjaiban folyamatosan előfordul, hogy bizonyos számú tevékenységet el kell végezni, miközben rendelkezésre áll meghatározott számú erőforrás (pl. gépek, dolgozók, járművek vagy ügyfélszolgálati állomások). A kérdés az, hogyan rendelhetők hozzá ezek az erőforrások a feladatokhoz úgy, hogy a teljes rendszer hatékonyan működjön és a költségek, az idők vagy az erőforrás-terhelések minimalizálhatók legyenek. Ezt a problémakört nevezzük beosztási problémának, amely az operációkutatás egyik klasszikus témája. A beosztási probléma lényege, hogy egy-egy erőforrást pontosan egy feladathoz kell rendelni és minden feladatot pontosan egy erőforrásnak kell ellátnia. Így egy $n \times n$ mátrix adja meg a hozzárendelési költségeket vagy időket, ahol a sorok az erőforrásokat, az oszlopok a feladatokat jelölik. A cél, hogy megtaláljuk azt a hozzárendelést, amely mellett a teljes költség (pl. időráfordítás, pénzbeli költség, várakozási idő vagy energiafelhasználás) minimális, illetve bizonyos esetekben a teljes nyereség maximális.

A beosztási problémák megoldására legismertebb módszer a „magyar módszer” (Hungarian Method; optimális hozzárendelés keresése költségmátrix alapján). Ez az eljárás mátrixműveletekkel alakítja át a költségábrázolást, majd sor- és oszlopkivonásokkal, valamint fedővonalak keresésével határozza meg az optimális hozzárendelést. A módszer előnye, hogy véges lépésszámban mindig optimális megoldást ad. Működése hatékony, így nagyobb méretű feladatokra is alkalmazható (főleg Excel alkalmazásával).

A beosztási módszerek jó néhány gyakorlati területen jelennek meg:

- A termelésben például a gépekhez rendelt munkadarabok elosztásánál. Ha több gép és több munkafeladat áll rendelkezésre, akkor az optimális hozzárendelés minimalizálhatja a gyártási időt vagy a költségeket (pl. egy autóipari üzemben meghatározható, melyik gépsoron gyártandó egy adott alkatrész, figyelembe véve a beállítási időket vagy az energiafogyasztást).
- A szolgáltatásmenedzsmentben tipikus feladat az emberek és a szolgáltatási pontok összehangolása (pl. egy call centerben az ügyfélszolgálatos munkatársakat az éppen beérkező hívásokhoz kell rendelni úgy, hogy minimalizálódjon a várakozási idő, vagy egy szállodában a takarító-személyzetet a szobákhoz kell úgy hozzárendelni, hogy a teljes napi munkaidő kiegyensúlyozott és minimális legyen).
- Logisztikai rendszerekben a beosztási módszerek használhatók a járművek és a szállítási feladatok párosítására (pl. egy csomagszállító cégnél az egyes furgonokat a különböző kiszállítási útvonalakhoz rendelhetjük hozzá, úgy, hogy a megtett távolság vagy a szállítási költség minimális legyen).
- Egészségügyben is előfordulhat ez a módszer (pl. az orvosok vagy műtőhelyiségek hozzárendelése a betegekhez, ahol az optimális beosztás biztosítja, hogy a betegek minél hamarabb ellátásra kerüljenek, a személyzet pedig egyenletesen terhelődjön).

A beosztási problémák kezelésének másik fontos eszköze a lineáris programozás (matematikai optimalizálás), amely általánosabb keretrendszert kínál, mivel adott mennyiségű feladathoz (pl. munkák, gépek, projektek) adott mennyiségű erőforrást (pl. dolgozók, berendezések, helyszínek stb.) rendel költség- vagy nyereségfüggvény stb. alapján. A megoldás lényege, hogy minden erőforrást pontosan egy feladathoz rendeljünk hozzá és minden feladat pontosan egy erőforrást kapjon, miközben a teljes költséget minimalizáljuk (vagy a nyereséget maximalizáljuk). A döntési változóknál kell feltüntetni az adott erőforrás hozzárendelését egy adott feladathoz. Ezek bináris változók, vagyis 0 vagy 1 értékeket vehetnek fel. Az 1 érték azt jelenti, hogy a hozzárendelés megtörténik, míg a 0 esetében a hozzárendelés nem történik meg. A célfüggvény a teljes hozzárendelési költség (vagy nyereség) minimalizálását

(illetve maximalizálását) fejezi ki, amely az összes lehetséges hozzárendeléshez tartozó költségek és a döntési változók szorzatainak összegéből adódik (SZORZATÖSSZEG függvény használható). A modell mérlegfeltételei biztosítják, hogy minden feladathoz pontosan egy erőforrást rendeljünk és minden erőforrás pontosan egy feladatot kapjon. Ez matematikailag lineáris egyenletek formájában jelenik meg, azaz az adott erőforráshoz tartozó változók összege 1 és az adott feladathoz tartozó változók összege szintén 1. Ezzel a megfogalmazással a hozzárendelési probléma egy speciális lineáris programozási modell, amelyben az együtthatók egyszerű szerkezetűek és a megoldás garantáltan bináris. Az optimális megoldás mindig egészértékű lesz, így a lineáris programozási keretben megoldott hozzárendelési modell gyakorlatilag automatikusan biztosítja az integritási feltételek teljesülését.

Kritérium a módszer alkalmazására, hogy a hozzárendelési modell akkor alkalmazható, ha a feladat és az erőforrások száma megegyezik és minden erőforrást pontosan egy feladathoz kell hozzárendelni. Tipikus alkalmazási helyzetek:

- munkaerő-beosztás, amikor a dolgozókat feladatokra kell osztani úgy, hogy a teljes munkaidő vagy költség minimális legyen,
- termelési vagy gépkihasználási problémák, amikor gépeket vagy berendezéseket kell hozzárendelni bizonyos munkafolyamatokhoz,
- logisztikai feladatok, például járművek hozzárendelése szállítási útvonalakhoz,
- szolgáltatási helyzetek, például ügyfélszolgálati munkatársak hozzárendelése ügyfelekhez.

A lineáris programozási modell részei a hozzárendelési feladatok esetén is a mérlegfeltételek, a tevékenységek, az erőforrások, illetve a célfüggvény.

- A mérlegfeltételek biztosítják a rendszer egyensúlyát, vagyis azt, hogy minden erőforrás és minden feladat pontosan egyszer legyen hozzárendelve. A mérlegfeltételek lényege, hogy minden sorhoz (erőforrás) és minden oszlophoz (feladat) előírjuk, hogy a hozzájuk tartozó döntési változók összege egyenlő legyen 1 értékével. Ez a kikötés garantálja, hogy egyik erőforrást sem használjuk fel többször és egyik feladat sem marad kiosztatlanul (matematikailag ez lineáris egyenletrendszer jelent). Ha például egy n darab feladatból és n darab erőforrásból álló problémát vizsgálunk, akkor az x_{ij} döntési változó azt fejezi ki, hogy az i erő-

forrást a j feladathoz rendeljük-e. A mérlegfeltételek ebben az esetben két csoportra bonthatók. Egyrészt minden erőforrásra előírjuk, hogy pontosan egy feladatot kapjon:

$$\sum_{i=1}^n x_i = 1$$

ahol $i = 1, 2, \dots, n$

Másrészt minden feladatra előírjuk, hogy pontosan egy erőforrást rendeljenek hozzá:

$$\sum_{j=1}^n x_j = 1$$

ahol $j = 1, 2, \dots, n$

Ezek az egyenletek a modell mérlegfeltételei, amelyek mintegy „kiegyensúlyozzák” a rendszert, mivel az összes hozzárendelés száma megegyezik az erőforrások és a feladatok számával (nincs sem hiány, sem felesleg). A mérlegfeltételek biztosítják a hozzárendelési feladat szigorú struktúráját, amely a megoldás integritásának alapja. Ezen mérlegfeltételeknek köszönhetően a hozzárendelési probléma mindig zárt és teljes hozzárendeléshez vezet, azaz minden erőforrás „elfogy” és minden feladat „ellátásra kerül”. Ezzel a modell a gyakorlati alkalmazásokban is jól illeszkedik olyan szituációkhoz, ahol nincs lehetőség részleges hozzárendelésre (például egy dolgozó egyszerre csak egy munkát végezhet, vagy egy gép egyszerre csak egy terméket gyárt).

- A hozzárendelési feladatban a célfüggvény mindig valamilyen teljesítménymutatót fejez ki, amit optimalizálni szeretnénk (pl. a költségek minimalizálása, a bevételek/nyereségek maximalizálása). Matematikailag a célfüggvény a hozzárendeléshez tartozó egyedi értékek (pl. munkaköltségek, időráfordítások, profitok) és a döntési változók szorzatainak összegeként adódik, a célfüggvény általános alakja:

$$\min Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} \times x_{ij}$$

ahol $x_{ij}=1$, ha az i erőforrást a j feladathoz rendeljük és 0, ha nem. Ha maximalizálási feladatról van szó, a minimum helyett maximumot keresünk.

8.1. Példa a „magyar módszer” alkalmazására (kézi számolás)

Egy szállítmányozási vállalat négy sofőrt szeretne beosztani négy különböző szállítási útvonalra. Minden sofőr más-más útvonalon különböző költséggel dolgozik (ez lehet üzemanyag-fogyasztás, időráfordítás, pénzbeli költség stb.). A vállalat célja, hogy minden sofőrt pontosan egy útvonalra osszon be és minden útvonalhoz pontosan egy sofőr kerüljön úgy, hogy az összköltség minimális legyen. Az egyes költségeket a 91. táblázatban mutatom be:

91. táblázat: A „magyar módszer” – Példa költségtáblázata

	Útvonal A	Útvonal B	Útvonal C	Útvonal D
Sofőr 1 (ezer Ft)	82	83	69	92
Sofőr 2 (ezer Ft)	77	37	49	92
Sofőr 3 (ezer Ft)	11	69	5	86
Sofőr 4 (ezer Ft)	8	9	98	77

Forrás: Saját szerkesztés

8.2. Példamegoldás a „magyar módszer” alkalmazására (kézi számolás)

A példa megoldásához a „magyar módszer”-t alkalmazzuk, ahol a sor- és az oszlopkivonásokat végzünk és a nullák megfelelő kijelölésével megtaláljuk az optimális hozzárendelést.

Az 1. lépés, hogy soronként a legkisebb elemet kivonjuk a többi elemből. Minden sorban megkeressük a legkisebb elemet Sofőr 1: 69, Sofőr 2: 37, Sofőr 3: 5, Sofőr 4: 8 (92. táblázat).

92. táblázat: A „magyar módszer” – Példamegoldás eredménytábla1

Me: ezer Ft

	Útvonal A	Útvonal B	Útvonal C	Útvonal D
Sofőr 1	82	83	69	92
Sofőr 2	77	37	49	92
Sofőr 3	11	69	5	86
Sofőr 4	8	9	98	77

Forrás: Saját szerkesztés

Az adott sorban kiválasztott legkisebb elemet kivonjuk az adott sor összes elemértékéből.

Sofőr 1 sor:	82–69 (13)	83–69 (14)	69–69 (0)	92–69 (23)
Sofőr 2 sor:	40	0	12	55
Sofőr 3 sor:	6	64	0	81
Sofőr 4 sor:	0	1	90	69

Tehát a kiszámolt táblázatunk adatait a 93. táblázatban mutatom be:

93. táblázat: A „magyar módszer” elvégzésének 1. lépéseredménye

	Útvonal A	Útvonal B	Útvonal C	Útvonal D
Sofőr 1	13	14	0	23
Sofőr 2	40	0	12	55
Sofőr 3	6	64	0	81
Sofőr 4	0	1	90	69

Forrás: Saját szerkesztés

Ezt követően jöhet a 2. lépés, ahol oszloponként a legkisebb elemet kivonjuk az oszlop többi értékéből.

A oszlop minimuma = 0 → nem kell változtatni az oszlop értékein (13, 40, 6, 0) → változatlan

B oszlop minimuma = 0 → nem kell változtatni az oszlop értékein (14, 0, 64, 1) → változatlan

C oszlop minimuma = 0 → nem kell változtatni az oszlop értékein (0, 12, 0, 90) → változatlan

D oszlop minimuma = 23 → változás lesz, új értékek 0, 32, 58, 46.

Eredménytáblázat (sor + oszlop kivonás után) (94. táblázat):

94. táblázat: A „magyar módszer” – Példamegoldás eredménytábla2

	Útvonal A	Útvonal B	Útvonal C	Útvonal D
Sofőr 1	13	14	0	0
Sofőr 2	40	0	12	32
Sofőr 3	6	64	0	58
Sofőr 4	0	1	90	46

Forrás: Saját szerkesztés

A 3. lépés, hogy a nullákat kijelöljük úgy, hogy optimális hozzárendelést keresünk. Megpróbálunk annyi nullát kiválasztani, hogy minden sorban és minden oszlopban pontosan egy nulla legyen. Cél találni n darab nullát úgy, hogy ne legyen két kiválasztott nulla ugyanabban a sorban vagy oszlopban (ez a „független nullák” keresése). Ha sikerül minden sorra/oszlopra egy-egy ilyen nullát kijelölni, kész is az optimális hozzárendelés (nem kell további fedővonalas lépés) (95. táblázat).

Sofőr 1 $\rightarrow$ C vagy D oszlopban 0 van $\rightarrow$ A D-t választjuk, mert a Sofőr 3-nál csak egy lehetőség van, ami a C.

Sofőr 2 $\rightarrow$ B oszlopban 0 $\rightarrow$ választás: B

Sofőr 3 $\rightarrow$ C oszlopban 0 $\rightarrow$ választás: C

Sofőr 4 $\rightarrow$ A oszlopban 0 $\rightarrow$ választás: A

95. táblázat: A „magyar módszer” kiválasztott „0” értékei a mintapéldában

	Útvonal A	Útvonal B	Útvonal C	Útvonal D
Sofőr 1	13	14	0	0
Sofőr 2	40	0	12	32
Sofőr 3	6	64	0	58
Sofőr 4	0	1	90	46

Forrás: Saját szerkesztés

Ez egy tökéletes, független nullahalmaz: minden sorban és minden oszlopban pontosan egy kiválasztott nulla szerepel. Tehát ez optimális hozzárendelés.

Következő és egyben utolsó lépésben a költségeket határozzuk meg:

Sofőr 1 $\rightarrow$ D. Az eredeti költség: 92 ezer Ft.

Sofőr 2 $\rightarrow$ B. Az eredeti költség: 37 ezer Ft.

Sofőr 3 $\rightarrow$ C. Az eredeti költség: 5 ezer Ft.

Sofőr 4 $\rightarrow$ A. Az eredeti költség: 8 ezer Ft.

Így az összes költség 92 ezer Ft + 37 ezer Ft + 5 ezer Ft + 8 ezer Ft = 142 ezer Ft.

8.3. Példa a „magyar módszer” alkalmazására (Excel alkalmazása)

A feladat itt ugyanaz lesz, mint az előbb. Egy szállítmányozási vállalat négy sofőrt szeretne beosztani négy különböző szállítási útvonalra. Minden sofőr más-más útvonalon különböző költséggel dolgozik (ez lehet üzemanyag-

fogyasztás, időráfordítás, pénzbeli költség stb.). A vállalat célja, hogy minden sofőrt pontosan egy útvonalra osszon be és minden útvonalhoz pontosan egy sofőr kerüljön úgy, hogy az összköltség minimális legyen.

Az egyes költségek a 96. táblázatban láthatók (ezer forintban):

96. táblázat: A mintapélda költségtáblázata

	Útvonal A	Útvonal B	Útvonal C	Útvonal D
Sofőr 1	82	83	69	92
Sofőr 2	77	37	49	92
Sofőr 3	11	69	5	86
Sofőr 4	8	9	98	77

Forrás: Saját szerkesztés

A példa megoldásához alkalmazza az EXCEL optimalizálási lehetőségét. Cél megtalálni az optimális hozzárendelést.

8.4. Példamegoldás a „magyar módszer” alkalmazására (Excel alkalmazása)

Az alapadatok (költség adatok) lesznek a költség mátrixunk, mely a számítás alapját is fogja adni. Ezt követően készítünk egy olyan táblázatot, melyben a 4 sofőr és a 4 útvonal mátrix elnevezései szerepelnek, mivel ebben a mátrixban fogjuk a számolást elvégezni (97. táblázat):

97. táblázat: A „magyar módszer” alaptáblázata a mintapéldában

	Útvonal A	Útvonal B	Útvonal C	Útvonal D
Sofőr 1				
Sofőr 2				
Sofőr 3				
Sofőr 4				

Forrás: Saját szerkesztés

Az üres cella értékeiben fogjuk kiszámolni a hozzárendelés értékeit a SOLVER segítségével (ADATOK → SOLVER). A „SOLVER beállítások”-ban ezek a cellák lesznek a módosuló cella elnevezésűek.

A modell futtatásához feltételeket is kell meghatározni, melyek a következők:

- Egy sofőr csak egy helyre mehet, így az adott Sofőr sor értéke egyenlő legyen 1 értékével (98. táblázat). Az adott sofőr módosuló cella értékeit összeadjuk és olyan feltételt alakítunk ki, hogy ennek az összértéke legyen 1.

98. táblázat: A korlátozó feltételek előkészítése a sofőrökre a mintapéldában

	A	B	C	D	E	F	G	H
14								
15		Útvonal A	Útvonal B	Útvonal C	Útvonal D	SZUM	Reláció	Érték
16	Sofőr 1					=SZUM(B16:E16)	=	1
17	Sofőr 2						=	1
18	Sofőr 3						=	1
19	Sofőr 4						=	1
20								

Forrás: Saját szerkesztés

A kapott eredmény a számolás után (99. táblázat):

99. táblázat: A korlátozó feltételek a sofőrökre a mintapéldában

	A	B	C	D	E	F	G	H
14								
15		Útvonal A	Útvonal B	Útvonal C	Útvonal D	SZUM	Reláció	Érték
16	Sofőr 1					0,00	=	1
17	Sofőr 2					0,00	=	1
18	Sofőr 3					0,00	=	1
19	Sofőr 4					0,00	=	1

Forrás: Saját szerkesztés

Mivel a módosuló cella értékeit még nem töltöttük ki, így ekkor még az SZUM oszlopban nullás értékek fognak szerepelni.

- Az adott útvonalon is meg kell az összesítést csinálni a SZUM() függvény segítségével (100. táblázat).

100. táblázat: A korlátozó feltételek előkészítése az útvonalra a mintapéldában

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
14									
15		Útvonal A	Útvonal B	Útvonal C	Útvonal D	SZUM	Reláció	Érték	
16	Sofőr 1					0,00	=	1	
17	Sofőr 2					0,00	=	1	
18	Sofőr 3					0,00	=	1	
19	Sofőr 4					0,00	=	1	
20	SUM	=SZUM(B16:B19)							
21		SZUM(szám1; [szám2]; ...)							
22									

Forrás: Saját szerkesztés

A kapott eredmény itt is 0, mert még a belső táblázatban nem került kitöltésre (101. táblázat):

101. táblázat: A korlátozó feltételek az útvonalakra a mintapéldában

	A	B	C	D	E	F	G	H
14								
15		Útvonal A	Útvonal B	Útvonal C	Útvonal D	SZUM	Reláció	Érték
16	Sofőr 1					0,00	=	1
17	Sofőr 2					0,00	=	1
18	Sofőr 3					0,00	=	1
19	Sofőr 4					0,00	=	1
20	SUM	0,00	0,00	0,00	0,00			
21								

Forrás: Saját szerkesztés

Mivel a módosuló cella értékeit még nem töltöttük ki, így ekkor még az SZUM sorban nullás értékek fognak szerepelni (101. táblázat). A különböző oszlopok összesen értékeinek is 1 értéket kell adni az optimális megoldást követően, így itt is kialakítjuk a relációs feltételeket, előkészítve a modell futtatását (102. táblázat).

102. táblázat: A korlátozó feltételek az útvonalakra a beállított korlátokkal a mintapéldában

	A	B	C	D	E	F	G	H
14								
15		Útvonal A	Útvonal B	Útvonal C	Útvonal D	SZUM	Reláció	Érték
16	Sofőr 1					0,00	=	1
17	Sofőr 2					0,00	=	1
18	Sofőr 3					0,00	=	1
19	Sofőr 4					0,00	=	1
20	SUM	0,00	0,00	0,00	0,00			
21	Reláció	=	=	=	=			
22	Érték	1	1	1	1			

Forrás: Saját szerkesztés

- A módosuló cella értékei csak pozitív értékűek lehetnek.

Ezt a SOLVER programon belül állítjuk be mérlegfeltételként. Alkalmazzuk az integer programozást (egészértékű programozás, angolul integer programming), mivel ezzel tudjuk biztosítani, hogy a kijelölt változók egész számúak legyenek. A gyakorlati életben sokszor alkalmazzuk ezt a beállítást, mivel egy gépet vagy bekapcsolunk (1), vagy kikapcsolunk (0); egy teherautót vagy beállítunk egy útvonalra, vagy nem stb. Ha beállítjuk a korlátozást, hogy egy változó integer legyen, akkor a Solver nem engedi a törtszámokat, hanem csak egész megoldásokat keres. Ez általában sokkal nehezebb feladat megoldást jelent az Excelnek, mivel az LP-feladatokat hatékonyan lehet megoldani a tizedesjegyek engedélyezése miatt. Az integer programozást többnyire ág-vág (branch-and-bound) és hasonló módszerekkel oldja a Solver, ami lassabb, de garantálja az egészértékű megoldást.

A célcella meghatározása még elég fontos eleme ezen számításnak, mivel ide fogjuk megkapni azt, hogy adott megoldás szerkezet mellett milyen költséggel tudjuk megvalósítani azt. Itt tehát a módosuló cella értékeit kell összeszorozni az alap költség táblázatban szereplő értékekkel. Ezt a SZORZATÖSSZEG függvény segítségével tudjuk könnyen elkészíteni.

=SZORZATÖSSZEG (költség mátrix; módosuló cellák) (103. táblázat)

Alaphelyzetben itt is nulla fog szerepelni, de a modell futtatása után itt is nullától nagyobb értékek kell lennie.

103. táblázat: A lineáris programozási modell Excel-felépítése a mintapéldában

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
6	Az egyes költségek az alábbi táblázatban láthatók (ezer forintban):									
7										
8		Útvonal A	Útvonal B	Útvonal C	Útvonal D					
9	Sofőr 1	82	83	69	92					
10	Sofőr 2	77	37	49	92					
11	Sofőr 3	11	69	5	86					
12	Sofőr 4	8	9	98	77					
13										
14										
15		Útvonal A	Útvonal B	Útvonal C	Útvonal D	SZUM	Reláció	Érték		
16	Sofőr 1					0,00	=	1		
17	Sofőr 2					0,00	=	1		
18	Sofőr 3					0,00	=	1		
19	Sofőr 4					0,00	=	1		
20	SUM	0,00	0,00	0,00	0,00					
21	Reláció	=	=	=	=					
22	Érték	1	1	1	1					
23										
24	Minimális költség	=SZORZATÖSSZEG(B9:F12;B16:F19)								
25		SZORZATÖSSZEG(tömb1; [tömb2]; [tömb3]; [tömb4]; ...)								
26										

Forrás: Saját szerkesztés

Mostmár minden a rendelkezésünkre áll ahhoz, hogy a programmal megkeressük az optimális megoldást.

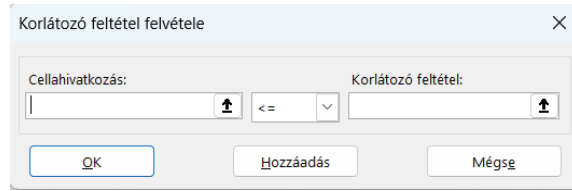
ADATOK → SOLVER

Célcella: az a cella, ahová keressük a minimális költség értékünket.

Cél: minimális költség meghatározása (MIN).

Változó cellák módosításával = módosuló cella: az elkészített üres mátrix értékei.

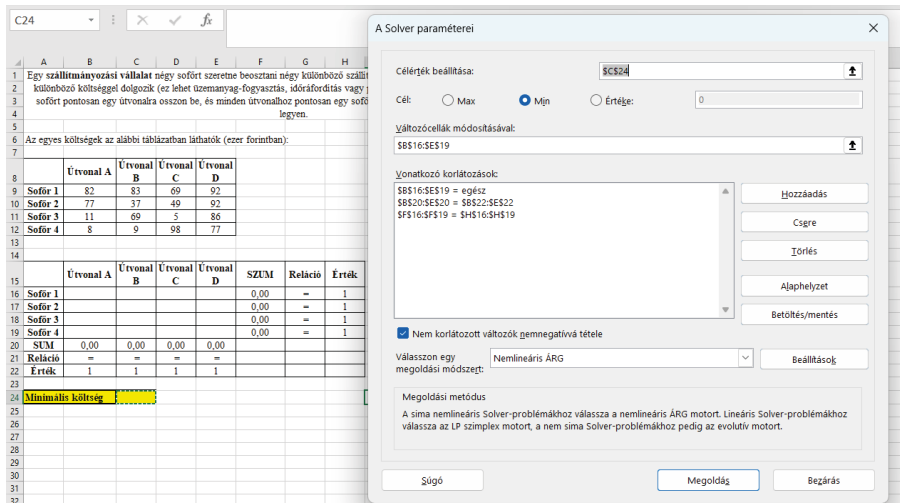
Vonatkozó korlátozások (mérlegfeltételek elkészítése): a nagy fehér részbe bele kell kattintani és a Hozzáadás gombbal lehet a menüt előhozni (33. ábra).



33. ábra: A korlátozó feltételek beállítási felülete

Forrás: Saját szerkesztés

A cellahivatkozás lesz az egyenlet bal oldala, a reláció középen van, a korlátozó feltétel a jobb oldalon. Itt kell a mérlegfeltételeket felvezetni. Hozzáadás gombbal tudjuk folyamatosan felvinni a mérlegfeltételeket, s az utolsó mérlegfeltétel után az OK gombbal tudjuk lezárni a feltételeket. Azonos relációk együtt is felvezethetők a mérlegfeltételek közé.



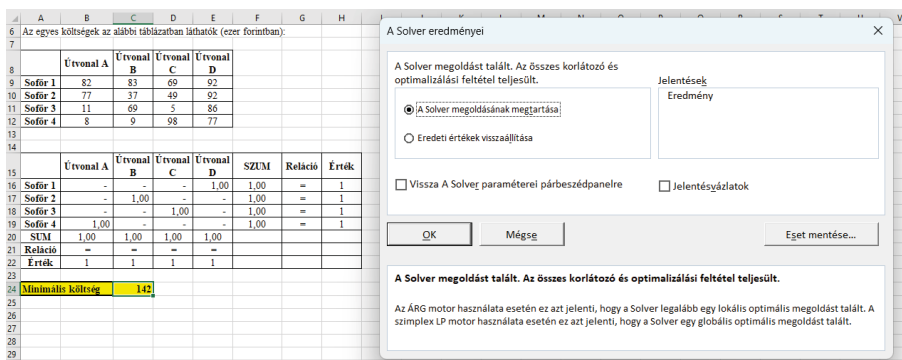
34. ábra: A Solver beállítása a feladatban

Forrás: Saját szerkesztés

Be kell pipálni a „Nem korlátozott változók nemnegatív tétele” részt is, mivel ezzel akadályozzuk meg, hogy bárhol negatív eredményt adjon az optimalizálás. A teljes beállítást a 34. ábrán mutatom be.

Megoldást választva a modell lefut és megadja az optimális megoldást egészértékű programozásban (35. ábra). Természetesen ebben az esetben

nem lesz lehetőségünk Érzékenységjelentés választására, mivel a megoldás pontosan akkor lenne optimális, ha a tizedesjegyeket is elfogadnák megoldásnak. Egészértékű programozással a megoldásunk csak optimális megoldást közelítő megoldást ad.



35. ábra: A Solver megoldásának utolsó lépése a feladatban

Forrás: Saját szerkesztés

Eredményünk: 142 ezer Ft minimális költséggel lehet megvalósítani azt, hogy a Sofőr 1 a D útvonalon, a Sofőr 2 a B útvonalon, a Sofőr 3 a C útvonalon, míg a Sofőr 4 az A útvonalon vezesse végig a szállítmányt.

9. A KÉSZLETGAZDÁLKODÁS ÉS AZ ANYAGÁRAMLÁS JELENTŐSÉGE A TERMELÉS- ÉS SZOLGÁLTATÁS- MENEDZSMENTBEN

A készletgazdálkodás és az anyagáramlás a termelési és szolgáltatási folyamatok másik alapvető szervezési és irányítási területe, amely közvetlen hatással van a vállalat működési hatékonyságára, a költségszintjére, valamint a fogyasztók és az ügyfelek kiszolgálásának minőségére. A készletgazdálkodás segít iránymutatást adni abban, hogy a vállalat miként tervezi meg, szabályozza és ellenőrzi a különféle készletek mennyiségét és mozgását annak érdekében, hogy mindig a megfelelő időben és helyen, a megfelelő mennyiségben és minőségben álljanak rendelkezésre az erőforrások. Az anyagáramlás a nyersanyagok, a félkész termékek, a késztermékek, valamint a kapcsolódó információk fizikai és logikai mozgását jelenti a beszerzéstől a termelésen keresztül egészen a végső fogyasztóhoz történő eljuttatásig.

A termelésben a készleteknek több típusa különíthető el és mindegyik más-más szerepet tölt be. Az egyik csoportosítás a betöltött szerep alapján történik:

- Az alapanyag- és a nyersanyagkészlet alkotja a termelési inputok alapját. Az ipari termelésben ide tartoznak a fémek, a műanyagok, a vegyi anyagok, a mezőgazdaságban a termények, a vendéglátásban az élelmiszerkészletek stb. Az alapanyagok kulcsfontosságúak a folyamat folytonosságának fenntartásához, különösen akkor, ha a beszerzés hosszú átfutási idejű vagy erősen ingadozó árakkal jár.
- A félkész termékek és az alkatrészek készletei az értékteremtési lánc köztes pontjain helyezkednek el és elsősorban a gyártási folyamat rugalmasságát biztosítják. A félkész termékek készletezése lehetővé teszi, hogy a különböző termelési fázisok eltérő sebességgel működjenek, így

kiegyensúlyozva az anyagáramlást. Az autóiparban például a különféle komponensek készletezése biztosítja, hogy az összeszerelés folyamatosan történhessen.

- A vállalatok gyakran késztermékeket raktároznak annak érdekében, hogy a fogyasztói keresletet gyorsan és pontosan ki tudják elégíteni. Ez különösen fontos a kereskedelmi szektorban és az e-kereskedelemben, ahol a rövid szállítási határidő versenyelőnyt jelent. A késztermékkészletek jelentős tőkekötéssel járnak, így menedzsmentjük kulcsfontosságú.
- A fenntartó, a javító és az üzemeltető készletek közé soroljuk azokat az anyagokat és eszközöket, amelyek közvetlenül nem kerülnek be a termékbe, de a termelési folyamat fenntartásához szükségesek (pl. a kenőanyagok, a tisztítószer, a szerszámok, a pótalkatrészek, stb.). A szolgáltatási szektorban ennek megfelelői lehetnek az adminisztratív eszközök, az irodaszerek, az informatikai alkatrészek, stb.
- A segédanyagok és a fogyóeszközök különösen a szolgáltatásmenedzsmentben fontos készlettypusok (pl. az egészségügyi intézmények steril eszközkészletei, a szállodaiparban a textíliák és egyéb vendégellátási eszközök stb.).
- A biztonsági (védelmi) készletek az olyan stratégiai készletek, amelyeket a keresleti bizonytalanság vagy az ellátási lánc zavarai ellen tartanak fenn. A biztonsági készletek szerepe különösen megnő instabil piaci környezetben, például világjárvány, háborús helyzet vagy beszállítói kockázatoknál stb.

A készletgazdálkodás célja kettős lehet, mivel egyrészt biztosítani kell a termelés és a szolgáltatás folyamatosságát, másrészt minimalizálni kell a készlet-tartásból fakadó költségeket. A túl alacsony készletszint termelési fennakadást, megrendelésekésedelmet vagy szolgáltatási hiányosságot okozhat, míg a túl magas készlet fölösleges raktározási, finanszírozási és elavulási költségekkel jár. A megfelelő egyensúly megtalálása stratégiai fontosságú lehet.

A készletek szabályozására többféle modell és módszer áll rendelkezésre. A klasszikus megközelítés az EOQ (Economic Order Quantity, gazdaságos rendelési tétele nagyság) modell, amely azt számítja ki, hogy mekkora mennyiséget érdemes egyszerre rendelni ahhoz, hogy a rendelési költségek és a készlet-tartási költségek összege minimális legyen. Az EOQ azt adja meg, hogy

egy adott évre vonatkozó kereslet, rendelési költség és készlettartási költség mellett mekkora rendelési mennyiség minimalizálja az éves készlethez kapcsolódó összköltséget (rendelési + készlettartási költséget). Lényegében az EOQ a „optimális rendelési tétel”, amely kiegyensúlyozza a ritkábban történő, de költségesebb megrendelést (magas rendelési költség, alacsony készlettartás) és a gyakori kis rendelések okozta alacsony rendelési költséget.

Az éves releváns teljes költség (TC) egyszerű EOQ-modellben:

$$TC(Q) = \underbrace{\frac{D}{Q} S}_{\text{éves rendelési költség}} + \underbrace{\frac{Q}{2} H}_{\text{éves tartási költség}}$$

Ezt átrendezve:

$$Q^2 = \frac{2DS}{H} \Rightarrow Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

A matematikailag alkalmazott számítási mód:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

ahol D az éves kereslet (darabszám/év), S egy rendelés fix költsége (pl. megrendelés előkészítése, szállítási beállítás díja) és H az egy egységre jutó éves tartási költség (pl. tárolás, tőke- és biztosítási költség).

A modell mögötti alapfeltevések fontosak:

- állandó kereslet (a kereslet időben nem változik, azaz minden periódusban ugyanakkora) és determinisztikus kereslet (a kereslet előre ismert és teljes bizonyossággal meghatározható, nincs bizonytalanság, nem kell valószínűségi modellekkel számolni, mert pontosan tudjuk, hogy mennyi termékre vagy nyersanyagra lesz szükség egy adott időszakban),
- konstans és ismert rendelési költség,
- konstans egységenkénti tartási költség,
- végtelen utánpótlási sebesség, azaz az utántöltés „azonnali” (vagy legalábbis a rendelés érkezése egyszerre feltölti a készletet),
- a vezető idő állandó és nincs készlethiány (az alapmodell nem engedi a hiányt).

Ezek a feltételek egyszerűsítik a képletet, de egyben korlátozzák is az alkalmazhatóságot. A vállalati életben gyakran kiterjesztéseket alkalmaznak (pl. mennyiségi kedvezmények, tervezett hiányok vagy sztochasztikus keresletre való kiterjesztések stb.).

Természetesen megfordulhat a fejünkben, hogy mikor érdemes használni az EOQ-t? Az EOQ modell ideális kiindulópont, ha a kereslet viszonylag stabil és előre jelezhető, a rendelési költség jól becsülhető és jelentős, valamint nincs vagy kicsi a mennyiségi engedmény hatása. Jól használható egyszerű, ismétlődő fogyasztású, nem romlandó tételeknél, ahol a beszerzési folyamat és a raktározás költségei könnyen számszerűsíthetők. Gyakran alkalmazzák egyes cikktípusokra (pl. a kategóriás árucikkeknel az ABC-elemzés után) mint gyors tervezési szabályt és benchmarkot. Az EOQ modell hasznos belső irányítási eszköznek számít és jó alapot ad beszerzési stratégiákban további finomításra. A gyakorlati életben a készletgazdálkodással, a beszerzéssel és a termelésirányítással foglalkozó szakemberek használják ezt a modellt nagyobb arányban. De természetesen a készletmenedzserek, a beszerzők, a logisztikai vezetők, a termelési tervezők, a kis- és középvállalkozások tulajdonosai és kontrolleri csapatok is hasznos eszközként tudják a munkájukban használni ezt.

Az EOQ támogatja a döntést, hogy érdemes-e a rendelési költségek csökkentésére (pl. automatizált megrendelés stb.) vagy inkább célszerű a készlettartás költségeinek csökkentésére (pl. raktározási tárgyalások, hatékonyságnövelés) fókuszálni. Természetesen vannak hátrányos pontjai is az alkalmazásnak, mivel a modell nem kezeli a kereslet sztochaszticitását, a változó vagy hosszú és bizonytalan vezetőidőt, a mennyiségi árengedményeket, a romlandóságot, illetve a készlethiány költségeit sem. Ezek mind olyan tényezők, amelyek a valóságban lényegesen befolyásolhatják a döntést és célszerű ezeket figyelembe venni. A termelési szférában az EOQ helyett gyakran alkalmazzuk az EPQ-t (Economic Production Quantity), mivel ez figyelembe veszi, hogy az utánpótlás nem azonnali, hanem termelési ütemben érkezik. A mennyiségi kedvezményeknél a javasolt eljárás, hogy az EOQ-hoz közeli optimumokat és az árkedvezmény határpontjait egyaránt kiértékeljük. Abban az esetben, ha tervezett hiányt engedünk meg, akkor a modellben a hiányköltség is megjelenik és az optimális rendelési tétel ennek függvényében módosulhat,

valamint többlettelel, többcikkszámú problémánál kapacitás- és tárolókorlátokkal egészítik ki a modellt.

Nézzünk egy példát. Ha egy cikk éves kereslete 10 000 darab (D), egy rendelés előkészítésének fix költsége 50 EUR (S) és az egységre eső éves tartási költség 2 EUR/év (H), akkor a fenti formula $Q^* = \sqrt{2 \times 1000 \times 50 / 2} = \sqrt{500000} \sim 707$ darab, azaz ha minden rendeléskor kb. 707 darabot rendelünk, akkor minimális lesz az éves rendelési + készlettartási költség. Ekkor évente körülbelül $10\,000 / 707 \sim 14,14$ rendelés történik, az átlagos tartási költség és a rendelési költség így nagyságrendileg megegyezik (egyik-másik ~ 707 EUR, mindkettő együtt ~ 1414 EUR/év). Ha a tartási költséget nem abszolút értékként adjuk meg, hanem a készletérték százalékaként (például a tőkeköltség és tárolás együtt $h = 25\%$ évente, a cikk egységára $c = 20$ EUR), akkor $H = h \times c = 5$ EUR/év és az EOQ már $Q^* \sim 447$ darab lesz (a tartási költség növekedésével az optimális tétel csökken).

9.1. Példa leírása az EOQ modell alkalmazására (gyártó vállalat)

- Egy gyártó vállalat éves adatai a következők:
- Éves kereslet 12 000 darab/év.
- Egy rendelés egyszeri fix költsége 40 EUR (adminisztráció, átvétel, belső kezelési költség).
- Az egy egységre jutó egységár 10 EUR (ez most nem befolyásolja az EOQ-formulát közvetlenül, de a tartási költség számításához kell).
- A készlettartás (holding) éves rátája 20% évente (tőkeköltség + raktározás + biztosítás stb.). Így az egységre jutó éves tartási költség:

$$H = h \times c = 0,20 \times 10 = 2 \text{ EUR/év.}$$

- Vezetőidő 5 munkanap.
- A munkanapok száma évente: 250 nap.

Cél: kiszámolni az EOQ-t, a rendelési gyakoriságot, az átlagkészletet, éves rendelési és tartási költségeket meghatározni.

9.2. Példa az EOQ modell alkalmazására (gyártó vállalat)

Az EOQ képletéhez szükséges információkat elkészítjük:

Kiszámoljuk a számláló első részét: $2 \times D \times S$

$$2 \times D = 2 \times 12\,000 = 24\,000$$

$$24\,000 \times S = 24\,000 \times 40$$

$$S = 40$$

Az osztó $H = 2$ (EUR/év).

Osztás:

$$Q^2 = \frac{2DS}{H} \Rightarrow Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

Tehát GYÖK $((2 \times 12\,000 \times 40)/2) = Q^*$. Értéke $692,82 \sim 693$ darab.

Éves rendelési gyakoriság (rendelések száma évente): $D / Q^* = 12\,000 / 692,82 \sim 17,3$, azaz évente kb. 17,32 rendelés (gyakorlatban ez 17 vagy 18 rendelést jelent) (általában felfelé kerekítik, ha szállítói minimumnál kell figyelembe venni). Ez egy évre meghatározva: $17 \text{ rendelés/év} \approx \text{kéthavonta egyszer}$. Az átlagkészlet: $Q^*/2 = 692,82 / 2 = 346,41 \sim 346$ darab az átlagkészlet.

Éves rendelési költség: $(D / Q^*) \times S = 17,32 \times 40 = 692,82 \text{ EUR/év}$.

Éves tartási költség: $(Q^* / 2) \times H = 346,41 \times 2 = 692,82 \text{ EUR/év}$.

Az EOQ-nál jellemzően a rendelési és a tartási költség egyenlő értékűre jön ki (mindkettő $\sim 692,82 \text{ EUR}$), tehát az éves releváns költség:

$$TC(Q^*) \approx 692,82 + 692,82 \quad 1\,385,64 \text{ EUR/év}$$

9.3. A Just-in-Time jelentősége a termelés- és szolgáltatásmenedzsmentben

A Just in Time (továbbiakban JIT) egy olyan termelési és készletgazdálkodási filozófia és módszer, amelynek lényege, hogy az anyagok, az alkatrészek, a félkész és késztermékek pontosan akkor, olyan mennyiségben és olyan minőségben álljanak rendelkezésre, amikor és ahol szükség van rájuk. Tehát a JIT alkalmazásával a termeléshez szükséges inputok nem halmozódnak fel nagy

készletek formájában, hanem a lehető legközelebb érkeznek a felhasználás időpontjához. Ezzel a megközelítéssel a vállalat célja a készletek minimalizálása, a veszteségek kiküszöbölése és a termelési folyamat hatékonyságának maximalizálása.

A módszer Japánból, a Toyota termelési rendszeréből indult ki a 20. század második felében és azóta a modern termelés- és szolgáltatásmenedzsment egyik alapfogalmává vált. A JIT alapelve, hogy a vállalat minden folyamatát összehangolja a tényleges piaci kereslettel, vagyis a termelés a „pull” (húzó) logikán alapul. Ez azt jelenti, hogy nem előregyártott nagy mennyiségeket tárolnak, hanem a kereslet megjelenése indítja el a termelési folyamatot. Így szemben áll a hagyományos „push” (toló) rendszerrel, ahol a termelés a várható igények alapján előre gyárt, majd raktároz.

A JIT alkalmazása a termelésben sokfajta előnyt hordoz. Először is jelentősen csökkenti a készlettartási költségeket, mivel nincs szükség nagy raktárrületekre, kevesebb a lekötött tőke és kisebb a kockázata az elavulásnak vagy selejtezésnek. Másodszor a folyamatok átláthatóbbak és gyorsabbak lesznek, mivel minden elem csak a szükséges időben mozog a láncban. Harmadszor a minőségirányítás szempontjából is kedvező, hiszen a hibák azonnal észlelhetők, nem vesznek el nagy tömegű készletekben. A JIT a pazarlás megszüntetésére törekszik, beleértve az időbeli késlekedést, a felesleges szállítást, a túltermelést, a hibás termékek javítását, valamint a szükségtelen készletek felhalmozását.

De a JIT nem csak a gyártóvállalatok számára releváns, hanem a szolgáltatások menedzsmentjében is fontos szerepet kap. A szolgáltatásoknál abban nyilvánul meg, hogy az erőforrásokat (pl. munkaerőt, helyiségeket, eszközöket stb.) pontosan a keresletnek megfelelően hangolják össze. Például egy szállodában a takarítási szolgáltatásokat akkor és ott végzik el, ahol a vendégforgalom indokolja, vagy egy egészségügyi intézményben az időpontfoglalások és személyzeti beosztások szoros kapcsolatban állnak a páciensek tényleges megjelenésével.

Az egyik legnagyobb probléma az alkalmazásakor, hogy a rendszer nagyon érzékeny a külső tényezőkre, azaz ha egy beszállító késik, vagy ha szállítási problémák lépnek fel, vagy ha váratlan keresletingadozás jelentkezik, az azonnal fennakadást okozhat a termelésben, mivel nincs tartalékkészlet. Ezért a JIT rendszert csak akkor lehet sikeresen bevezetni, ha a beszállítói

lánc megbízható, a logisztikai kapcsolatok jól szervezettek és a termelési folyamatok stabilak. Gyakran ezért kombinálják a JIT-et bizonyos mértékű biztonsági készletezéssel vagy rugalmas beszállítói szerződésekkel.

A Just-in-Time elvre épül, de annál szigorúbb követelményeket követel a Just in Sequence (továbbiakban JIS), mely egy logisztikai és termelés-irányítási módszer. Az alkatrészek és részegységek nemcsak a megfelelő időben, hanem a felhasználás sorrendjében érkeznek a gyártósorra. Ez alapján a beszállítónak vagy a belső logisztikai rendszernek a gyártási sorrendhez igazodva kell előkészítenie és leszállítani a szükséges komponenseket. A módszer olyan iparágakban használják, ahol nagy termékváltozatosság mellett tömeggyártás zajlik (pl. autóipar: egy gyártósoron egymás után különböző felszereltségű és színű gépjárművek készülnek, amelyekhez a beszállítónak az adott sorrendnek megfelelő alkatrészeket kell leszállítani). Ezzel biztosítható, hogy a gyártás megszakítás nélkül, készletezés és utólagos válogatás nélkül mehessen.

Nézzünk egy konkrét példát a jobb megértés érdekében. Tegyük fel, hogy egy autógyár gyártósorán a következő sorrendben készülnek az autók: kék autó, piros autó, fehér autó, kék autó, fekete autó.

A karosszéria színezése után az összeszerelő részlegnek pontosan ebben a sorrendben van szüksége a lökhárítókra is. A JIS módszer alkalmazásával a beszállító nem egyszerűen 5 lökhárítót szállít le, hanem pontosan ebben a sorrendben (kék, piros, fehér, kék, fekete) és pontosan a meghatározott időben szállítja le a gyártósorra az alkatrészt (a beszállító a gyár termelési ütemtervének megfelelően előre összeállítja a szállítmányt). A szerelőknek csak le kell emelnie az első lökhárítót a szállítóról és azt a megfelelő autóhoz tudják vinni.

Ha csak a JIT módszert alkalmazta volna a cég, akkor a beszállító csak azt biztosítja, hogy minden autóhoz érkezik egy lökhárító akkor, amikor beépítésre kerül (azaz a sorrend nem lenne feltétlenül szabályozva, a gyár dolgozóinak válogatniuk kellene a raktárban, hogy melyik szín illik az aktuális autóhoz). Ez idő- és helyigényes lenne és ezzel a hibalehetőség is megnő.

A JIS módszer előnye a példában, hogy nincs szükség külön raktárkészletre a lökhárítók színnek szerinti tárolására, illetve megszűnik a válogatás és keresés, ami növeli a termelés hatékonyságát. Ezzel párhuzamosan csökken

a hibák és hibázás esélye is, mivel a rossz színű lökhárító beépítése gyakorlatilag kizárt.

Hátránya a JIS módszernek, hogy a beszállítónak pontosan kell illeszkednie a gyár termelési üteméhez, amelyhez magas szintű (naprakész technológiával) informatikai támogatás szükséges (pl. termelésirányító rendszerek, elektronikus adatcsere stb.). Bármilyen késés vagy hiba a sorrendben azonnali fennakadást okozhat a gyártósoron.

9.3.1. Példa a JIT alkalmazására

Egy autógyár naponta 200 autót gyárt és minden autóhoz szükség van 4 darab kerékre. A gyár JIT rendszert alkalmaz, vagyis a kerekek nem halmozódnak fel nagy készletben, hanem pontosan akkor érkeznek, amikor szükség van rájuk. A gyártás 8 órás műszakban zajlik. A beszállító 60 percenként szállít kerekeket. A raktárban nincs nagy készlet, csak biztonsági tartalék van, ami 1 szállítmány mennyiségének felel meg.

Hány kereket kell egy-egy szállítmánynak tartalmaznia?

Hány szállítmány érkezik egy munkanap során?

Mi történik, ha egy szállítmány 30 perces késést szenved?

9.3.2. Példa megoldása a JIT alkalmazására

Először is a napi kerékgigény kiszámítása szükséges. Mivel naponta 200 autót gyártanak és minden autóhoz 4 kerék szükséges, akkor $200 \text{ autó} \times 4 \text{ kerék} = 800 \text{ kerék/nap}$ az igény (a gyárnak naponta 800 kerékre van szüksége).

A 2. lépés a termelés óránkénti meghatározása. A munkanap 8 óra, óránként van gyártás, ekkor $200 \text{ autó} / 8 \text{ óra} = 25 \text{ autó/óra}$. Így a kerékgigény $25 \times 4 = 100 \text{ kerék/óra}$.

A 3. lépés a szállítási időközök és a szállítmány méretének meghatározása. Mivel a beszállító 60 percenként szállít, azaz óránként annyi keréknek kell érkeznie, amennyi az adott időszakban szükséges: $100 \text{ kerék} / 1 = 100 \text{ kerék/szállítmány}$. Tehát minden szállítmánynak 100 kereket kell tartalmaznia minimum.

A 4. lépés a szállítmányok számának meghatározása napokban. A 8 órás műszak alatt óránként érkezik szállítmány, ezért $8 \text{ óra} \times 1 \text{ szállítmány} = 8 \text{ szál-}$

lítmány/nap. Így a napi 8 szállítvány $\times$ 100 kerék pontosan fedezi a napi 800 kerék szükségletet.

Az 5. lépés a késés hatásának meghatározása. Ha egy szállítvány 30 percet késik, akkor a gyár a 100 kereket csak később kapja meg, s a tartalékkészletből kell gazdálkodnia. Mivel a biztonsági készlet 100 kerék, a gyár ebből tudja fedezni az átmeneti hiányt. A gyár nem áll le ilyenkor, de ha a késés tovább tartana, vagy több szállítvány is kimaradna, a termelés leállna, mert nincs további tartalék.

Ez a gyár nem tart fenn több száz vagy ezer darab kereket a raktárban, hanem mindig pontosan időben érkezik a szükséges mennyiség. Ez csökkenti a raktározási költségeket és a tőkelekötést.

Ugyanakkor a rendszer érzékeny a késésekre, ezért szükség van biztonsági tartalékra, amely védelmet ad kisebb fennakadások ellen.

A JIT rendszerhez képet az MRP (Material Requirements Planning, anyagszükséglet-tervezés) rendszerek a kereslet előrejelzésére és az ütemezésre építve tervezik meg a szükséges készleteket és azok időbeli ütemezését. Célja, hogy biztosítsa az alapanyagok, a félkész termékek és a késztermékek rendelkezésre állását pontosan akkor és olyan mennyiségben, amikor és amennyire szükség van. Lényegében egy előretervező eszköz, amely a gyártási igényekből kiindulva visszafelé számolja ki az anyagszükségleteket és meghatározza a megrendelések időzítését és nagyságát. A rendszer nem a pillanatnyi igényekre reagál, hanem egy előre elkészített termelési program alapján tervezi meg a szükséges erőforrásokat, így az MRP klasszikusan a „push” logikán alapul.

Az MRP működése három alapvető bemeneti adatforrásra épül.

- Főgyártási ütemterv (MPS), amely előírja, hogy a vállalatnak milyen időpontokra mennyi készterméket kell előállítania. Ez egyfajta iránytű, amely a vevői megrendelésekből és előrejelzésekből kiindulva meghatározza a termelés időbeli szerkezetét.
- Darabjegyzék (BOM – Bill of Materials), amely részletesen tartalmazza, hogy egy adott termék milyen részegységekből és alapanyagokból épül fel, illetve milyen mennyiségi kapcsolat áll fenn a késztermék és annak összetevői között (olyan, mint egy recept). A jegyzék pontosan megszabja, hogy milyen alkatrészekből áll össze egy autó, egy számítógép vagy akár egy egyszerű bútordarab stb.).

- Készletnyilvántartás, amely megmutatja, hogy a vállalat raktáraiban jelenleg milyen alapanyagok, félkész termékek és késztermékek állnak rendelkezésre, illetve milyen mennyiségben és milyen időzítéssel érkeznek be a már leadott rendelések.

Az MRP ezekre az adatokra építve működik. A rendszer a késztermékek gyártási tervéből kiindulva „visszabontja” a szükséges alapanyagokat és alkatrészeket, majd figyelembe veszi a meglévő készleteket, a rendelések átfutási idejét és a biztonsági készlet szinteket. Így képes kiszámítani, hogy pontosan mikor kell új rendelést leadni egy adott alapanyagra, mekkora mennyiséget kell beszerezni és mikorra kell a beérkezésnek megtörténnie ahhoz, hogy a gyártási folyamat zavartalanul működjön. A kimenet egy olyan részletes ütemterv, amely tartalmazza az anyagrendelési terveket, a gyártási utasításokat, valamint a készlet szintek jövőbeli alakulásának előrejelzését.

A jobb megértés érdekében gondoljunk arra, hogyha egy kerékpárgyártó vállalatnak a következő hónapban 500 darab kerékpárt kell leszállítani, akkor az MRP kiszámolja, hogy a darabjegyzék alapján mennyi vázra, kerékre, ülésre és egyéb alkatrésze lesz szükség. Ha a raktárban például már van 200 váz és 400 kerék, akkor az MRP pontosan meghatározza, hogy a hiányzó mennyiséget (például 300 vázat és 600 kereket) mikorra kell megrendelni a szállítótól, figyelembe véve az átfutási időket (például a váz 2 hét alatt érkezik, a kerék 1 hét alatt). Ezáltal a termelés nem áll le, de felesleges készletek sem halmozódnak fel.

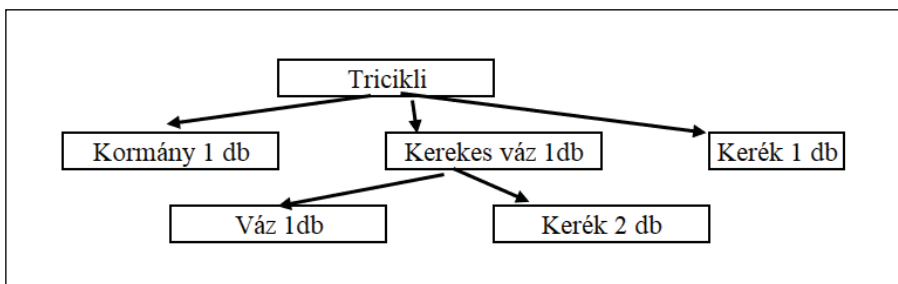
A rendszerek előnye, hogy képesek összehangolni a termelést a kereslettel és ezáltal jelentősen csökkentik a készlet tartási költségeket, miközben biztosítják, hogy a gyártás folyamatos legyen. Javítják a termelési folyamatok átláthatóságát és támogatják a vezetői döntéshozatalt a beszerzés, a termelés és a kapacitáskihasználás területén. Legnagyobb hátránya a módszernek, hogy nagyon érzékeny a bemeneti adatok pontosságára. Ha az előrejelzések, a készlet nyilvántartások vagy az átfutási idők hibásak, akkor az egész rendszer téves rendeléseket eredményezhet, ami vagy hiányhoz, vagy túlzott készletezéshez vezethet.

A szakirodalom tanulmányozásakor kiderült, hogy az MRP eredetileg a gyártóipar számára készült, elvei és logikája a szolgáltatási szektorban is alkalmazhatók. Egy kórház például az MRP logikáját követve pontosan meg

tudja tervezni, hogy egy adott hétre milyen gyógyszerekre, műszerekre, műtőhelyiségekre és orvosokra lesz szükség egy előre ütemezett műtéti program lebonyolításához. Egy szálloda a vendégfoglalások és előrejelzések szerint tervezheti meg a konyha alapanyag-beszerzéseit, a takarítószemélyzet beosztását és az egyéb szolgáltatásokhoz szükséges erőforrásokat.

9.3.3. Példa az MRP alkalmazására

Egy vállalat triciklik összeszerelésével foglalkozik. Egy tricikli az alábbi elemekből áll (36. ábra):



36. ábra: A tricikli alanyag-szükségletének vázrajza

Forrás: Saját szerkesztés

A termelési vezérprogram alapján a 6. héttől kezdve hetente a következő triciklimennyiségre lesz szükség (darab): 11, 15, 20, 10, 22, 24.

Az átfutási idők, a rendelési tétele nagyságok és a nyitókészleteket a 104. táblázat tartalmazza:

104. táblázat: Az átfutási idő, a rendelési tétele nagyság és a készlet értékei a triciklinél

Megnevezés	Átfutási idő (hét)	Rendelési tétele nagyság	Készlet
Tricikli	1	5	0
Kormány	2	5	3
Kerekes váz	1	5	1
Kerék	2	10	8
Váz	2	10	3

Forrás: Saját szerkesztés

Feladat: Készítse el az MRP-táblát!

9.3.4. Példa megoldása az MRP alkalmazására

Az alapfeladat elindulásának a táblázata a következő:

105. táblázat: Az MRP kiinduló táblázata

MRP táblázat	Periódus												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tricikli - Vezérprogram													

Bruttó szükséglet													
Készlet													
Nettó szükséglet													
Tervezett rendelésbeérkezés													
Tervezett rendelésfeladás													

Forrás: Saját szerkesztés

A 105. táblázatban a „Vezérprogram” a gyártás legfelső szintű terve, amely meghatározza mely végtermékből, mikorra, mennyit kell előállítani. Ez szolgál az MRP-számítás alapjául. A „Vezérprogram” a konkrét vevői rendelésekből és előrejelzésekből készül.

A „Bruttó szükséglet” egy adott termékből (vagy alapanyagból) a teljes, összes igényelt mennyiség, amit a „Vezérprogram” vagy a darabjegyzék alapján a gyártás megkíván. Ez magában foglalja a végtermékhez szükséges összes alkatrészt, függetlenül attól, hogy van-e már készleten. Ehhez tartozik szervesen a készlet tételsor, ami az adott időpontban ténylegesen rendelkezésre álló, raktárban meglévő mennyiséget jelenti. Ez az állomány fizikailag elérhető és felhasználható a bruttó szükségletek fedezésére. A „Nettó szükséglet” azt a mennyiséget mutatja meg, amelyet ténylegesen pótolni kell, miután a készletet és a már úton lévő, beérkező mennyiségeket levontuk a bruttó szükségletből. Kiszámítása:

Nettó szükséglet = Bruttó szükséglet – Készlet – Tervezett/folyamatban lévő beérkezések

A „Tervezett rendelés beérkezése” az a mennyiség, amelyet az MRP szerint adott időpontban meg kell kapni (pl. beszállítótól rendelve vagy belső

gyártásból). Ez a nettó szükséglet kielégítésére szolgál és ehhez kell még figyelembe venni az átfutási idő értékét is, ami már a tervezett rendelés feladásához kalkulálunk.

A vezérprogram értékeihez kerülnek a feladat leírásában szereplő adatértékek, tehát a 6. héttől a 11. hétig a 11, 15, 20, 10, 22, 24 (106. táblázat).

106. táblázat: Az MRP-alkalmazás 1. lépése

MRP táblázat														
	Periódus													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Tricikli - Vezérprogram							11	15	20	10	22	24		
.....														
Bruttó szükséglet														
Készlet														
Nettó szükséglet														
Tervezett rendelésbeérkezés														
Tervezett rendelésfeladás														

Forrás: Saját szerkesztés

A vezérprogram adott értékeit átvezetjük a TRICIKLI-t, mint termék bruttó szükséglet értékéhez (107. táblázat).

107. táblázat: A bruttó szükséglet meghatározása az MRP számításnál

MRP táblázat														
	Periódus													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Tricikli - Vezérprogram							11	15	20	10	22	24		
TRICIKLI							↓	↓	↓	↓	↓	↓		
Bruttó szükséglet							11	15	20	10	22	24		
Készlet														
Nettó szükséglet														
Tervezett rendelésbeérkezés														
Tervezett rendelésfeladás														

Forrás: Saját szerkesztés

A készlet értékét a segédtáblából kiolvassuk, ami NULLA. Így kiszámolható az első periódus (esetünkben a 6. hét) nettó szükséglet értéke, ami a $11 - 0 = 11$ érték (108. táblázat).

108. táblázat: A nettó szükséglet meghatározása az MRP-számításnál

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
12	MRP táblázat													
13								Periódus						
14		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15	Tricikli - Vezérprogram							11	15	20	10	22	24	
16	TRICIKLI (1 hét, 5 db)													
17	Bruttó szükséglet							11	15	20	10	22	24	0
18	Készlet						0							
19	Nettó szükséglet						=H17-G18							

Forrás: Saját szerkesztés

Ezt követően kiszámolható a „Tervezett rendelés beérkezése” cellaérték is, ahol figyelembe kell venni, hogy az adott alapanyagot milyen egységekben lehet rendelni. Mivel a tricikli rendelési tétele nagysága 5 darab, ezért 5 vagy annak többszörösét lehet rendelni (5, 10, 15, 20 stb.). Ahhoz, hogy ne fejben kelljen az összes értéket kiszámolni egy függvényt fogunk alkalmazni, ami a pontosan megrendelt értéket adja meg eredményül. Mivel 11 darab triciklire van szükségünk a 6. héten, így 3 csomagot kell rendelni az 5 darabos csomagokból. Ezt függvénnyel úgy határozzuk meg, hogy először vesszük a $11/5$ hányados értékét, ami 2,2, s majd ez a számot felfele kerekítjük (mivel a 2 csomag nem adná meg az elegendő mennyiséget), ezzel megkapjuk a csomagok számát. Mivel a táblázatban darab formátumot kell használni, így ezt a csomag számot megszorozzuk az egy csomagban lévő darabok számával (109. táblázat).

Függvénye: =KEREK.FEL(nettó szükséglet/csomag darabszáma; tizedesjegy ne legyen, tehát nulla) * egy csomagban lévő darabszám. Kapott eredmény 15 darab.

109. táblázat: A tervezett rendelés beérkezésének meghatározása az MRP-számításnál

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
12	MRP táblázat													
13														
14		0	1	2	3	4	5							
15	Tricikli - Vezérprogram							11	15	20	10	22	24	
16	TRICIKLI (1 hét, 5 db)													
17	Bruttó szükséglet							11	15	20	10	22	24	
18	Készlet						0							
19	Nettó szükséglet													
20	Tervezett rendelésbeérkezés							=KEREK.FEL(H19/5;0)*5						
21	Tervezett rendelésfeladás													

Forrás: Saját szerkesztés

Mivel 15 darabot rendeltünk, de csak 11 darab szükséges, így készleten marad 4 darab ($15 - 11 = 4$) (110. táblázat).

110. táblázat: A készlet meghatározása az MRP-számításnál

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
12	MRP táblázat													
13								Periódus						
14		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15	Tricikli - Vezérprogram							11	15	20	10	22	24	
16	TRICIKLI (1 hét, 5 db)													
17	Bruttó szükséglet							11	15	20	10	22	24	0
18	Készlet						0	H20-H19						
19	Nettó szükséglet							11						
20	Tervezett rendelésbeérkezés							15						
21	Tervezett rendelésfeladás													

Forrás: Saját szerkesztés

Készen vagyunk a 6. hét értékeinek kalkulációjával (111. táblázat).

111. táblázat: A 6. heti megoldás eredmény értékei

N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
MRP táblázat													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tricikli - Vezérprogram							11	15	20	10	22	24	
TRICIKLI													
Bruttó szükséglet							11	15	20	10	22	24	
Készlet						0	4						
Nettó szükséglet							11						
Tervezett rendelésbeérkezés							15						
Tervezett rendelésfeladás													

Forrás: Saját szerkesztés

Ezt követően a 11. hétig el lehet húzni mind a három számolt eredmény értékünket. Ha jól dolgoztunk akkor a helyes eredményt adja ki a rendszer (112. táblázat, 113. táblázat, 114. táblázat).

112. táblázat: A 7–11. hét értékeinek a meghatározása a triciklinél (1)

N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
MRP táblázat													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tricikli - Vezérprogram							11	15	20	10	22	24	
TRICIKLI													
Bruttó szükséglet							11	15	20	10	22	24	
Készlet						0	4						
Nettó szükséglet							11						
Tervezett rendelésbeérkezés							15						
Tervezett rendelésfeladás													

Forrás: Saját szerkesztés

113. táblázat: A 7–11. hét értékeinek a meghatározása a triciklinél (2)

N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
MRP táblázat													
	Periódus												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tricikli - Vezérprogram							11	15	20	10	22	24	
TRICIKLI													
Bruttó szükséglet							11	15	20	10	22	24	
Készlet						0	4						
Nettó szükséglet							11						
Tervezett rendelésbeérkezés							15						
Tervezett rendelésfeladás													

Forrás: Saját szerkesztés

114. táblázat: A 7–11. hét értékeinek a meghatározása a triciklinél (3)

N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
MRP táblázat													
	Periódus												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tricikli - Vezérprogram							11	15	20	10	22	24	
TRICIKLI													
Bruttó szükséglet							11	15	20	10	22	24	
Készlet						0	4	4	4	4	2	3	
Nettó szükséglet							11	11	16	6	18	22	
Tervezett rendelésbeérkezés							15	15	20	10	20	25	
Tervezett rendelésfeladás													

Forrás: Saját szerkesztés

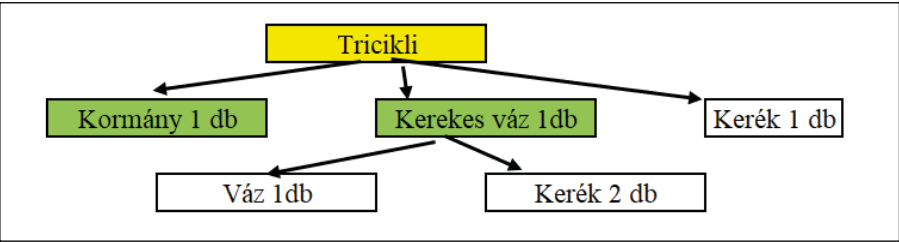
Mivel a tervezett rendelés feladása 1 hét, így a kapott eredményértékeket elcsúsztatjuk egy héttel előrebbre (115. táblázat).

115. táblázat: A tervezett rendelés feladásának meghatározása az MRP-ben

N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
MRP táblázat													
	Periódus												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tricikli - Vezérprogram							11	15	20	10	22	24	
TRICIKLI													
Bruttó szükséglet							11	15	20	10	22	24	
Készlet						0	4	4	4	4	2	3	
Nettó szükséglet							11	11	16	6	18	22	
Tervezett rendelésbeérkezés							15	15	20	10	20	25	
Tervezett rendelésfeladás						=U32	15	20	10	20	25		

Forrás: Saját szerkesztés

Elkészült az 1. változó értéke (tricikli, sárga), így következik a második szint értékei, melyek a kormány és a kerekes váz. Látható, hogy mindegyikből csak egy-egy darab szükséges. A kerékalapanyaggal azért nem foglalkozunk még, mivel abból a 3. szinten is kell még alapanyag, s így azt a 3. szint esetében fogjuk tervezni (37. ábra).



37. ábra: A tricikli alapanyag-szükségletének vázrajza elkészültségi fokban (1)

Forrás: Saját szerkesztés

Ugyanazt a struktúrát követve oldjuk meg a kormány és a kerekes váz adat-tábláját is. A tervezett rendelés feladása sort lehivatkozzuk a kormány és a kerekes váz bruttó szükségletéhez (116. táblázat).

116. táblázat: Az MRP 2. szintű kalkulációjának áthivatkozása a tricikli kormány- és kerekesváz-alapanyagoknál

N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
MRP táblázat	Periódus												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tricikli - Vezérprogram							11	15	20	10	22	24	
TRICIKLI													
Bruttó szükséglet							11	15	20	10	22	24	
Készlet						0	4	4	4	4	2	3	
Nettó szükséglet							11	11	16	6	18	22	
Tervezett rendelés beérkezés							15	15	20	10	20	25	
Tervezett rendelés feladás							15	15	20	10	20	25	

KORMÁNY													
Bruttó szükséglet							15	15	20	10	20	25	
Készlet													
Nettó szükséglet													
Tervezett rendelésbeérkezés													
Tervezett rendelésfeladás													
KEREKES VÁZ (1 hét, 5 db)													
Bruttó szükséglet							15	15	20	10	20	25	
Készlet													

Forrás: Saját szerkesztés

Ezt követően kiolvassuk a készletet, amit az előző időszak értékéhez írunk be (117. táblázat).

117. táblázat: Az MRP modell készlethivatkozása a 2. szinten

N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
MRP táblázat	Periódus												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tricikli - Vezérprogram							11	15	20	10	22	24	
TRICIKLI													
Bruttó szükséglet							11	15	20	10	22	24	
Készlet						0	4	4	4	4	2	3	
Nettó szükséglet							11	11	16	6	18	22	
Tervezett rendelésbeérkezés							15	15	20	10	20	25	
Tervezett rendelésfeladás						15	15	20	10	20	25		
KORMÁNY													
Bruttó szükséglet						15	15	20	10	20	25		
Készlet					3								
Nettó szükséglet													
Tervezett rendelésbeérkezés													
Tervezett rendelésfeladás													
KEREKES VÁZ (1 hét, 5 db)													
Bruttó szükséglet						15	15	20	10	20	25		
Készlet					1								
Nettó szükséglet													

Forrás: Saját szerkesztés

Ezt követően nézzük a kormány kalkulációjának az elvégzését (118. táblázat, 119. táblázat, 120. táblázat, 121. táblázat, 122. táblázat).

118. táblázat: Az MRP 2. szint – kormányrész-számítás lépései (1)

N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
KORMÁNY													
Bruttó szükséglet						15	15	20	10	20	25		
Készlet					3								
Nettó szükséglet					$=T36-S37$								
Tervezett rendelésbeérkezés													
Tervezett rendelésfeladás													

Forrás: Saját szerkesztés

119. táblázat: Az MRP 2. szint – kormányrész-számítás lépései (2)

N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
KORMÁNY													
Bruttó szükséglet						15	15	20	10	20	25		
Készlet					3								
Nettó szükséglet						12							
Tervezett rendelésbeérkezés					=kerek.fel(T38/5;0)*5								
Tervezett rendelésfeladás													

Forrás: Saját szerkesztés

120. táblázat: Az MRP 2. szint – kormányrész-számítás lépései (3)

N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
KORMÁNY													
Bruttó szükséglet						15	15	20	10	20	25		
Készlet					3	=T39-T38							
Nettó szükséglet						12							
Tervezett rendelésbeérkezés						15							
Tervezett rendelésfeladás													

Forrás: Saját szerkesztés

121. táblázat: Az MRP 2. szint kormány rész számítás lépései (4)

N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
KORMÁNY													
Bruttó szükséglet						15	15	20	10	20	25		
Készlet					3	3	3	3	3	3	3		
Nettó szükséglet						12	12	17	7	17	22		
Tervezett rendelésbeérkezés						15	15	20	10	20	25		
Tervezett rendelésfeladás													

Forrás: Saját szerkesztés

122. táblázat: Az MRP 2. szint – kormányrész-számítás lépései (5)

Szerkesztőléc IV	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
KORMÁNY													
Bruttó szükséglet						15	15	20	10	20	25		
Készlet					3	3	3	3	3	3	3		
Nettó szükséglet						12	12	17	7	17	22		
Tervezett rendelésbeérkezés						15	15	20	10	20	25		
Tervezett rendelésfeladás				15	15	20	10	20	25				

Forrás: Saját szerkesztés

Ugyanerre a mintára kell elkészíteni a kerekés váz táblázatát is, aminek összefoglaló táblázatát itt mutatom be (123. táblázat):

123. táblázat: Az MRP 2. szint – kerekésvágrész-számítás eredményei

N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
KEREKES VÁZ													
Bruttó szükséglet						15	15	20	10	20	25		
Készlet					1	1	1	1	1	1	1		
Nettó szükséglet						14	14	19	9	19	24		
Tervezett rendelésbeérkezés						15	15	20	10	20	25		
Tervezett rendelésfeladás					15	15	20	10	20	25			

Forrás: Saját szerkesztés

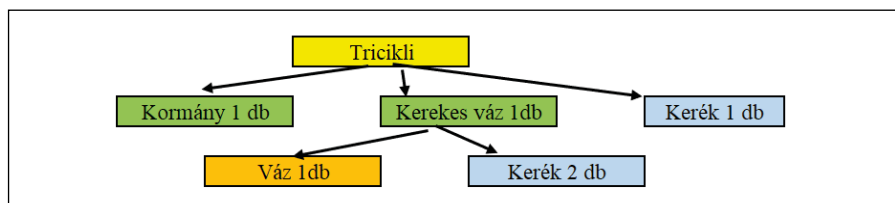
A 3. szinten a váz van, aminek bruttó szükséglete a kerekés váz tervezett rendelésfeladása sorából kerül áthivatkozásra (124. táblázat).

124. táblázat: Az MRP 3. szint – vágrész-számítás eredményei

N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
VÁZ (2 hét, 10 db)													
Bruttó szükséglet					15	15	20	10	20	25			
Készlet				3	8	3	3	3	3	8			
Nettó szükséglet					12	7	17	7	17	22			
Tervezett rendelésbeérkezés					20	10	20	10	20	30			
Tervezett rendelésfeladás			20	10	20	10	20	30					

Forrás: Saját szerkesztés

Végezetül a kerék maradt: a triciklihez egy darab kerék, míg a kerekés vázhoz 2 darab kerék szükséges (38. ábra). Így egy PEGGING táblázatot kell készíteni, ami egy összefoglaló táblázat. Ezen táblázat összesen értéke fogja adni a Kerék bruttó szükséglet értékét az MRP modellben (125. táblázat, 126. táblázat, 127. táblázat).



38. ábra: A tricikli alapanyag-szükségletének vázrajza elkészültségi fokban (2)

Forrás: Saját szerkesztés

125. táblázat: Az MRP-t táblázat PEGGING-t táblázatrészre kerékre

N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
MRP táblázat													
	Periódus												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tricikli - Vezérprogram							11	15	20	10	22	24	
TRICIKLI													
Bruttó szükséglet							11	15	20	10	22	24	
Készlet						0	4	4	4	4	2	3	
Nettó szükséglet							11	11	16	6	18	22	
Tervezett rendelés beérkezés							15	15	20	10	20	25	
Tervezett rendelés feladás						15	15	20	10	20	25		
KEREKES VÁZ													
Bruttó szükséglet						15	15	20	10	20	25		
Készlet					1	1	1	1	1	1	1		
Nettó szükséglet						14	14	19	9	19	24		
Tervezett rendelésbeérkezés						15	15	20	10	20	25		
Tervezett rendelésfeladás					15	15	20	10	20	25			

	Periódus												
Kerék - pegging táblázat	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tricikli						15	15	20	10	20	25		
Kerekes váz					30	30	40	20	40	50			
Kerék összesen	0	0	0	0	30	45	55	40	50	70	25	0	0

Forrás: Saját szerkesztés

126. táblázat: A PEGGING-t táblázat összesítése kerékalapanyagra

N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB
	Periódus													
Kerék - pegging táblázat	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Tricikli						15	15	20	10	20	25			
Kerekes váz					30	30	40	20	40	50				
Kerék összesen					=SZUM(\$S5:\$S6)			40	50	70	25			

SZUM(szám1; [szám2]; ...)

[SZUM(szám1; [szám2]; ...)]

Forrás: Saját szerkesztés

127. táblázat: A kerékrendelések eredményei az MRP-táblázatban

	Periódus												
KERÉK (2 hét, 10 db)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Bruttó szükséglet					30	45	55	40	50	70	25		
Készlet				8	8	3	8	8	8	8	3		
Nettó szükséglet					22	37	52	32	42	62	17		
Tervezett rendelésbeérkezés					30	40	60	40	50	70	20		
Tervezett rendelésfeladás			30	40	60	40	50	70	20				

Forrás: Saját szerkesztés

A megoldott példából is jól látszik, hogy az anyagáramlás a termelési logisztika központi eleme, amely magában foglalja az anyagok, a félkész és a késztermékek fizikai mozgását, a szállítási és raktározási tevékenységeket, valamint a kapcsolódó információáramlást is. A hatékony anyagáramlás biztosítja, hogy a gyártási folyamatban ne legyenek torlódások, szűk keresztmetszetek, valamint, hogy a szükséges erőforrások térben és időben mindig a megfelelő helyre kerüljenek.

A szolgáltatásoknál a készletgazdálkodás és az anyagáramlás kérdése eltérő formában jelenik meg, mivel a szolgáltatás általában immateriális jellegű, így a klasszikus értelemben vett raktárkészletek kisebb szerepet játszanak. Ugyanakkor a szolgáltatásokhoz is kapcsolódhatnak fizikai erőforrások (pl. a vendéglátásban az alapanyagok, az egészségügyben a gyógyszerek és orvosi eszközök, a közlekedési szolgáltatásban pedig az üzemanyag vagy a járműalkatrészek stb.). A szolgáltatásoknál különösen fontos az időbeli és térbeli rendelkezésre állás, hiszen a legtöbb szolgáltatás „itt és most” alapon fogyasztható, így a készletezés inkább kapacitásban, munkaerőben vagy eszközök rendelkezésre állásában ölt testet.

9.4. A Just-in-Time és a LEAN alkalmazása a termelésben és a szolgáltatásban

A Just-in-Time filozófia célja a pazarlások kiküszöbölése, a folyamatok hatékonyságának növelése és a vevői igények pontos, időben történő kielégítése. A termelésben a legfőbb jelentősége abban rejlik, hogy radikálisan csökkenti a készletek mennyiségét, ezáltal mérsékli a tőkekötést, a tárolási és kezelési költségeket. A rendszer hozzájárul a termelési átfutási idők rövidítéséhez, a hibák korai felismeréséhez és kiküszöböléséhez, valamint a gyártási folyamat rugalmasságának növeléséhez. A szolgáltatásoknál is a JIT alkalmazásával a szolgáltatási inputok pontosan időben és megfelelő minőségben állnak rendelkezésre, így elkerülhetők a felesleges kapacitások és költségek. Ez nemcsak költségcsökkentő eszközként működik, hanem a minőségmenedzsment fontos eszköze is, mivel a készletek csökkentése miatt kevesebb hibát lehet „véteni”, a rendszer rákényszeríti a vállalatot a folyamatok folyamatos fejlesztésére és a problémák azonnali kezelésére.

A JIT leginkább a tömeggyártásban és az összeszerelő iparágakban terjedt el (autóipar, elektronika, gépgyártás), ahol a kereslet viszonylag jól előrejelezhető, a beszállítói hálózat megbízható és az ellátási lánc résztvevői szoros együttműködésben dolgoznak. A szolgáltatási szektorban egyre szélesebb körben alkalmazzák, mivel például a gyorséttermekben az ételek közvetlenül a rendelés után készülnek el, a kórházakban pedig a gyógyszerek és eszközök közvetlenül a beavatkozásokhoz szükséges időpontban kerülnek előkészítésre.

Fontos megjegyezni, hogy a JIT nem minden környezetben alkalmazható eredményesen, mivel instabil piaci kereslet, kiszámíthatatlan szállítási viszonyok vagy alacsony beszállítói megbízhatóság mellett a JIT kockázatokat rejt és növelheti az ellátási zavarok valószínűségét.

Mivel a JIT összefonódásban van a LEAN-technikákkal, így a következőkben a legfontosabb LEAN eszközöket és technikákat mutatom be napjainkban (részletesen ezen eszközökkel a LEAN menedzsment órán ismerkednek meg a Hallgatók):

- A Kanban-rendszer egy húzóelvű termelésirányítási módszer, amely vizuális jelzésekkel (pl. kártyákkal, táblákkal) szabályozza az anyag- és munkafolyamatokat. Lényege, hogy mindig csak annyi készül vagy kerül szállításra, amennyire ténylegesen szükség van, így elkerülhető a túlermelés és a felesleges készlet. Előnye az átláthatóság, a rugalmasság és a költségek csökkentése, de stabil kereslet és megbízható beszállítók mellett működik hatékonyan.
- A Kaizen a japán vállalatirányítás egyik alapelve, jelentése folyamatos fejlesztés. Lényege, hogy a munkafolyamatokban, a termelésben és a szervezetben mindig apró, fokozatos javításokat hajtanak végre a dolgozók bevonásával. Célja a hatékonyság, a minőség és a munkakörnyezet állandó fejlesztése, miközben csökkenti a veszteségeket. A Kaizen nem egyszeri projekt, hanem egy mindennapi szemlélet, amely a szervezet kultúrájának részévé válik.
- A SMED (Single Minute Exchange of Die) célja a gépek és berendezések átállási idejének drasztikus csökkentése. Lényege, hogy a több óras vagy hosszú percekig tartó átállásokat egy számjegyű percre (azaz 10 percnél rövidebbre) szorítsa le. A módszer különválasztja a belső műveleteket (amelyek csak álló gépnél végezhetők) és a külső műveleteket

(amelyek a gép működése közben is elvégezhetők). Ezáltal a termelés rugalmasabb lesz, kisebb sorozatnagyságok és gyorsabb reagálás válik lehetővé. A SMED hozzájárul a veszteségek csökkentéséhez, a hatékonyság növeléséhez és a vevői igények gyors kielégítéséhez.

- A Heijunka (japán fogalom) termeléskiegyenlítést jelent. Lényege, hogy a gyártást úgy ütemezzék, hogy az egyenletesen terhelje a munkafolyamatokat, függetlenül a kereslet ingadozásától. A módszer nem a nagy sorozatok gyors legyártására törekszik, hanem a kisebb mennyiségek folyamatos, kiegyensúlyozott előállítására. Így csökkenti a készleteket, mérsékli a túltermelést és az erőforrások túlterhelését. A Heijunka segítségével könnyebb alkalmazkodni a változó piaci igényekhez anélkül, hogy a rendszer instabillá válna.
- Az 5S módszer (japán eredetű) a munkahelyi rend, a tisztaság és a hatékonyság megteremtését célozza. Nevét öt japán szó kezdőbetűiből kapta: Seiri (szelektálás), Seiton (rendszerezés), Seiso (tisztítás), Seiketsu (szabványosítás), Shitsuke (fenntartás). A módszer lényege, hogy a szükségtelen tárgyakat eltávolítják, a szükségeseket átláthatóan elrendezik és folyamatosan tisztán tartják a munkaterületet. A szabványosítás biztosítja, hogy a kialakított rend állandó legyen, a fegyelem pedig hosszú távon fenntartja azt. Az 5S nemcsak a hatékonyságot növeli, hanem hozzájárul a munkabiztonsághoz és a minőség javításához is.
- A Poka-yoke (szintén japán kifejezés) a hiba megelőzését vagy a hiba biztosítását jelenti. A módszer célja, hogy már a folyamat során megakadályozza a hibák kialakulását, vagy azonnal jelzi azokat, mielőtt a termék továbbhaladna. Lényege, hogy egyszerű, gyakran mechanikus vagy vizuális megoldásokat alkalmaz a dolgozók támogatására (pl. sablonok, érzékelők, színkódok). A Poka-yoke nem a munkavállaló hibáztatására épít, hanem a rendszer olyan kialakítására, hogy a hibázás lehetősége minimálisra csökkenjen. Használatával javul a minőség, csökken a selejt és az utólagos ellenőrzési költség.

A LEAN gyakorlatok célja, hogy a JIT elvek ne csak elméletben, hanem a mindennapi működésben is megvalósuljanak. A vállalatok gyakorlati szinten legjobban az alábbiakat alkalmazzák:

- Beszállítói partnerségek kialakítása, amelyek lehetővé teszik a gyakori, kis mennyiségű és megbízható szállításokat.
- Vizuális menedzsment eszközök bevezetése a gyártóterületen, amelyek azonnal jelzik az eltéréseket és támogatják a gyors beavatkozást.
- Folyamatátláthatóság növelése, például értékáram-térképezéssel (Value Stream Mapping, továbbiakban VSM), amely azonosítja a nem értékteremtő lépéseket.
- Keresletvezérelt termelés (pull rendszer) bevezetése, amely a tényleges vevői igény alapján indítja el a termelést, szemben a hagyományos „push” rendszerekkel.
- Teljes körű minőségmenedzsment (TQM) alkalmazása, amely biztosítja, hogy a hibák minimálisak legyenek, hiszen a JIT-ben nincs lehetőség nagy mennyiségű biztonsági készlet fenntartására.

10. A FOLYAMATFEJLESZTÉS A TERMELÉS ÉS SZOLGÁLTATÁS TERÜLETÉN

A folyamatfejlesztés és a minőségmenedzsment a termelés- és szolgáltatás-menedzsment két kulcsfontosságú pillére, amelyek célja a hatékonyság növelése, a költségek csökkentése, valamint a vevői igények magas színvonalú és megbízható kielégítése. A globalizált piac, a gyorsan változó kereslet és a verseny fokozódása arra kényszeríti a vállalatokat, hogy működésüket folyamatosan újragondolják, optimalizálják és kiemelt figyelmet fordítsanak a minőségre. A folyamatfejlesztés és a minőségmenedzsment összefonódik, hiszen a folyamatok javítása közvetlenül kihat a termékek és szolgáltatások minőségére, a minőség pedig csak jól szervezett és folyamatosan fejlesztett folyamatokon keresztül tartható fenn.

A folyamatfejlesztés alapvető célja, hogy az értékteremtő folyamatokat hatékonyabbá, átláthatóbbá és költségkímélőbbé tegye, miközben megszünteti vagy minimalizálja a nem értékteremtő tevékenységeket. A termelési környezetben ez magában foglalja a gyártási folyamatok racionalizálását, az anyagáramlás optimalizálását, a gépek és berendezések kihasználtságának javítását, valamint az átfutási idők csökkentését. A szolgáltatások területén a folyamatfejlesztés gyakran az ügyfélélmény javítására összpontosít:

- rövidebb várakozási idők,
- gyorsabb kiszolgálás,
- pontosabb információnyújtás,
- hibák minimalizálása.

A folyamatfejlesztés egyik legfontosabb megközelítése a folyamatszervezés, amely a szervezetet nem funkcionális egységek összességéként, hanem egymáshoz kapcsolódó és egymásra épülő folyamatok hálózataként vizsgálja. Ennek előnye, hogy segít azonosítani a szűk keresztmetszeteket, a fölösleges

tevékenységeket, valamint azokat a pontokat, ahol az ügyfél számára érték keletkezik.

A gyakorlati folyamatfejlesztési eszközök közé tartozik az értékáram-térképezés, amely lehetővé teszi a termelési és szolgáltatási folyamatok átfogó vizsgálatát, a veszteségek feltárását és a fejlesztési lehetőségek azonosítását. Az értékáram a termék vagy szolgáltatás teljes útját jelenti a nyersanyag beszerzésétől vagy az ügyféligény felmerülésétől egészen a vevőhöz történő eljuttatásig, beleértve minden értékteremtő és nem értékteremtő lépést. Az értékáram-térképezés célja, hogy vizuálisan ábrázolja ezt az utat és rávilágítson arra, hol keletkezik valódi érték az ügyfél számára, illetve hol fordulnak elő pazarlások.

A különlegessége abban rejlik, hogy nem csupán egy-egy folyamatlépést vizsgál, hanem a teljes folyamatláncot, amelyben az anyagok, információk és erőforrások áramlanak. Ezáltal a menedzsment olyan összefüggéseket is felismerhet, amelyeket egy-egy részfolyamat elemzésekor nem lehetne azonosítani. Az értékáram-térképezés hozzájárul:

- a szűk keresztmetszetek és veszteségek feltárásához,
- az átfutási idők rövidítéséhez,
- a készletek és várakozási idők csökkentéséhez,
- a folyamatok átláthatóságának növeléséhez,
- valamint a vevői értékteremtés előtérbe helyezéséhez.

A termelésben az értékáram-térképezés segít feltárni a gépek közötti fölösleges anyagmozgatást, a felesleges készleteket, az átfutási idők aránytalanságát. A szolgáltatások területén is alkalmazható, ahol a várakozási időket, a fölösleges lépéseket és a párhuzamos tevékenységeket lehet azonosítani.

Az értékáram-térképezés módszertana általában a következő fő lépésekből áll:

- 1. lépés: A vizsgált termékcsalád vagy szolgáltatás kiválasztása. Az elemzés fókuszát célszerű egy jól körülhatárolt termékcsoporthoz vagy szolgáltatási folyamatra szűkíteni, mert így átláthatóbbá válik a vizsgálat.
- 2. lépés: A jelenlegi állapot feltérképezése. A folyamat minden lépését rögzíteni kell, azaz mennyi időt vesz igénybe, mekkora készletek halmozódnak fel, milyen információáramlás történik, hol várakoznak az anyagok vagy az ügyfelek. A jelenlegi állapot térképe rávilágít a pazarlásokra (pl. a túltermelésre, a fölösleges szállításra, a hibák javítására fordított időre vagy a várakozásokra stb.).

- 3. lépés: A jövőbeni állapot megtervezése. A cél egy olyan folyamatmodell kialakítása, amelyben a veszteségek minimalizálódnak, az átfutási idők csökkennek, a vevői igényekhez való igazodás erősödik és a folyamat teljesítménye javul. Itt alkalmazhatók a különböző LEAN technikák (pl. a Kanban, Heijunka vagy SMED).
- 4. lépés: A fejlesztési terv kidolgozása és megvalósítása. A jövőbeni állapot eléréséhez szükséges intézkedéseket lépésről lépésre kell megvalósítani, folyamatos méréssel és visszacsatolással. Ez lehet kisebb Kaizen jellegű fejlesztés vagy nagyobb, átfogó folyamatátalakítás.
- Utolsó lépés a folyamatos fejlesztés és ismételt térképezés. Az értékáram-térképezés nem egyszeri tevékenység, hanem ciklikus folyamat. Az új állapot elérése után rendszeres időközönként szükség van újabb elemzésre, hogy a folyamatos fejlesztés megvalósuljon.

Az értékáram-térképezés különböző standard szimbólumokat használ az anyagáramlás, az információáramlás és a folyamatlépések ábrázolására.

A folyamatlépéseket téglalap jelöli, a készleteket háromszög, az információáramlást nyílak és ikonok, a várakozási időt szünetjelzés. Emellett gyakran készül idődiagram, amely bemutatja a teljes átfutási időt és az értékteremtő idő arányát (sok esetben kiderül, hogy a teljes idő mindössze néhány százaléka értékteremtő tevékenység, a többi veszteség).

Az értékáram-térképezés eredetileg a gyártásban terjedt el, különösen az autógyártásban, de mára széles körben alkalmazzák a szolgáltatásokban és az adminisztratív folyamatokban is. Például:

- Gyártásban: az anyagáramlás optimalizálása, a készletcsökkentés és az átfutási idő mérséklése stb.
- Egészségügyben: a betegút elemzése, a várakozási idők és párhuzamos vizsgálatok feltárása stb.
- Banki, pénzügyi szolgáltatásokban: hitelkérelmi folyamatok, biztosítási ügyintézés áramlásának javítása stb.
- Oktatásban és közigazgatásban: az adminisztratív folyamatok egyszerűsítése, a bürokrácia csökkentése stb.

A gyakorlati folyamatfejlesztési eszközök közé sorolható még a BPR (Business Process Reengineering), amely a folyamatok radikális újratervezését célozza, ha a fokozatos javítás már nem elegendő. Ezzel szemben a Kaizen a kisebb lépésekben történő folyamatos fejlesztés filozófiája, amely a munkavállalók bevonására épít.

11. A MINŐSÉG MENEDZSMENT A TERMELÉS ÉS SZOLGÁLTATÁS TERÜLETÉN

A minőségmenedzsment a szervezeti működés azon része, amely biztosítja, hogy a termékek és szolgáltatások megfeleljenek a vevői elvárásoknak, a szabályozási követelményeknek, valamint a vállalat saját belső minőségi célkitűzéseinek. A minőség a termelés- és szolgáltatásmenedzsmentben technikai kérdés, illetve stratégiai tényező is: a piaci versenyben a minőség gyakran fontosabb, mint az ár.

A minőségmenedzsment fejlődésekor több meghatározó irányzat alakult ki. A minőségellenőrzés kezdetben utólagos vizsgálatra épült: a hibás termékeket kiszűrték, de a hiba okát sokszor nem kezelték. Ezt váltotta fel a minőségbiztosítás, amely már a folyamatok megelőző szabályozására koncentrált.

A korszerű megközelítés a teljes körű minőségmenedzsment (Total Quality Management, TQM), amely a minőséget a vállalat egészének közös felelősségévé teszi, a vezetéstől az operátorokig és a folyamatos fejlesztésre, a vevői elégedettségre, valamint a munkavállalói elkötelezettségre épít.

A minőségmenedzsment gyakorlati eszközei közé tartoznak a minőségügyi szabványok és rendszerek (például az ISO 9000-es sorozat), amelyek keretet biztosítanak a folyamatok szabványosításához és ellenőrzéséhez. Szintén ide sorolhatók a statikus folyamatszabályozás módszerei, amelyek a termelési folyamatok stabilitását és előrejelezhetőségét segítik fenntartani.

Természetesen a folyamatfejlesztés és a minőségmenedzsment kapcsolata szoros egymással: a folyamatok fejlesztése javítja a minőséget, a magas színvonalú minőségmenedzsment pedig visszajelzést ad a folyamatok hibáiról és fejlesztési lehetőségeiről. A LEAN menedzsment és a Six Sigma módszertan például kifejezetten e két terület összekapcsolására épít. A LEAN elsősorban

a veszteségek csökkentésére, a hatékonyság növelésére fókuszál, míg a Six Sigma a hibák statisztikai alapú mérésére és csökkentésére, a folyamatok stabilizálására. A kettő kombinációja, a LEAN Six Sigma, integrált megközelítést kínál, amely egyszerre kezeli a költséghatékonyságot és a minőséget.

A minőségellenőrzés célja annak biztosítása, hogy a termékek és a szolgáltatások megfeleljenek a meghatározott követelményeknek és a vevői elvárásoknak. A minőségellenőrzés nem utólagos vizsgálatot jelent, hanem olyan eszköz- és módszerrendszert, amely a folyamatok állandó nyomon követésére, a hibák feltárására és lehetőség szerint megelőzésére szolgál. A korszerű megközelítésben a minőségellenőrzés szorosan összekapcsolódik a minőségbiztosítással és a folyamatfejlesztéssel, hiszen célja nem csupán a hibás teljesítmény kiszűrése, hanem a hibák előfordulásának minimalizálása is.

A minőségellenőrzés eszközei közé sorolhatók mindazon módszerek, amelyek segítik a minőség mérését, az értékelését és a szabályozását. Ezek közül több statisztikai alapokon nyugszik, de léteznek szervezési és technikai jellegű megoldások is.

- Mérőeszközök és vizsgálati technikák a minőségellenőrzés legalapvetőbb formája, amelyek lehetnek:
 - Fizikai mérések (pl. hosszúság, súly, hőmérséklet, keménység ellenőrzése).
 - Laboratóriumi vizsgálatok (pl. vegyi összetétel, anyagminőség, sterilitás ellenőrzése).
 - Működési tesztek (pl. elektronikai berendezések funkcionális vizsgálata).
 - Szolgáltatásellenőrzések (pl. próbavásárlás, ügyfél-elégedettségi felmérés).

Ezek az eszközök elsősorban azonnali visszajelzést adnak és közvetlenül hozzájárulnak a hibás termékek vagy folyamatok azonosításához.

- Statisztikai folyamatellenőrzés: A statisztikai módszerek lehetővé teszik a folyamatok stabilitásának mérését és a hibák korai felismerését. A statisztikai folyamatellenőrzés eszközei közé tartoznak:
 - A hisztogram egy statisztikai eszköz, amely grafikonon mutatja meg az adatok gyakorisági eloszlását. A termelésben és szolgáltatásmenedzsmentben segít feltárni a folyamatok ingadozását, a hibák előfordulási

gyakoriságát és az eltérések okait. Ezáltal támogatja a minőségirányítást, a döntéshozatalt és a folyamatos fejlesztést.

- A szabályozókártya időrendi sorrendben ábrázolja a folyamat teljesítményét. Segítségével megállapítható, hogy egy folyamat a szabályozási határokon belül stabilan működik-e, vagy valamilyen rendellenesség lépett fel. A kártya három fő vonalat tartalmaz: a középvértéket, valamint a felső és alsó szabályozási határt. Használata lehetővé teszi a hibák korai felismerését és a problémák gyors beavatkozással történő megelőzését.
- A Pareto-elemzés a 80/20-as szabályra épül. Lényege, hogy a problémák vagy hibák többsége (kb. 80%-a) viszonylag kevés okra (kb. 20%-ra) vezethető vissza. Az elemzéskor az okokat vagy hibacsoportokat gyakoriságuk szerint rendezzük, majd oszlopdiagramon ábrázoljuk. Az így kapott Pareto-diagram jól megmutatja, mely tényezők járulnak hozzá leginkább a problémákhoz. A módszer segít a vezetőknek és mérnököknek a legfontosabb, legnagyobb hatású problémákra koncentrálni. Ezáltal hatékonyabban lehet erőforrásokat felhasználni és gyorsabb javulás érhető el. A Pareto-elemzés különösen hasznos a selejt, meghibásodások, késések vagy ügyfélszolgálati panaszok okainak feltárásában. Egy másik előnye, hogy objektív, adatokon alapuló döntéstámogatást nyújt. A diagram általában tartalmaz egy kumulatív görbét is, amely szemlélteti, hogy az első néhány tényező lefedi az összes probléma hány százalékát. A Pareto-módszer így nemcsak a hibák okainak rangsorolására, hanem a javító intézkedések prioritásainak kijelölésére is alkalmas.
- A szórásanalízis a folyamatok ingadozását vizsgálja, azaz mennyire térnek el az egyes adatok az átlagtól. Minél kisebb a szórás, annál egyenletesebb és megbízhatóbb a folyamat, míg a nagy szórás instabilitást, hibalehetőséget jelez. A szórás segít megérteni, hogy a folyamat természetes változékonysága vagy rendellenes okok okoznak eltéréseket.
- A trendanalízis az adatok időbeli alakulását elemzi és megmutatja, hogy a teljesítmény javuló, romló vagy stabil tendenciát követ. Különösen hasznos a minőségirányításban és a termelésirányításban, mert előre jelzi a várható problémákat vagy lehetőségeket. A trendek

elemzésével időben beavatkozásokat lehet végrehajtani, mielőtt a folyamat kilépne a szabályozási határok közül. Együtt alkalmazva a szórás- és trendanalízis a folyamatos fejlesztés és a hatékonyság növelésének alapvető eszközei.

Természetesen a mintavételes alkalmazása és annak ellenőrzés is jelentős, mivel a nagy sorozatú termelésnél minden egyes darab vizsgálata gazdaságtalan. Ilyenkor mintavételes ellenőrzést alkalmaznak, amely statisztikai módszerekre támaszkodik. Ennek során a termékek egy meghatározott számú véletlenszerű mintáját vizsgálják meg és az eredmények alapján következtetnek a teljes tétel minőségére. A mintavételes ellenőrzés hatékony kompromisszum a költségek csökkentése és a minőségbiztonság között.

A minőség elemzésére a Pareto-diagram, a hisztogram, a szórásdiagram és ellenőrző lapok használata mellett a folyamatábrák és az ok-okozati diagramok is jók lehetnek. A gyökérok megtalálására leggyakrabban egy vizuális eszközt alkalmaznak, melyet Ishikawa- vagy halszállka-diagramnak (ok-okozati diagramnak) is neveznek. Nevét a megalkotójáról kapta (Kaoru Ishikawa), aki a japán minőségirányítás egyik meghatározó alakja volt még a 60-as években. Az egyetemi hallgatók számára azért fontos megismerni ezt a módszert, mert egyszerre fejleszti a problémamegoldó gondolkodást és a rendszerszemléletet, továbbá gyakran alkalmazzák a mérnöki, a menedzsment és a minőségbiztosítási gyakorlatokban.

A diagram lényege, hogy egy központi „gerincből” ágaznak le a problémát befolyásoló tényezők, mint egy halfőből kiinduló szállkák. A hal feje a vizsgált probléma vagy hatás, a gerincből balról jobbra haladva különböző fő kategóriák ágaznak le, amelyek a lehetséges okcsoportokat jelentik. Ezeket a kategóriákat klasszikusan a 6M-modell alapján csoportosítják:

- Man (ember): a dolgozók, a hallgatók, a résztvevők hozzáállása, képzettsége, tapasztalata stb.
- Machine (gép): a használt eszközök, berendezések, technológia állapota és megfelelő működése stb.
- Method (módszer): a folyamatok, szabályok, munkavégzési módok.
- Material (anyag): a felhasznált nyersanyag, információ vagy tananyag minősége és rendelkezésre állása stb.

- Measurement (mérés): az ellenőrzés, az értékelés, a visszajelzés pontossága és megbízhatósága stb.
- Environment (környezet): a külső tényezők, mint a környezeti hatások, az időjárás, a gazdasági vagy társadalmi környezet stb.

A kategóriákhoz további „szálkák” kapcsolódhatnak, amelyek az adott fő ok részleteit, aloeit mutatják (pl. az „ember” kategórián belül további ok lehet a képzetlenség, a motiváció hiánya, a kommunikációs problémák stb.) Ez a hierarchikus lebontás segít abban, hogy ne csak a felszíni tüneteket, hanem a valódi gyökérokokat is azonosítsuk.

A módszer előnye, hogy áttekinthetően rendszerezi a problémát okozó tényezőket, valamint ösztönzi a csoportos gondolkodást, hiszen a diagram gyakran közös ötletelés eredménye. Segíti a gyökérok keresést, így elkerülhető, hogy csak a tünetek kezelésére koncentráljunk. Az egyetemi környezetben az Ishikawa-diagram jól használható például egy projekt sikertelenségének okfeltárására, egy vizsgára való felkészülés nehézségeinek elemzésére, egy laboratóriumi mérés hibaforrásainak vizsgálatára stb.

Az Ishikawa-diagram elkészítése lépésről lépésre történik, melynek elkészítése egy nagyon tudatos, rendszerezett gondolkodási folyamatot vár el. Az elkészítéshez először mindig meg kell fogalmazni egy problémát (pl. „gyenge vizsgaeredmények”, „megnövekedett selejtarány a gyártásban” stb.). Ez a problémamegfogalmazás kerül a „hal fejébe”, vagyis a diagram jobb oldalára. Ez lesz az a célpont, amelyhez a különböző okok, mint szálkák, vezetnek.

A következő lépés a fő okcsoportok kijelölése. Ezek képezik a hal „bordázatát”, a fő szálkákat. A gyakorlatban többféle kategorizálási mód létezik, de az egyik legelterjedtebb a 6M-modell, amelyet már az előbb említettem (az ember, a gép, a módszer, az anyag, a mérés és a környezet). Az adott probléma jellegétől függően természetesen más kategóriák is használhatók (pl. az oktatásban a „hallgató”, „oktató”, „tananyag”, „vizsgarendszer” lehetnek a fő csoportok).

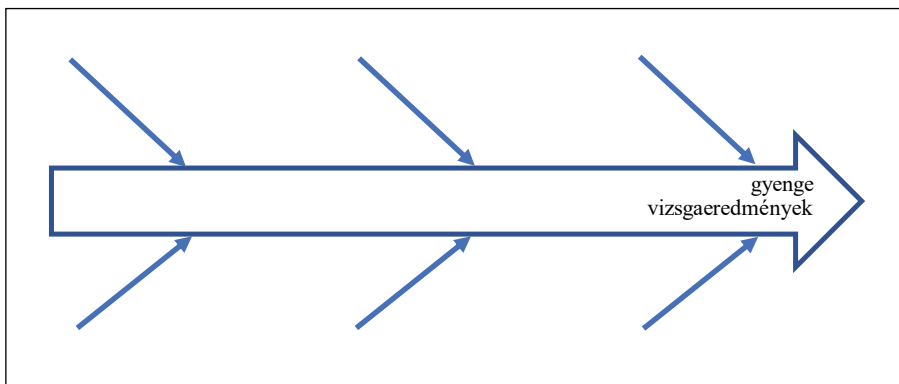
Miután a fő ágak megvannak, elkezdődik az alokok feltárása. Ez jellemzően ötletbörze (brainstorming) segítségével történik, amelyben a résztvevők (hallgatók, mérnökök, munkatársak stb.) szabadon megfogalmazzák, milyen tényezők járulhatnak hozzá a problémához. Az okokat mindig a megfelelő fő ághoz kapcsoljuk, így apró szálkák rajzolódnak ki a nagyobb szálkákból.

Például, ha a fő okcsoport az „ember”, akkor a kisebb szállkák lehetnek: „motiváció hiánya”, „tapasztalatlanság”, „figyelmetlenség”, stb. Ha a „gép” kategóriát vizsgáljuk, akkor azok lehetnek: az „elavult berendezés”, a „gyakori meghibásodás”, a „rossz karbantartás” stb.

Ez a folyamat addig folytatódik, amíg sikerül a lehető legmélyebbre ásni a lehetséges okokban. Gyakran használják ilyenkor az úgynevezett „Miért?” technikát, amely során többször rákérdezünk, hogy „Miért történik ez?”, „Miért alakulhatott így?” és minden válaszhoz újabb alokokat tudunk felrajzolni. Ez segít eljutni a gyökérokhoz, amely már valóban kezelhető megoldást adhat.

Az elkészült diagram egy átlátható, vizuális térkép lesz, amely rendszerezetten mutatja, hogy a probléma mögött milyen összetett tényezők állnak. Az ábra önmagában még nem oldja meg a problémát, de lehetőséget ad arra, hogy a csoport azonosítsa, mely okokat érdemes részletesebben vizsgálni és melyek azok, amelyeknek a megszüntetésével a legnagyobb javulást lehet elérni.

Nézzünk az Ishikawa-diagramra egy példát (39. ábra). A kezdő állapot az, hogy a problémát pontosan megfogalmazzuk: „gyenge vizsgaeredmények az egyetemen”. Ez kerül a halszállkadiagram „fejébe”.

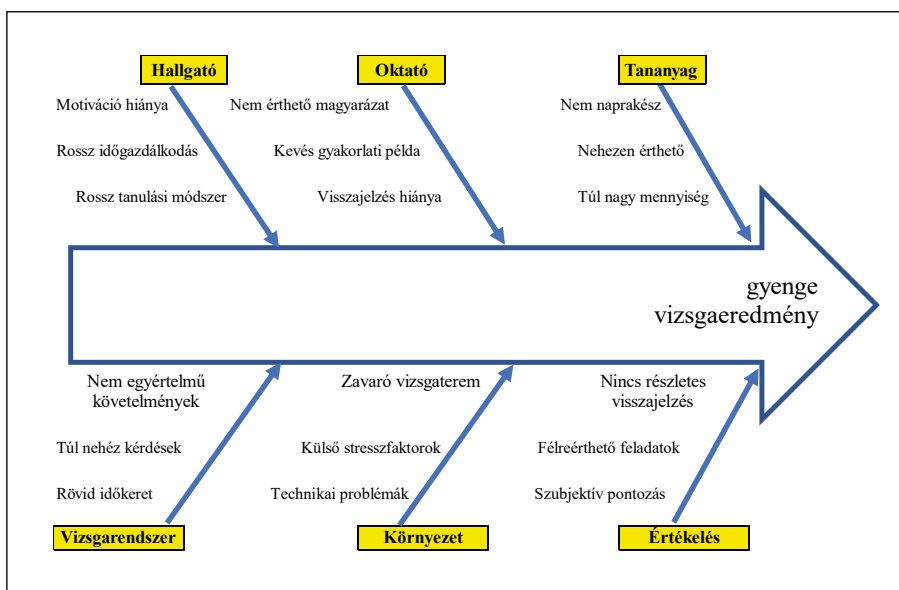


39. ábra: Az Ishikawa-diagram alapja egy konkrét példánál

Forrás: Saját szerkesztés

A következő lépésben meghatározzuk a fő okcsoportokat, amelyek a vizsgaeredményeket befolyásolhatják (40. ábra). Ekkor célszerű az oktatás sajátosságaihoz igazodó kategóriákat használni: hallgató, oktató, tananyag, vizsgarendszer, környezet és értékelés.

- **Hallgató (Man):** A hallgató teljesítménye döntő tényező. Gyenge eredményekhez vezethet a nem megfelelő tanulási módszer, amikor a hallgató csak bemagolja az anyagot, de nem érti meg az összefüggéseket. További ok lehet a motiváció hiánya, amikor a diák nem érzi fontosnak a tantárgyat, így nem fektet kellő energiát a felkészülésbe. Szintén fontos tényező a rossz időgazdálkodás, hiszen ha valaki későn kezd készülni, akkor nem tud elmélyülten felkészülni a vizsgára.
- **Oktató (Man):** Az oktató szerepe sem elhanyagolható. Gyenge vizsgaeredményt okozhat, ha a magyarázat nem elég érthető, vagy túlságosan bonyolult formában hangzik el az anyag. Emellett probléma lehet, ha az oktató kevés gyakorlati példát mutat be, így a hallgatók nem tudják alkalmazni az elméletet. Harmadik tényező a visszajelzés hiánya, amikor a hallgatók nem kapnak időben útmutatást arról, hogy jó irányban tanulnak-e, vagy javítani kellene valamin.
- **Tananyag (Material):** A vizsgaeredmények függenek a tananyag minőségétől is. Az egyik ok lehet, hogy a tananyag túl nagy mennyiségű, amit a hallgatóknak nehéz rövid idő alatt feldolgozni. Emellett előfordulhat, hogy a tananyag nehezen érthető, tele van absztrakt fogalmakkal és kevés magyarázattal. Harmadik tényező lehet, hogy a tananyag nem naprakész, így a hallgatók nem látják a valós kapcsolódását a gyakorlathoz.
- **Vizsgarendszer (Method):** Maga a vizsgáztatás módja is hozzájárulhat a gyenge eredményekhez. A túl rövid időkeret miatt a hallgatók nem tudják bemutatni teljes tudásukat. Gyakran előfordul, hogy a túlzottan nehéz kérdések dominálnak a számonkérésen, amelyek a legjobban felkészült diákokat is megterhelik. Emellett az is probléma lehet, ha a vizsgakövetelmények nem egyértelműek, vagy nem az órán tanult anyagot kérik számon.
- **Környezet (Environment):** A körülmények is befolyásolják a teljesítményt. Egy gyakori probléma a zavaró vizsgakörnyezet (zajos terem, kényelmetlen ülés, zajos csoporttársak stb.). Ide lehet sorolni a külső stresszfaktorokat is, mint a munkahelyi vagy családi problémák, melyek ugyanúgy ronthatják a hallgató koncentrációját, valamint a technikai nehézségek (pl. online vizsgáknál gyenge internetkapcsolat, működés-képtelen eszközök stb.).



40. ábra: Az Ishikawa-diagram elkészített ábrája egy konkrét példánál

Forrás: Saját szerkesztés

- **Értékelés (Measurement):** Az értékelési rendszer is okozhat problémát. Ha a pontozás szubjektív, akkor a hallgatók igazságtalannak érzik az eredményt. Gyenge vizsgaeredményhez vezethet, ha a tesztfeladatok félreérthetőek, nem egyértelmű a megfogalmazás, nincs részletes visszajelzés az értékelés után stb.

A minőségellenőrzéshez gyakran kapcsolódik a vizuális menedzsment és az auditálás:

- Check-listák és ellenőrző lapok, amelyek a folyamatok következetes végrehajtását biztosítják.
- Vizuális menedzsment eszközök (pl. színcódok, címkék, Kanban-kártyák stb.), amelyek azonnali visszajelzést nyújtanak a folyamat állapotáról.
- Belső auditok, amelyek a folyamatok megfelelőségét vizsgálják a szabványoknak, szabályzatoknak és előírásoknak.

A szolgáltatások esetében a minőségellenőrzés eszközei gyakran az ügyfél-élmény mérésére és értékelésére irányulnak:

- SERVQUAL modell, amely öt dimenzió (megbízhatóság, érzékelhetőség, empátia, reagálókészség, biztonság) mentén vizsgálja az ügyfél-elégedettséget.
- Ügyfél-elégedettségi kérdőívek, visszajelzések.
- Próbavásárlások és rejtett ügyféltesztek: Ezek kifejezetten a szolgáltatás minőségének szubjektív, de a fogyasztó számára kritikus elemeit ragadják meg.

Fontos elfogadnunk azonban azt a tényt, hogy a minőségellenőrzés eszközei nem elszigetelten, hanem integrált rendszerben fejtik ki hatásukat:

- visszajelzést ad a folyamatfejlesztéshez,
- csökkenti a hibák számát és költségeit,
- hozzájárul a vevői elégedettség növeléséhez,
- támogatja a minőségbiztosítási rendszerek működését (pl. ISO 9001).

A korszerű gyakorlatban a minőségellenőrzés már nem csupán a hibás termékek kiszűrését jelenti, hanem megelőző eszközként szolgál a folyamatok stabilitásának és fejlesztésének biztosítására.

12. A TERMELÉS- ÉS SZOLGÁLTATÁSTERVEZÉS

A termelés- és szolgáltatástervezés a vállalati működés egyik legösszetettebb és legfontosabb területe, amelynek alapvető célja a kereslet és a kínálat összehangolása oly módon, hogy a vevői igények pontosan, időben és megfelelő költség szinten kielégíthetők legyenek. A tervezés lényege, hogy a rendelkezésre álló erőforrásokat optimálisan osszuk be, miközben figyelembe vesszük a piaci bizonytalanságokat, a technológiai korlátokat, valamint a szolgáltatási szintekre vonatkozó elvárásokat. Míg a termelésnél a hangsúly gyakran a fizikai termékek előállításán, a készletek kezelésén és a gyártási folyamatok ütemezésén van, addig a szolgáltatások tervezésében sokkal inkább az emberi kapacitás, az ügyféláramlás és a várakozási idők optimalizálása kerül előtérbe.

A tervezési folyamat hierarchikus szerkezetű és különböző időhorizontokon zajlik. Stratégiai szinten hosszú távú döntéseket kell hozni a termelési és szolgáltatási struktúra kialakításáról: ide tartozik a telephelyek elhelyezése, a gyártó- és szolgáltatókapacitások nagysága, a technológiai bázis meghatározása, valamint az a döntés, hogy a vállalat milyen kiszolgálási modellt alkalmaz (pl. készletre gyártást, rendelésre gyártást vagy egyedi mérnöki megoldásokat stb.). Szolgáltatásoknál ugyanez jelentheti például azt, hogy a működés előjegyzéses, vagy hogy a front office és a back office tevékenységeit milyen módon különítik el.

Taktikai szinten a középtávú összehangolás a legfontosabb. Ezt a legtöbb vállalat az úgynevezett S&OP (Sales and Operations Planning) vagy fejlettebb formájában az IBP (Integrated Business Planning) folyamat keretében valósítja meg. A cél, hogy a várható kereslet és a rendelkezésre álló kapacitás összhangba kerüljön és kialakuljon egy mestertermelési terv (Master Production Schedule, MPS), amely iránymutatást ad a készletek szintjére, a munkaerő-beosztásra

és a beszállítói rendelésállományra vonatkozóan. Szolgáltatásoknál ez a szint felel a kapacitás-kalendáriumok kialakításáért (pl. egy kórházban a rendelési idők, műtési sávok és vizsgálati kapacitások meghatározásáért, míg egy ügyfélszolgálati központban a műszaktervezésért stb.).

Az operatív szinten a rövid távú, a napi-heti tervezés és az ütemezés dominál. A termelésben ez azt jelenti, hogy az anyagszükséglet-tervezés (MRP) és az elosztási szükséglet-tervezés (DRP) alapján pontos rendeléseket adnak ki a gyártásnak és a beszerzésnek, miközben a műhelyszintű ütemezés gondoskodik arról, hogy a gépek és munkaállomások kihasználtsága optimális legyen. Szolgáltatásoknál az operatív tervezés alatt az előjegyzések kezelése, az ügyfélérkezések triázsa, valamint a valós idejű sorbanállás- és kapacitás-menedzsment értendő. Ebben a fázisban kapnak szerepet a LEAN módszerek (pl. a Kanban rendszer stb.).

A tervezés egyik kulcsfontosságú eleme a kereslet előrejelzése. A pontos előrejelzés nemcsak a termelésben, hanem a szolgáltatásokban is kritikus, hiszen ez határozza meg, hogy milyen szinten kell kapacitást fenntartani. Ezen előrejelző módszerekkel már a korábbi fejezetekben foglalkoztam (idősoros modellek, regresszió, szezonális dekompozíció, szakértői becslések, ügyféligény-felmérések, stb.).

A pontosságot különböző mutatókkal (pl. MAPE, bias stb.) mérik és a kereslet alakulását gyakran tudatosan is befolyásolják promóciók vagy árazási döntések révén. A szolgáltatásoknál nemcsak a volumen, hanem az érkezési mintázatok (pl. ügyféláramlás csúcsidőszakokban stb.) előrejelzése is létfontosságú.

A kapacitás- és erőforrás-tervezésnél biztosítani kell, hogy rendelkezésre álljon a szükséges termelési vagy szolgáltatási kapacitás. Középtávon az aggregált tervezésnél döntenek arról, hogy milyen mértékben használnak túlórárt, alvállalkozást vagy készletpuffert, míg a részletesebb szintű kapacitás-tervezés (CRP, Capacity Requirements Planning) konkrét munkaállomásokra bontva mutatja meg a terhelést. Szolgáltatásokban mindez leginkább munkaidő-beosztást és időablak-kapacitást jelent, amelynek pontossága közvetlenül hat a várakozási időkre és az ügyfél-elégedettségre.

Mivel a középtávú tervezések az egyik legjelentősebbek a vállalatok esetében, így nézzük részletesen mit is jelent az aggregált tervezés. Ez a vállalati termelés-tervezés egyik kulcsfontosságú szintje, amelynek célja a középtávú

időhorizonton (általában 6–18 hónapra előre) a kereslet és a kínálat összehangolása. Mivel ebben az időtávban a részletes gyártási program vagy az anyagszükséglet-tervezés (MRP) még túl részletes lenne, az aggregált tervezés nem egyedi termékek szintjén dolgozik, hanem termékcsaládokra vagy standard egységekre épít. Ezért is nevezzük „aggregálnak”, mivel a problémákat összevonva, egyszerűsítve vizsgálja. A vállalatok számára az aggregált tervezés kiemelten fontos, mert ezen keresztül biztosítható, hogy a rendelkezésre álló erőforrások és a piaci igények összhangban legyenek, miközben a teljes költség minimális szinten marad és a szolgáltatási szint elérje az elvárt szintet. Az aggregált tervezés helye jól körülhatárolható a vállalati tervezési hierarchiában. Legfelül az üzleti terv áll, amely a stratégiai célokat és a fő pénzügyi kereteket határozza meg. Ehhez kapcsolódik az aggregált terv, ahol hónapokra vagy negyedévekre lebontva tartalmazza, hogy mekkora lesz a termelési ráta, hogyan alakul a munkaerőlétszám, mennyi készletet kell tartani, illetve mennyire lesz szükség alvállalkozásra. Ez a terv képezi az alapját a részletesebb Master Production Schedule-nek (továbbiakban MPS), amely már konkrét termékekre vonatkozó ütemtervet ad, majd az anyagszükséglet-tervezésnek (MRP).

A tervezés során a döntéshozók különböző részekkel szabályozhatják a kapacitást és a keresletet. A kínálati oldalon a munkaerőlétszám változtatása, új dolgozók felvétele, elbocsátás vagy részmunkaidős foglalkoztatás, a túlóra vagy a műszakszám módosítása, az alvállalkozás igénybevétele, a készletezés stb. A keresleti oldalon eszközként alkalmazható az árak változtatása, a promóciók szervezése, a kereslet átütemezése, illetve a rendelésállomány kezelésének módosítása stb.

Az aggregált tervezésnek három alapvető stratégiája különböztethető meg.

- Az első a szinttartó stratégia, amelyben a vállalat állandó termelési rátát és munkaerőlétszámot tart fenn és a kereslet ingadozásait készletképzéssel, illetve készletleépítéssel simítja ki. Ennek előnye a stabilitás és az alacsony fluktuáció, hátránya viszont a magas készlettartási költség.
- A második a keresletkövető stratégia, amelyben a termelési ráta és a munkaerőlétszám mindig igazodik a kereslethez. Ez minimalizálja a készletezési költségeket, viszont a gyakori létszámváltoztatás és a túlóráztatás magas költségeket és szervezeti problémákat okozhat.

A harmadik a hibrid stratégia, amely a két alapvető megközelítés elemeit ötvözi (pl. mérsékelt készletképzéssel és időszakos túlórával próbál egyensúlyt teremteni a költségek és a rugalmasság között).

A költségek elemzése központi szerepet kap az aggregált tervezésben. Figyelembe kell venni a munkaerőhöz kapcsolódó költségeket (alapbér, túlóra, felvétel és elbocsátás költsége), a készlettartás költségeit (raktározás, tőkelekötés, elavulás), a készlethiányhoz kapcsolódó költségeket (elveszett eladás stb.), valamint bizonyos esetekben a váltási költségeket is. A vállalatok az összköltség minimalizálására törekednek úgy, hogy közben biztosítsák a kereslet kielégítését és a megfelelő szolgáltatási szintet.

A tervezéshez többféle módszer is rendelkezésre áll. Az egyszerűbb grafikus módszerek kumulált keresleti és termelési görbékkel szemléltetik a kapacitás és a kereslet eltérését és oktatási célokra kiválóak. Gyakorlati alkalmazásban legtöbbször lineáris programozási modelleket használnak, ahol a döntési változók a termelési ráta, a túlóra, az alvállalkozás, a készlet, a munkaerő-létszám stb. A modell célfüggvénye a költségek minimalizálása, a korlátok pedig biztosítják a kapacitás, a készlet-egyenleg és a munkaerő-egyenleg helyességét. Szolgáltató szervezeteknél, ahol a készlet nem értelmezhető a hangsúly a munkaerő-beosztás, a műszaktervezés és a kereslet befolyásolásának lehetőségeire helyeződik.

A középtávú tervezés mellett a vállalatoknál sok esetben lehet találkozni a rövid és hosszú távú tervezéssel is. A rövid távú tervezés a működés azonnali állapotát érinti, azaz azon döntések és szabályok összessége, amelyek a napi-heti időtávon határozzák meg, hogy mikor, milyen sorrendben és ki végzi el a konkrét munkát, hogyan osztjuk be a rövid távú kapacitást és miként reagálunk a felmerülő zavarokra. Mivel rövid távon a véges erőforrások és a valós idejű események dominálnak, a rövid távú tervezés feladata egyszerre optimalizálás és kontroll (minimalizálni kell a várakozási időt és a késéseket, növelni a teljesítményt és a kiszámíthatóságot, ugyanakkor meg kell őrizni a rugalmasságot a zavarok kezelésére).

A rövid távú tervezésnek több jól elkülöníthető típusa van, amelyek egymással szoros kapcsolatban állnak: ütemezés, sorrendfelállítás, diszpécsering/kiadási szabályok, kapacitásallokáció és rövid távú erőforrás-kezelés, munkaerő- és műszaktervezés, karbantartási ütemezés, anyag- és készlet-utánrendelés

rövid távon, valamint logisztikai/elosztási diszpécsering. Ezek mindegyike más-más döntési modellre és algoritmusra támaszkodik, ugyanakkor közös céljuk az átfutási idő csökkentése, a késések minimalizálása és a szolgáltatási szint biztosítása.

Az üzemi ütemezés az egyik legklasszikusabb rövid távú feladat, ahol adott munkadarabok, rendelések sorbarendezeése és gép-/munkaállomáshozzárendelése történik. Itt fontos megkülönböztetni a véges kapacitású és a végtelen kapacitású megközelítést. Az ütemezés célfüggvénye lehet a teljes befejezési idő minimalizálása, a késési idő vagy átlagos átfutási idő csökkentése, a késedelmes megrendelések száma vagy a gépkihasznátság egyensúlya.

Korábban említettem már a Johnson-szabályt is, amit ugyanúgy itt is meg lehet említeni. A termelésütemezés egyik klasszikus és széles körben alkalmazott módszere, amit két egymás után elrendezett gépen történő megmunkálásnál használnak. A Johnson-szabály egy olyan egyszerű, de hatékony algoritmus, amely képes meghatározni az optimális sorrendet két gépnél. A Johnson-szabályt már korábban példában is áttekintettük, de mivel további mutatószámokat is célszerű számolni a kapott eredményekből, így nézzünk egy teljes példalevezetést. Tegyük fel, hogy négy munkadarabunk van (A, B, C, D) és a gépidők a következők (percben) (128. táblázat):

128. táblázat: A Johnson-algoritmus alaptáblázata

Munkadarab	Gép 1 (t_1 , perc)	Gép 2 (t_2 , perc)
A	5	9
B	8	3
C	4	7
D	6	5

Forrás: Saját szerkesztés

Megkeressük a legkisebb időt a táblázatban: 3 perc (B munkadarab, második gép). Tehát B kerül a sorrend végére az új táblázatban (129. táblázat):

129. táblázat: A Johnson-algoritmus 1. lépése a mintapéldában

Munkadarab	Gép 1 (t1, perc)	Gép 2 (t2, perc)
B	8	3

Forrás: Saját szerkesztés

Marad az A (5, 9), a C (4, 7) és a D (6, 5). Ezen 3 munkadarab esetében a legkisebb idő: 4 (C első gép), tehát a C kerül a sorrend elejére az új táblázatban (130. táblázat):

130. táblázat: A Johnson-algoritmus 2. lépése a mintapéldában

Munkadarab	Gép 1 (t1, perc)	Gép 2 (t2, perc)
C	4	7
B	8	3

Forrás: Saját szerkesztés

Marad az A (5, 9) és a D (6, 5). A kettő munkadarab közül a legkisebb idő az 5 perc. Mivel mindkettőben van 5 perces érték (A első gép vagy D második gép), így mivel első gépen is van 5 perc, ezért A megy a következő helyre az elejére és a D (6, 5) pedig automatikusan a középre kerül (131. táblázat).

131. táblázat: A Johnson algoritmus 3. lépése a mintapéldában

Munkadarab	Gép 1 (t1, perc)	Gép 2 (t2, perc)
C	4	7
A	5	9
D	6	5
B	8	3

Forrás: Saját szerkesztés

Eredményssorrend: C – A – D – B. Ha ezt a sorrendet alkalmazzuk, az átfutási idő minimalizálódik, a második gép várakozási ideje csökken és kevesebb lesz a holtidő. A megoldás azért tekinthető optimálisnak, mivel a Johnson-szabály alapelve, hogyha egy munkadarab nagyon gyorsan feldolgozható az első gépen, akkor célszerű előrevenni, hogy minél hamarabb „felszabadítsa” a második gépet a további munkákhoz. Ha viszont egy munkadarab rövid időt tölt a második gépen, érdemes a sorrend végére tenni, hogy ne akadályozza a többi munkadarab áthaladását. Ez az egyszerű logika biztosítja, hogy az erőforrások kihasználtsága magas, a várakozási idő pedig alacsony legyen.

Az áttekinthetőség érdekében célszerű GANTT-diagrammot is készíteni. A G1-en a munkák sorban, egymás után kezdődnek 0-tól:

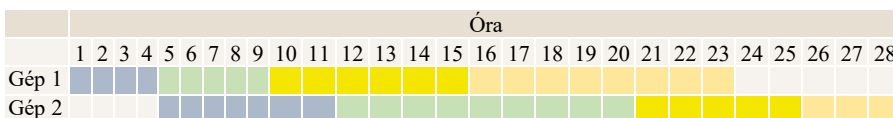
C: G1 kezdés = 0 perc	G1 vége = 4 perc (0 + 4)
A: G1 kezdés = 4 perc	G1 vége = 9 perc (4 + 5)
D: G1 kezdés = 9 perc	G1 vége = 15 perc (9 + 6)
B: G1 kezdés = 15 perc	G1 vége = 23 perc (15 + 8)

A G2 csak akkor kezdheti egy munkadarab feldolgozását, ha az adott darab befejezte a G1-et és G2 szabad (az előző munka G2-n befejeződött). Tehát:

C: G2 start = $\max(\text{G1_vége_C}=4, \text{G2_szabad}=0) = 4 \rightarrow \text{G2 vége} = 4 + 7 = 11$ perc
A: G2 start = $\max(\text{G1_vége_A}=9, \text{G2_szabad}=11) = 11 \rightarrow \text{G2 vége} = 11 + 9 = 20$ perc
D: G2 start = $\max(\text{G1_vége_D}=15, \text{G2_szabad}=20) = 20 \rightarrow \text{G2 vége} = 20 + 5 = 25$ perc
B: G2 start = $\max(\text{G1_vége_B}=23, \text{G2_szabad}=25) = 25 \rightarrow \text{G2 vége} = 25 + 3 = 28$ perc

A teljes ütem-idő (amikor az utolsó darab befejeződik) a végső G2 befejezési idő: 28 perc (132. táblázat, 133. táblázat).

132. táblázat: A Gantt-diagram a mintapéldára



Forrás: Saját szerkesztés

133. táblázat: A Gantt-diagram csoportnevekkel való feltöltése a mintapéldára

	Óra																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Gép 1	C				A					D					B													
Gép 2					C						A										D				B			

Forrás: Saját szerkesztés

Minden munkadarabnak két feldolgozási ideje van (t_1 , t_2). A munkadarab teljes átfutási ideje a rendszerbe lépéstől a G2 befejezéséig eltelt idő (itt feltételezzük, hogy minden darab azonnal rendelkezésre áll, $t = 0$ -tól).

Részletek (kezdés/vége időpontok és várakozások):

- C

G1 kezdés: 0 perc → G1 vége: 4 perc

G2 kezdés: 4 perc → G2 vége: 11 perc

Várakozás előtt G1: 0 perc (azonnal kezdett)

Várakozás G1 → G2: 0 perc

Teljes átfutás = 11 perc

- A

G1 kezdés: 4 perc → G1 vége: 9 perc

G2 kezdés: 11 perc → G2 vége: 20 perc

Várakozás előtt G1: 4 perc (a G2 gépen 4 időegységig nem történt semmi sem)

Várakozás G1 → G2: 11 perc – 9 perc = 2 perc

Összes várakozás = 4 perc + 2 perc = 6 perc

Teljes átfutás = 20 perc

- D

G1 kezdés: 9 perc → G1 vége: 15

G2 kezdés: 20 perc → G2 vége: 25

Várakozás előtt G1: 9 perc

Várakozás G1 → G2: 20 perc – 15 perc = 5 perc

Összes várakozás = 9 perc + 5 perc = 14 perc

Teljes átfutás = 25 perc

- B

G1 kezdés: 15 perc $\rightarrow$ G1 vége: 23 perc

G2 kezdés: 25 perc $\rightarrow$ G2 vége: 28 perc

Várakozás előtt G1: 15 perc

Várakozás G1 $\rightarrow$ G2: 25 perc - 23 = 2 perc

Összes várakozás = 15 perc + 2 perc = 17 perc

Teljes átfutás = 28 perc

Természetesen néhány KPI-mutató is képezhető:

- $C_{\max}$: Az összes munka befejezéséhez szükséges teljes idő: 28 perc.
- Teljes feldolgozási idő gépenként:
 - G1 összes feldolgozási idő = 4 perc + 5 perc + 6 perc + 8 perc = 23 perc
 - G2 összes feldolgozási idő = 7 perc + 9 perc + 5 perc + 3 perc = 24 perc
- Gépek inaktív/időszakos ideje teljes időben (idle idő):

G1: a gép folyamatosan dolgozik 0–23 perc között $\rightarrow$ foglalt 23 perc; a teljes idő 28 percig tart, tehát G1 idle = 28 perc - 23 perc = 5 perc (ez az az idő, amikor G1 már befejezte utolsó munkáját, de a rendszer még nem zárult le, vagyis G1 nem volt kihasználva a teljes ütemidő végéig).

G2: az első munka G2-n csak 4 perc kor kezdődik, tehát G2 idle elején = 4 perc; a munkák között nincs szünet, így összes idle = 4 perc

Összes gépidő (foglalt + idle) = $2 \times \text{makespan} = 56$ perc (két gép 28 perc ideig)
- Gépek kihasználtsága:

Használat = foglalt idő / teljes munkaidő

G1-kihasználtság = $23 / 28 \approx 82,14\%$

G2-kihasználtság = $24 / 28 \approx 85,71\%$

Átlagos gép-kihasználtság = $(23 \text{ perc} + 24 \text{ perc}) / (2 \times 28) = 47 / 56 \approx 83,93\%$ (a kihasználtság mutatja, mennyire „foglalják” a gépek a rendelkezésre álló időt. 100% közelében a gépek túlterheltek lehetnek, alacsony kihasználtság pedig pazarlásra utal).
- Átlagos átfutási idő egy munkadarabra

Egyedi átlagos átfutási idő: C=11 perc, A=20 perc, D=25 perc, B=28 perc

Átlagos átfutási idő = $(11 \text{ perc} + 20 \text{ perc} + 25 \text{ perc} + 28 \text{ perc}) / 4 = 84 / 4 = 21$ perc (átlagosan 21 perc telik el, amíg egy darab belép a rendszerbe ($t=0$) és kijön. Minél kisebb, annál jobb az ügyfél/vevő szemszögéből).

- Átlagos várakozási idő per darab
Az összes várakozás (minden darab előtti sorban állás + $G1 \rightarrow G2$ várakozások) = 0 perc + 6 perc + 14 perc + 17 perc = 37 perc. Az átlagos várakozás = $37 / 4 = 9,25$ perc.
- Teljesített munka (összes feldolgozási munka) és hatékonyság:
Összes feldolgozási idő (összes gépen): 47 perc (23 + 24)
Összes rendelkezésre álló idő = 2 gép $\times$ makespan 28 = 56 perc
Általános hatékonyság = $47 / 56 \approx 83,93\%$ (megegyezik az átlagos kihasználtsággal)

A példa megoldásából is jól látszik, hogy a Johnson-szabály kétszeres gépsorra módszernél a sorrendfelállítás külön munkafázist jelent. Legfontosabb kérdés minden esetben az, hogyha egy gépre egyszerre több munka vár, milyen sorrendben végezzük őket el? Ennek szabályai döntően befolyásolják a várakozási időt és a határidők betarthatóságát.

A másik módszer a rövid távú kapacitástervezés és erőforrás-allokáció a napi műszakterv és az extra kapacitások (túlóra, szerződéses munka, gyorsított műveletek) kihasználására. Ennek gyakori eszköze a CRP (Capacity Requirements Planning). A rövid távú kapacitástervezésnél kulcs a gyors rendelkezésre álló információ (gépparancsok, állapot, kiesések), mert sokszor a válaszlépések (gyors beszállítás, átcsoportosítás) döntik el a teljesítményt:

- A szolgáltatás-specifikus rövid távú tervezés (például orvosi műtőlista, rendelési időpontok, tanácsadás stb.) az időablakok és az ügyféláramlás optimalizálására fókuszál. Az orvosi műtőket például gondosan kell ütemezni a műtétek becsült ideje, az ágynemű-kapacitás és a sürgősségi beavatkozások figyelembevételével; a rövid távú változásokra (sürgős eset érkezik) való reagálás a szolgáltatás szintjének megőrzése érdekében külön protokollt igényel.
- A karbantartási ütemezés rövid távon úgy szól, hogy mikor hajtjuk végre a tervezett karbantartást, mikor engedhető be a gép a gyártásba és hogyan kezeljük az előre nem látható meghibásodásokat. A rövid távú karbantartási tervezés szerepe a megbízhatóság fenntartása és a kiesések miatti veszteség minimalizálása.

- A logisztika területén is vannak rövid távú tervezések ezen a szinten (a járművek, a sofőrök és a raktárkapacitás napi elosztása, útvonal-ütemezés, rakomány-kombinálás, last-mile prioritások stb.). Ebben a területben a valós idejű információk (forgalmi helyzet, késések, visszamondások) beépítése és a dinamikus újratervezés kulcsfontosságú.

A CRP a rövid távú termelés- és szolgáltatásmenedzsment egyik alapvető eszköze, amelynek célja, hogy az anyagszükséglet-tervezés (MRP) által meghatározott gyártási és szolgáltatási igényeket összevesse a rendelkezésre álló erőforrásokkal, különösen a termelési kapacitással. Míg az MRP meghatározza, hogy mikor és milyen mennyiségben szükséges egy adott alapanyag vagy félkész termék, addig a CRP azt vizsgálja, hogy ezeknek az igényeknek a teljesítéséhez ténylegesen elegendő munkaerő, gépidő és egyéb kapacitás áll-e rendelkezésre. Így a CRP hidat képez az anyagellátás és a tényleges gyártási-szolgáltatási végrehajtás között.

A rövid távú tervezési szempontból a CRP fő jelentősége abban rejlik, hogy operatív szinten képes egyensúlyt teremteni a kapacitás és az igények között. A gyártásban ez jellemzően azt jelenti, hogy a munkaközpontok terhelését (például esztergagépek, hegesztőállomások, szerelőállomások) összevetik a rendelkezésre álló gépi és emberi erőforrással. Szolgáltatások esetében a CRP ugyancsak fontos, hiszen egy ügyfélszolgálati központ, kórház, logisztikai raktár vagy szállodai front office esetében is szükséges megvizsgálni, hogy a várható keresletet (például hívások száma, betegellátási igény, áruforgalom) képesek-e az erőforrások a megfelelő időben és színvonalon kielégíteni.

A CRP folyamata lépései a következők:

- Először az MRP eredményeiből kiindulva meghatározzák a gyártási vagy szolgáltatási feladatokat és azok ütemezését.
- Ezután kiszámítják az egyes feladatokhoz szükséges kapacitást, például munkaórán vagy gépórán.
- A számított igényeket munkaközpontokra bontva hasonlítják össze a rendelkezésre álló kapacitással. Ha eltérés mutatkozik, akkor be kell avatkozni, vagyis kapacitáskiegyenlítést kell végezni. Ez történhet terhelés kiegyenlítéssel (például feladatok átcsoportosítása más gépekre

vagy munkatársakra), túlórák bevezetésével, alvállalkozók bevonásával, esetleg a megrendelések átemelésével más időszakokra.

A CRP egyik kulcskérdése a pontos adatok rendelkezésre állása, hiszen a rövid távú tervezés sokszor nagyon érzékeny az eltérésekre. Ha például egy gép meghibásodik, vagy a munkaerő hirtelen kiesik, az teljesen felboríthatja a kapacitásterveket. Ugyanez igaz a szolgáltatásokra is, mivel egy váratlanul megnövekvő ügyféligény (például ünnepek idején megnövekedő csomagszállítási mennyiség a logisztikában) komoly kihívást jelenthet a CRP számára.

A CRP rövid távú tervezési szerepe abban áll, hogy lehetővé teszi a vezetők számára, hogy a termelési és szolgáltatási erőforrásokat optimálisan osszák be, reagáljanak a kereslet ingadozására és időben meghozzák azokat a döntéseket, amelyekkel elkerülhetők a kapacitáshiányból adódó késések vagy költséges túlkapacitás-fenntartás. A gyakorlatban a CRP nemcsak a határidők betartását segíti, hanem a kiszolgálási színvonal növeléséhez, a költségek optimalizálásához és a vevői elégedettség biztosításához is hozzájárul.

13. TELEPHELYVÁLASZTÁS AZ ELLÁTÁSI LÁNC-MENEDZSMENTBEN

A jegyzet utolsó fejezetében a telephelyválasztás problematikáját dolgoztam fel, mivel egy hatékonyan működő termelés alapfeltétele, hogy megfelelő helyen működjön a vállalkozás, a gyár, a szerelőműhely. A telephelyválasztás egy stratégiai döntés az ellátási láncban, mivel meghatározható ezzel egy gyár, egy raktár, egy elosztóközpont, egy kiskereskedelmi egység vagy szolgáltatási pont földrajzi elhelyezkedése. A döntés hatással van a költségekre, a kiszolgálási szintre, a rugalmasságra és a kockázatkezelésre.

Ahhoz, hogy egy telephelyválasztás gyakorlati tervezését meg tudjuk érteni, tisztában kell lenni néhány fogalommal is:

- Telephely: egy konkrét földrajzi pont, ahol létesítmény (pl. gyár, raktár) működik.
- Telephelyválasztás: a potenciális helyek közötti kiválasztási folyamat, amely több szempontot egyszerre mérlegel.
- „Location” és „Allocation”: a „location” a létesítmények elhelyezése, míg az „allocation” a vevők/szállítmányok hozzárendelése adott létesítményekhez.
- Stratégiai vagy taktikai vagy operatív szint: stratégiai (évek, beruházás, több millió €), taktikai (kapacitásstervezés, szezonális raktárak), operatív (napi vagy heti telephelyhasználat).

A megfelelő telephely kiválasztásával cél a költségminimalizálás (szállítás, bérleti díj, munkaerő), a szolgáltatási szint maximalizálása (átlagos kiszolgálási idő, lefedettség), a fenntarthatóság (CO₂), illetve a kockázatcsökkentés.

A gyakorlati életben a telephelyválasztást a következő kritériumok befolyásolhatják:

- Szállítási költségek, közlekedési hálózat (autópálya, vasút, kikötő, repülőtér).
- Vevőkhöz való távolság és elérhetőség (szállítási idő, késedelmi költségek).

- Alapanyag-beszállítók közelsége, beszállítási pontosság és költség.
- Munkaerő elérhetősége, képzettség, bérszínvonal.
- Telek- és épületköltségek, adók, támogatások, zónázás, engedélyek.
- Energiaellátás megbízhatósága és ára; infrastruktúra (víz, csatorna, IT).
- Bővíthetőség és rugalmasság jövőbeli igényekre.
- Kockázatok: természeti kockázat, politikai/regulációs kockázat, beszállítói koncentráció.
- Fenntarthatóság: szénlábnyom, helyi környezetvédelmi követelmények.
- Társadalmi elfogadottság, munkaügyi kockázatok.

A gyakorlatban ezeket sokszor többkritériumos döntésként kezelik, melyek figyelembevétele a tervezők, felelősök feladata.

A szakirodalomban nagyon sok klasszikus és modern telephelyelmélettel találkozhatunk. Az első számunkra is fontos modell a WEBER-féle elképzelés, mely Alfred Weber (német közgazdász) nevéhez fűződik. Véleménye szerint a telephely meghatározását / gyártási hely kiválasztását három fő költségforrás (szállítás, munka, agglomerációs előnyök) összevetésével kell megvalósítani. A közgazdász 1909-ben dolgozta ki a telephelyválasztás egyik első, tudományosan megalapozott elméletét, amelyet „least cost theory”-nak nevezünk. A modell lényege, hogy a gyártóüzem optimális helyét ott kell kijelölni, ahol a teljes költség (elsősorban a szállítási és a munkaerőköltségek) a legalacsonyabb. Weber abból indult ki, hogy a szállítási költségek arányosak a szállított anyag tömegével és a megtett távolsággal, ezért a telephely helyzete nagyban függ attól, hogy a termelés során a nyersanyagokhoz képest nő vagy csökken a késztermék súlya. Ennek mérésére bevezette az anyagindexet, amely a felhasznált alapanyag tömegét veti össze a késztermék tömegével. Ha az index nagyobb mint 1, az üzem inkább a nyersanyagforráshoz közel helyezkedik el, ha kisebb mint 1, akkor a fogyasztóhoz közelebb érdemes telepíteni. Ha az index egyenlő 1-gyel, akkor az optimális hely a kettő között található. A modell kiegészült azzal is, hogy a munkaerőköltségek régióként eltérőek lehetnek, így ha valahol olcsóbb vagy megfelelőbb munkaerő érhető el, akkor a telephelyet érdemes lehet odavinni még akkor is, ha ez növeli a szállítási költséget. Weber szintén felismerte az agglomerációs előnyöket, vagyis azt, hogy ha több vállalat egymás közelében települ, akkor közösen profitálhatnak az infrastruktúrából, a szakosodott munkaerőből és a beszáll-

lítói kapcsolatokból. Ugyanakkor túlzott koncentrációnál deglomerációs hátrányok léphetnek fel (pl. magasabb bérszint, torlódás vagy környezeti terhelés stb.).

A második fontos modellnek a LÖSCH térgazdasági elmélet tekinthető. August Lösch német közgazdász a 20. század közepén dolgozta ki térgazdasági elméletét, amely a klasszikus központi helyek elméletének továbbfejlesztéseként is értelmezhető. Lösch abból indult ki, hogy a gazdasági tevékenységek térbeli eloszlását nem kizárólag a településhierarchia, hanem a piacok mérete, a kereslet és a termelési költségek együttes hatása alakítja. Az elméletének központi gondolata, hogy minden termék és szolgáltatás rendelkezik egy saját piaci területtel, amelynek nagyságát és alakját az adott termék kereslete, az ár, a szállítási költségek és a termelési költségek határozzák meg. A modell szerint a piac területi kiterjedése addig növelhető, amíg a szállítási költségek emelkedése el nem éri azt a szintet, hogy a távolabbi vevők számára már nem éri meg vásárolni az adott helyről. Így minden áruhoz vagy szolgáltatáshoz hozzárendelhető egy hatósugár, amelyen belül a termelő versenyképesen tudja ellátni a fogyasztókat. Lösch elmélete grafikus formában hatszög alakú piaci területeket rajzol ki, amelyek azért jelennek meg, mert a hatszög optimálisan fedi le a síkot átfedés nélkül és a lehető legkisebb „üres” tér marad mellette. Ezek a hatszögletű „piaci cellák” egyfajta gazdasági térképet hoznak létre, ahol különböző nagyságú és hierarchiájú piaci központok hálózata alakul ki. Lösch rugalmas, többféle piaci struktúra létét fogadta el és hangsúlyozta, hogy a különböző termékek más és más méretű piaci területtel rendelkeznek. Véleménye szerint egy város vagy központ nem feltétlenül ugyanazokat a javakat biztosítja minden szinten, hanem specializálódhat bizonyos termékekre vagy szolgáltatásokra. Lösch gondolatai mai napig alapvetőek a regionális gazdaságtanban, a kereskedelmi hálózatok, a logisztikai központok és a szolgáltató egységek térbeli eloszlásának vizsgálatában.

Az utolsó tanulmányozott modell a gravitációs módszer, amely a térbeli interakció modellen alapul. A módszert széles körben használják vásárlói vonzás, forgalom-eloszlás és potenciális telephelyek értékelésére. A módszer szerint a fogyasztók egy adott létesítményhez (bolt/raktár) való vonzódását két tényező határozza meg, melyek a létesítmény vonzereje (méret, szolgáltatás, kapacitás és a távolság. A modell alapfeltevése, hogy két pont (pl. egy fogyasztói piac és egy kereskedelmi egység vagy raktár) közötti kapcsolat

intenzitása egyenesen arányos a két pont „tömegével”, azaz gazdasági vonzerejével, és fordítottan arányos a közöttük lévő távolsággal. A gazdasági „tömeg” ebben az értelemben a telephely vonzerejét jelenti, amelyet mérhetünk például az üzlet alapterületével, választékával, szolgáltatási színvonalával vagy akár kapacitásával. A távolság pedig nem feltétlenül fizikai kilométert jelent, hanem sok esetben utazási időt, elérhetőséget vagy szállítási költséget.

A módszer legismertebb modellváltozata a Huff-modell, amely valószínűségi alapra helyezi a fogyasztói választást. Ennek lényege, hogy egy adott fogyasztó bizonyos valószínűséggel választja az egyik vagy a másik telephelyet és ez a valószínűség annál nagyobb, minél nagyobb a telephely vonzereje, valamint annál kisebb, minél távolabb található. Matematikailag a modell úgy írható le, hogy a telephelyhez való vonzódást egy súlyozott hányados fejezi ki: a számlálóban a telephely mérete vagy vonzereje szerepel a távolság csökkenő hatásával kombinálva, a nevezőben pedig az összes lehetséges telephely hasonló értékeinek összege. Így az eredmény mindig 0 és 1 közé eső valószínűség lesz, amely megmutatja, hogy egy adott keresleti pont lakosai vagy fogyasztói milyen arányban választják az adott telephelyet.

A gravitációs modell alkalmazásának gyakorlati menete több lépésből áll:

- Meg kell határozni a potenciális telephelyek körét.
- Össze kell gyűjteni az azok vonzerejére vonatkozó adatokat (pl. a boltok méretét, kínálatát, kapacitását stb.).
- A keresleti pontok (lakossági központok, vásárlási zónák vagy ügyfélkörök) meghatározása, illetve a távolságmátrix összeállítása, amely tartalmazza az egyes pontok és telephelyek közötti távolságokat vagy elérési időket.
- A paraméterek beállítása, különösen a távolságcsillapító tényező, amely meghatározza, milyen gyorsan csökken a telephely vonzereje a távolsággal. Ez általában kísérleti vagy regressziós úton vezethető le.
- Eredmények értelmezése.

A modell előnye, hogy egyszerű és kevés adatigénnyel működtethető, ezért széles körben használják kiskereskedelmi hálózatok tervezésében, logisztikai központok helyének meghatározásában vagy még várostervezési vizsgálatokban is. Hátránya, hogy figyelmen kívül hagyja a fogyasztói preferenciák sokféleségét, a márkahűséget vagy a szolgáltatás minőségének szubjektív megítélését és érzékeny a paraméterek megválasztására.

14. FOGALOMJEGYZÉK

A jegyzetben használt legfontosabb alapfogalmak:

1. 5S rendszer: Szemléltető és rendfenntartó módszer: Szelektálás, Szervezés, Szabványosítás, Szikrázó tisztaság, Szokások kialakítása.
2. ABC elemzés: A készletek érték szerinti kategorizálása (A: legfontosabb, C: legkevésbé fontos).
3. Agilis ellátási lánc: Gyorsan reagáló, rugalmas rendszer a volatilis kereslet kezelésére.
4. Alternatív alapanyag: Olyan helyettesítő anyag, amely kiváltja a hiányzó erőforrást.
5. Anyagáramlás-tervezés: A gyárban mozgó anyagok útvonalának optimalizálása.
6. Áruáramlás: A termék fizikai mozgása a láncban.
7. Átbocsátóképesség: A rendszer által egységnyi idő alatt előállított termékmennyiség.
8. Benchmarking: Összehasonlítás más vállalatok legjobb gyakorlataival.
9. Bér munka: Más vállalat számára végzett gyártás saját kapacitással.
10. Beszállító értékelés: A beszállítók teljesítményének mérése és rangsorolása.
11. Beszerzés: Az inputok külső forrásból történő biztosítása.
12. Biztonsági készlet: A kereslet és szállítás ingadozásainak kezelésére tartott tartalékkészlet.
13. BOM, azaz Bill of Materials: Anyagjegyzék, amely tartalmazza a termék összes alkatrészét és mennyiségeit.
14. Ciklusidő: Egy termék előállításához szükséges idő egy folyamatállomáson.
15. CPM, azaz Critical Path Method: Hálótervezési módszer a projekt kritikus tevékenységeinek azonosítására.

16. Csomagolólogisztika: Az áru csomagolásának és kézbesítési egységeinek optimalizálása.
17. Determinisztikus kereslet: Előre meghatározott, kiszámítható kereslet.
18. Distribution Requirement Planning, azaz DRP: Elosztási hálózat készlet- és utánpótlás-tervezése.
19. Disztribúciós hálózat: A raktárak, elosztóközpontok, szállítási útvonalak rendszere.
20. DMAIC: A Six Sigma problémamegoldó ciklusa: Define, Measure, Analyze, Improve, Control.
21. Ellátási lánc: Olyan szervezetek hálózata, amelyek együttműködnek a termék vagy szolgáltatás létrehozásában és eljuttatásában a végső vevőhöz.
22. Ellátásilánc-menedzsment: Az ellátási lánc teljes összehangolása a hatékonyság és vevői érték növelése érdekében.
23. EOQ, azaz Economic Order Quantity: Optimális rendelési mennyiség modellje, amely minimalizálja az összes készletköltséget.
24. ERP rendszer: Vállalatirányítási rendszer, amely integrálja a vállalat minden funkcionális területét.
25. Értékáram térképezés (VSM): A folyamatok vizuális feltérképezése a veszteségek feltárására.
26. Értékáram: Az a folyamat, amely során a termék vagy szolgáltatás értékke válik a vevő számára.
27. Értékbecslés: Termékek vagy folyamatok gazdasági értékelése.
28. Értékteremtési lánc: A tevékenységek összessége, amelyek növelik az értéket.
29. Értéktervezés: Költségcsökkentés értékvesztés nélkül.
30. Fenntartható ellátási lánc: Környezeti és társadalmi szempontokat is figyelembe vevő lánc.
31. Folyamatköltség-számítás: Költségek meghatározása folyamatokhoz rendelve.
32. Fuvarszervezés: Szállítások útvonalának és módjának optimalizálása.
33. Hatásosság: A célok elérésének mértéke.
34. Hatékonyság: A folyamatok gazdaságos működtetése, kevesebb erőforrás felhasználása.
35. Heijunka: Termelés egyenletesítésének LEAN módszere.

36. Horizontális integráció: Azonos iparági szinten lévő vállalatok összeolvadása.
37. Idősorelemzés: Történelmi adatok alapján végzett előrejelzés.
38. Incoterms: Nemzetközi szállítási feltételek szabványai.
39. Információáramlás: Adatok és dokumentáció mozgása a lánc tagjai között.
40. Insourcing: Korábban kiszervezett tevékenység visszahozása a vállalathoz.
41. IoT az ellátási láncban: Okoseszközök és szenzorok használata valós idejű monitoringra.
42. Jidoka: Automatikus minőségellenőrzés a LEAN rendszerben.
43. Just-in-Time (JIT): Olyan termelési rendszer, amely célja, hogy az anyagok pontosan akkor érkezzenek, amikor szükség van rájuk.
44. Kaizen: Folyamatos fejlesztés, kis lépésekben történő rendszeres javítás.
45. Kanban: Jelzésalapú készlet- és termelésvezérlő rendszer.
46. Kapacitás: A rendszer maximális teljesítőképessége időegység alatt.
47. Kapacitásköltség: Az erőforrás fenntartásának költsége akkor is, ha nem teljesen kihasznált.
48. Kereslet-előrejelzés: A jövőbeni kereslet becslése statisztikai és kvalitatív módszerekkel.
49. Keresztdokk (Cross-docking): Raktárban történő átmeneti átrakás tárolás nélkül.
50. Készlet: Felhalmozott anyagok, félkész vagy késztermékek, amelyek a termelés vagy értékesítés folyamatát szolgálják.
51. Készletforgási sebesség: Mutató: hány alkalommal fordul meg a készlet egy időszak alatt.
52. Készletgazdálkodás: A készletszintek optimalizálása költség és szolgáltatási szint szempontjából.
53. Készlethiány: Amikor a keresletet nem lehet azonnal kielégíteni.
54. Kommissiózás: A megrendeléseknek megfelelő áruk összeválogatása.
55. Körkörös gazdaság: Az erőforrások visszaforgatásán alapuló gazdasági modell.
56. KPI: Kulcs teljesítménymutatók, amelyek mérik a vállalat teljesítményét.
57. Last-mile delivery: A csomag végső kézbesítésének logisztikája.
58. LEAN menedzsment: A pazarlás minimalizálásán és a folyamatos fejlesztésen alapuló termelési filozófia.

59. Logisztika: A fizikai áramlások (anyag, áru, információ) hatékony tervezése és irányítása.
60. Logisztikai szolgáltatási szint: A megrendelések pontossága, gyorsasága, hibaaránya.
61. Menetidő: Az az idő, amíg a termék áthalad a teljes folyamaton.
62. Minőség: A termék vagy szolgáltatás képessége a vevői igények kielégítésére.
63. Minőségbiztosítás: Folyamatok és rendszerek biztosítása a hibamentes termelés érdekében.
64. Minőség-ellenőrzés: A termék vagy szolgáltatás vizsgálata a hibák feltárása érdekében.
65. Moduláris termék: Olyan termék, amely különálló, könnyen cserélhető modulokból áll.
66. MRP, azaz Material Requirements Planning: Anyagszükséglet-tervezési rendszer, amely a termelési ütemterv alapján számítja ki a szükséges alapanyagokat.
67. MRP II: Bővített MRP-rendszer, amely a termelés összes erőforrását integrálja.
68. Muda: A LEAN-ben használt kifejezés a pazarlásra, minden olyan tevékenységre, amely nem ad értéket.
69. Műveletterv: A gyártási lépések, műveletek és gépek sorrendje.
70. Nearshoring: Közeli országba történő kiszervezés.
71. OEE: A berendezések hatékonyságának mérőszáma.
72. Offshoring: Távoli országba történő kiszervezés.
73. Outsourcing: Egy vállalati funkció kiszervezése külső szolgáltatóhoz.
74. Pareto-elv (80/20 szabály): A problémák 20%-a okozza a következmények 80%-át.
75. PDCA ciklus: Plan-Do-Check-Act fejlesztési ciklus.
76. PERT: Valószínűségi hálótérvezési módszer.
77. Poke-yoke: Hibamentesítő eszköz vagy megoldás.
78. Projekt: Egyedi, időben korlátozott és költségkerettel rendelkező feladat.
79. Pull rendszer: A vevői igény húzza magával a gyártást (pl. kanban).
80. Push rendszer: Előrejelzéseken alapuló készlettermelés.
81. Raktárlogisztika: A tárolási, kommissiózási és kezelési folyamatok irányítása.
82. Rendelési pont: Az a készletszint, amikor új rendelést kell indítani.

83. RFID: Rádiófrekvenciás azonosító technológia kiegészítői és eszközök követésére.
84. Rugalmas gyártórendszer (FMS): Gyorsan átállítható, többféle terméket kezelni képes gyártási rendszer.
85. SERVQUAL modell: A szolgáltatásminőség mérésének egyik elterjedt módszere.
86. Six Sigma: Hibacsökkentési módszertan, amely a folyamatok variációját minimalizálja.
87. SLA (Service Level Agreement): Szolgáltatási szint megállapodás szolgáltató és vevő között.
88. SMED: Gyors átállási technika.
89. Sorbanállás-elmélet: A várakozás matematikai modellezése.
90. Sorozatnagyság: A gyártott termékek száma egy gyártási ciklusban.
91. Standardizáció: A folyamatok egységesítése.
92. Szállítmányozás: Árufuvarozás szervezése, dokumentációja, jogi kezelése.
93. Szezonális: A kereslet szabályos időszakos ingadozása.
94. Szolgáltatás-kapacitás: Egy szolgáltató rendszeren belül egyszerre kezelhető ügyfelek száma.
95. Szolgáltatásmenedzsment: A szolgáltatások létrehozásának és nyújtásának tervezése, irányítása és fejlesztése (pl.: bankfiók ügyfélkiszolgálási folyamatai stb.)
96. Szolgáltatásminőség: A szolgáltatások teljesítményének és a vevői elvárásoknak való megfelelés mértéke.
97. Sztochasztikus kereslet: Véletlenszerűen ingadozó kereslet.
98. Szűk keresztmetszet: A termelés azon pontja, amely korlátozza a teljes rendszer kapacitását.
99. Szükséges kapacitás: A várható kereslet kielégítéséhez szükséges teljesítőképesség.
100. Teljes költség szemlélet: A termékhez kapcsolódó összes költség figyelembevétele.
101. Termék-életciklus: Bevezetés–növekedés–érettség– hanyatlás szakaszai.
102. Termékfejlesztési ciklus: A tervezéstől a piacra vitelig tartó folyamat.
103. Termelékenység: Inputokhoz viszonyított outputok aránya.
104. Termelési volumen: Adott idő alatt gyártott mennyiség.

105. Termelésmenedzsment: A vállalat azon tevékenységeinek irányítása, amelyek a fizikai termékek előállításához szükségesek (pl.: autógyár gyártási folyamatai stb.)
106. Termelésstervezés: A gyártási tevékenységek előre történő ütemezése és szervezése.
107. TOC, azaz Theory of Constraints): Menedzsmentelmélet, amely szerint mindig a legszűkebb keresztmetszet határozza meg a rendszer teljesítményét.
108. TPM: Teljes körű termelékeny karbantartás, a dolgozók bevonásával.
109. TQM, azaz Total Quality Management: Teljes körű minőségmenedzsment: vállalati filozófia a minőség folyamatos fejlesztésére.
110. Ütemezés: A munkák időrendi sorrendjének meghatározása.
111. Várakozási idő: A folyamat lépései közötti állásidő.
112. Variancia: A folyamatok szórása; Six Sigma egyik kulcseleme.
113. Vertikális integráció: A vállalat a teljes értéklánc több egységét is birtokolja.
114. Vevői érték: Az a haszon, amelyet a vevő a termékből vagy szolgáltatásból szerez a költségeihez képest.

15. AZ ELMŰLT ÉVEK VIZSGAFELADATAI

1. vizsgafeladat

Egy városi logisztikai központban 8 különböző szállítmány érkezik egy nap folyamán, amelyeket egyetlen raktárkezelő csapatnak kell feldolgoznia és útra indítania. A szállítmányok érkezési ideje, a kezeléshez szükséges idő és a leadási határidő különböző. A cél az összes szállítmány feldolgozása, miközben figyeljük az átfutási és a várakozási időket.

A feladat: az alábbi adatok alapján ütemezze a szállítmányokat az alábbi szabályok szerint:

FCFS módszerrel

SPT módszerrel

LPT módszerrel

EDD módszerrel

CR módszerrel

Adatok:

Szállítmány	Érkezés (<i>perc</i>)	Kezelési idő (<i>perc</i>)	Határidő
A	0	20	80
B	5	15	70
C	10	25	120
D	15	10	60
E	20	30	150
F	25	20	100
G	30	15	90
H	40	25	130

Értelmezze a kapott eredményeket!

2. vizsgafeladat

Egy műhelyben a következő feladatokat kell teljesíteni:

Rendelés	Napok a határidőig	Műveleti idő <i>(nap)</i>
A	28	12
B	18	5
C	22	14
D	10	3
E	13	10

Végezze el az egyes feladatok ütemezését a „kritikus hányad” szabály és a Moore-algoritmus szerint!

3. vizsgafeladat

Ismert az ÚJ ÉV Kft. költségei millió Ft-ban havi bontásban. Használjon lineáris trendet és határozza meg a szezonindexet. Adja meg a 2024. 3. hónapjának a dekompozícióját és készítsen előrejelzést 2026. 3. hónapjára. A feladat megoldásához csak a szorzathatás módszerét alkalmazza.

Év	Hónap	Költség (millió Ft)	Év	Hónap	Költség (millió Ft)
2023	Január	28,0	2025	Január	18,8
	Február	27,3		Február	18,7
	Március	26,7		Március	18,5
	Április	26,0		Április	18,2
	Május	25,8		Május	18,3
	Június	25,4		Június	17,8
	Július	25,3		Július	16,8
	Augusztus	25,2		Augusztus	15,7
	Szeptember	23,9		Szeptember	15,1
	Október	23,7		Október	14,5
	November	23,2		November	14,0
	December	23,0		December	13,4
2024	Január	22,8			
	Február	22,5			
	Március	22,6			
	Április	22,3			
	Május	21,9			
	Június	21,0			
	Július	20,6			
	Augusztus	20,5			
	Szeptember	20,1			
	Október	19,9			
	November	19,4			
	December	18,3			

4. vizsgafeladat

Egy regionális futárszolgálat hétfőtől péntekig szállítja ki a csomagokat a központi depóból induló járművekkel. Normál körülmények között a napi kiszállítási kapacitás 120 csomag (ez a sofőrök és járművek rendelkezésre állása alapján meghatározott maximum). Ha egy adott napon a kézbesítendő csomagok száma meghaladja a 120-at, a többletet egy alvállalkozó végzi el, 1,80 euró/csomag áron.

A cégnek lehetősége van heti szinten egy plusz kisbuszt és sofőrt bérelni, ami +15 csomag/nap kapacitást biztosít az adott hét minden munkanapjára; ennek fix költsége 99 euró/hét. A heti extra kapacitás bérlete vagy teljes hétre történik, vagy egyáltalán nem – napi szinten nem választható. A napi csomagmennyiségek előre ismertek, és minden csomagot az adott napon kell kézbesíteni (nincs áthelyezés vagy halasztás). A feladat célja, hogy a következő 12 hétre készítsen minimális költségű tervet:

- Hetente döntse el, hogy szükség van-e a plusz járműre és napi szinten határozza meg, hogy mennyi csomagot kell kiszervezni az alvállalkozónak.
- Az optimális terv minimalizálja a 12 hét teljes költségét (heti bérleti díjak + napi outsourcing díjak összege).

A heti várható napi csomagszámok a következők:

Hét	Hétfő	Kedd	Szerda	Csütörtök	Péntek
1	118	124	130	115	147
2	122	120	135	128	135
3	126	130	128	121	139
4	138	140	136	130	154
5	120	122	124	122	134
6	134	141	140	125	150
7	129	140	138	132	149
8	124	130	126	119	134
9	136	130	142	138	144
10	118	128	125	120	121
11	130	134	138	132	130
12	125	124	132	127	138

1. Minden héten döntse el, hogy érdemes-e bérelni a plusz járművet (+15 csomag/nap).
2. Ha nem bérel, számolja ki naponta, hogy mennyi csomagot kell kiszervezni az alvállalkozónak, és ezzel mennyi az outsourcing költsége.
3. Adja össze a heti költségeket és határozza meg a teljes 12 hét minimális költségét!
4. A megoldásban tüntesse fel hetenként a döntést és napi bontásban a kiszervezett csomagszámokat és azok költségét!

5. vizsgafeladat

Egy tengeri kikötőben hétfőtől péntekig működik a daruzás. Normál kapacitás: 333 konténer/nap. A 8. hét napi várható forgalma (konténer):

Hétfő	341	konténer
Kedd	355	konténer
Szerda	401	konténer
Csütörtök	327	konténer
Péntek	346	konténer

A 9. hét napi várható forgalma:

Hétfő	361	konténer
Kedd	355	konténer
Szerda	340	konténer
Csütörtök	367	konténer
Péntek	409	konténer

Opciók és költségek:

- Túlterhelés esetén a fölös konténereket másik kikötőbe kell küldeni, ami 45 €/konténer pluszköltség.
- Heti szinten bérelhetnek egy extra darut kezelő személyzettel, ami +50 konténer/nap kapacitást ad, költsége 490 €/hét

Nincs tárolásra várakozás: minden beérkező konténert aznap kell kezelni.

Állítson össze költségminimum-tervet két hétre, heti döntéssel a plusz daru bérléséről és napi döntéssel a másik kikötőbe küldésről.

6. vizsgafeladat

Egy csomagolóüzem két gépen dolgozza fel a beérkező termékeket (csomagológép, címkéző gép). Az üzemben 16 különböző terméket kell feldolgozni. A feldolgozási idők a következő táblázatban láthatók (percben).

Termék neve	Csomagolás	Címkézés
Chips	4	11
Csokoládé	9	5
Energiaital	12	4
Fagyasztott pizza	5	8
Gyümölcslé	6	10
Joghurtdesszert	11	8
Kávékapszula	5	12
Keksz	8	7
Kenyér	2	13
Liszt	7	10
Méz	13	3
Olívaolaj	12	5
Rizs	6	9
Sajt	3	14
Teafilter	7	9
Vaj	10	6

Határozza meg a feldolgozás sorrendjét úgy, hogy minimális legyen a feldolgozási idő! Értelmezze a kapott eredményt! Mennyi a legrövidebb feldolgozási idő?

ÁBRAJEGYZÉK

Sorszám	Cím	Oldal
1. ábra	A termelési rendszer felépítése	16
2. ábra	Az ellátási lánc folyamata	23
3. ábra	Példa a Gantt-diagram bemutatására	26
4. ábra	A kritikus út alakulása egy mintapéldában	26
5. ábra	A folyamat-érték mátrix felépítése	29
6. ábra	A Balanced Scorecard elvi felépítése	32
7. ábra	A Pareto-diagram ábrája a mintapéldára	36
8. ábra	A mosodai szolgáltatás kapacitása és várható kereslete közötti különbségképzés	40
9. ábra	A többállomásos gyártósor példa sematikus ábrája	50
10. ábra	A Gantt-diagramm a vizsgált feladatban	71
11. ábra	A példaprojekt feladat hálótérve	104
12. ábra	A példaprojekt feladat hálótérvének kiegészített verziója	105
13. ábra	A vizsgált példaprojekt hálótérvezésének 1. lépése	105
14. ábra	A vizsgált példaprojekt hálótérvezésének 2. lépése	106
15. ábra	A vizsgált példaprojekt hálótérvezésének 3. lépése	106
16. ábra	A vizsgált példaprojekt hálótérvezésének 4. lépése	107
17. ábra	A vizsgált példaprojekt hálótérvezésének 5. lépése	107
18. ábra	A vizsgált példaprojekt hálótérvezésének 6. lépése	108
19. ábra	A vizsgált példaprojekt hálótérvezésének 7. lépése	108
20. ábra	A vizsgált példaprojekt hálótérvezésének 8. lépése	109
21. ábra	A vizsgált példaprojekt hálótérvezésének 9. lépése	109
22. ábra	A vizsgált példaprojekt hálótérvezésének 10. lépése	110
23. ábra	A vizsgált példaprojekt hálótérvezésének 11. lépése	110
24. ábra	A vizsgált példaprojekt hálótérvezésének 12. lépése	111
25. ábra	A vizsgált példaprojekt hálótérvezésének 13. lépése	111
26. ábra	A vizsgált példaprojekt hálótérvezésének 14. lépése	112
27. ábra	A vizsgált példaprojekt hálótérvezésének 15. lépése	112
28. ábra	A vizsgált példaprojekt hálótérvezésének 16. lépése	113
29. ábra	A kritikus út szemléltetése a vizsga példaprojektnél	114
30. ábra	A várható idő meghatározása a banki ügyfélszolgálati példában	124
31. ábra	A variancia meghatározása a banki ügyfélszolgálati példában	124
32. ábra	A hálótér alakulása a banki ügyfélszolgálati példa esetében	125

33. ábra	A korlátozó feltételek beállítási felülete	139
34. ábra	A Solver beállítása a feladatban	139
35. ábra	A Solver-megoldás utolsó lépése a feladatban	140
36. ábra	A tricikli alapanyag-szükségletének vázrajza	152
37. ábra	A tricikli alapanyag-szükségletének vázrajza elkészültségi fokban (1)	158
38. ábra	A tricikli alapanyag-szükségletének vázrajza elkészültségi fokban (2)	161
39. ábra	Az Ishikawa-diagram alapja egy konkrét példánál	176
40. ábra	Az Ishikawa-diagram elkészített ábrája egy konkrét példánál	178

TÁBLÁZATJEGYZÉK

Sorszám	Cím	Oldal
1.	táblázat Csökkenő sorrendbe rendezett hibatípusok	34
2.	táblázat A hiba típusaihoz tartozó részarány-kalkuláció	34
3.	táblázat A hiba típusaihoz tartozó kumulált részarány-kalkuláció	35
4.	táblázat A hiba típusaihoz tartozó összes kalkulált érték	35
5.	táblázat A mosodai szolgáltatás várható keresletalakulása	39
6.	táblázat Az összes igény meghatározása a pékségben	41
7.	táblázat Kapacitás és elvárás összehasonlítása a pékségben	42
8.	táblázat Összesítő táblázat az alapkapacitás kihasználása a pékségben	43
9.	táblázat Összefoglaló táblázat a kiszervezés igénybevételével a pékségben	43
10.	táblázat Összesítő táblázat az optimális megoldásra a pékségben	44
11.	táblázat Az elektronikai eszközök összeszerelésének folyamatelemei	48
12.	táblázat A várható napi autójavítási igények a példában	55
13.	táblázat A szükséges idő kalkulációjának eredménye az autójavító műhelyben	55
14.	táblázat A kihasználtság kalkulációjának eredménye az autójavító műhelyben	56
15.	táblázat A vállalkozás csomagszám-igénye a szállításnál a példában	57
16.	táblázat A szükséges idő meghatározása a vizsgált vállalkozásnál	58
17.	táblázat A kihasználtság meghatározása a vizsgált vállalkozásnál	58
18.	táblázat A hosszú távú ütemezési szint legfontosabb tudnivalói	62
19.	táblázat A középtávú ütemezési szint legfontosabb tudnivalói	62
20.	táblázat A rövid távú ütemezési szint legfontosabb tudnivalói	63
21.	táblázat Az FCFS és az SPT módszerek összehasonlítása	64
22.	táblázat Az EDD és a CR módszerek összehasonlítása	64
23.	táblázat Ütemezési módok összehasonlítása előnyök és hátrányok alapján	64
24.	táblázat A vizsgált vállalkozásnál a feldolgozási idő	66
25.	táblázat A Johnson-algoritmus 1. lépéséhez tartozó alaptáblázat	67
26.	táblázat A Johnson-algoritmus 1. lépéséhez tartozó új táblázat	67
27.	táblázat A Johnson-algoritmus 2. lépéséhez tartozó alaptáblázat	67
28.	táblázat A Johnson-algoritmus 2. lépéséhez tartozó új táblázat	68
29.	táblázat A Johnson-algoritmus 3. lépéséhez tartozó alaptáblázat	68
30.	táblázat A Johnson-algoritmus 3. lépéséhez tartozó új táblázat	68
31.	táblázat A Johnson-algoritmus 4. lépéséhez tartozó alaptáblázat	69
32.	táblázat A Johnson-algoritmus 4. lépéséhez tartozó új táblázat	69

33. táblázat	A Johnson-algoritmus 5. lépéséhez tartozó alaptáblázat	69
34. táblázat	A Johnson-algoritmus 5. lépéséhez tartozó új táblázat	70
35. táblázat	Az ütemezéshez használt alapadatok	71
36. táblázat	Az FCFS-ütemezéshez használt alapadatok sorrendje	72
37. táblázat	Az FCFS-ütemezéshez használt kalkuláció 1. lépése	72
38. táblázat	Az FCFS-ütemezéshez használt kalkuláció 2. lépése	73
39. táblázat	Az FCFS-ütemezéshez használt kalkuláció 3. lépése	74
40. táblázat	Az FCFS-ütemezéshez használt kalkuláció 4. lépése	74
41. táblázat	Az FCFS-ütemezéshez használt kalkuláció 5. lépése	75
42. táblázat	Az ütemezéshez használt alapadatok	75
43. táblázat	Az SPT-ütemezéshez használt alaptáblázat	76
44. táblázat	Az SPT-ütemezés kalkulációjának 1. lépése	77
45. táblázat	Az SPT-ütemezésnél maradt szállítmányok	77
46. táblázat	Az SPT-ütemezés kalkulációjának 2. lépése	78
47. táblázat	Az SPT-ütemezésnél maradt szállítmányok	78
48. táblázat	Az SPT-ütemezés kalkulációjának 3. lépése	79
49. táblázat	Az SPT-ütemezésnél maradt szállítmányok	79
50. táblázat	Az SPT-ütemezés kalkulációjának 4. lépése	79
51. táblázat	Az SPT-ütemezés kalkulációjának 5. lépése	80
52. táblázat	Az ütemezéshez használt alapadatok	80
53. táblázat	Az LPT-ütemezéshez használt alaptáblázat	81
54. táblázat	Az LPT-ütemezés kalkulációjának 1. lépése	81
55. táblázat	Az LPT-ütemezésnél maradt szállítmányok	82
56. táblázat	Az LPT-ütemezés kalkulációjának 2. lépése	82
57. táblázat	Az LPT-ütemezésnél maradt szállítmányok	83
58. táblázat	Az LPT-ütemezés kalkulációjának 3. lépése	83
59. táblázat	Az LPT-ütemezésnél maradt szállítmányok	83
60. táblázat	Az LPT-ütemezés kalkulációjának 4. lépése	84
61. táblázat	Az LPT-ütemezés kalkulációjának 5. lépése	84
62. táblázat	Az ütemezéshez használt alapadatok	85
63. táblázat	Az EDD-ütemezéshez használt alaptáblázat	85
64. táblázat	Az EDD-ütemezés kalkulációjának 1. lépése	86
65. táblázat	Az EDD-ütemezésnél maradt szállítmányok	86
66. táblázat	Az EDD-ütemezés kalkulációjának 2. lépése	87
67. táblázat	Az EDD-ütemezésnél maradt szállítmányok	87

68.	táblázat	Az EDD-ütemezés kalkulációjának 3. lépése	88
69.	táblázat	Az EDD-ütemezésnél maradt szállítmányok	88
70.	táblázat	Az EDD-ütemezés kalkulációjának 4. lépése	88
71.	táblázat	Az EDD-ütemezés kalkulációjának 5. lépése	89
72.	táblázat	Az ütemezéshez használt alapadatok	89
73.	táblázat	A CR-ütemezéshez használt alaptáblázat	90
74.	táblázat	A CR-ütemezés kalkulációjának 1. lépése	91
75.	táblázat	A CR-ütemezésnél maradt szállítmányok	91
76.	táblázat	A CR-ütemezés kalkulációjának 2. lépése	92
77.	táblázat	A CR-ütemezésnél maradt szállítmányok	92
78.	táblázat	A CR-ütemezés kalkulációjának 3. lépése	93
79.	táblázat	A CR-ütemezésnél maradt szállítmányok	94
80.	táblázat	Az EDD-ütemezés kalkulációjának 4. lépése	94
81.	táblázat	Az EDD-ütemezés kalkulációjának 5. lépése	94
82.	táblázat	A hálótervezésnél használható elemek	99
83.	táblázat	A példaprojekt alapadatai a várható időre	102
84.	táblázat	A példaprojekt feladat megoldásához szükséges t_c érték meghatározása	103
85.	táblázat	A példaprojekt feladat megoldásához szükséges varianciaérték meghatározása	103
86.	táblázat	Kapcsolatok az egyes tevékenységek között a példaprojektnél	104
87.	táblázat	A vizsgált projekttevékenység kalkulációja	113
88.	táblázat	Műteti tevékenység PERT-tervezési alapadatai	120
89.	táblázat	A banki ügyfélszolgálati tevékenységek időadatai	123
90.	táblázat	A várható idő és a variancia a vizsgált tevékenységeknél	125
91.	táblázat	A „magyar módszer” – Példa költségtáblázata	131
92.	táblázat	A „magyar módszer” – Példamegoldás eredménytábla (1.)	131
93.	táblázat	A „magyar módszer” elvégzésének 1. lépéseredménye	132
94.	táblázat	A „magyar módszer” – Példamegoldás eredménytábla (2.)	132
95.	táblázat	A „magyar módszer” kiválasztott „0” értékei a minta példában	133
96.	táblázat	A mintapéllda költségtáblázata	134
97.	táblázat	A „magyar módszer” alaptáblázata a mintapéldában	134
98.	táblázat	A korlátozó feltételek előkészítése a sofőrökre a mintapéldában	135
99.	táblázat	A korlátozó feltételek a sofőrökre a mintapéldában	135
100.	táblázat	A korlátozó feltételek előkészítése az útvonalra a mintapéldában	136

101. táblázat	A korlátozó feltételek az útvonalakra a mintapéldában	136
102. táblázat	A korlátozó feltételek az útvonalakra a beállított korlátokkal a mintapéldában	137
103. táblázat	A lineáris programozási modell Excel-felépítése a mintapéldában	138
104. táblázat	Az átfutási idő, a rendelési téteknagyság és a készlet értékei a triciklinél	152
105. táblázat	Az MRP kiinduló táblázata	153
106. táblázat	Az MRP-alkalmazás 1. lépése	154
107. táblázat	A bruttó szükséglet meghatározása az MRP-számításnál	154
108. táblázat	A nettó szükséglet meghatározása az MRP-számításnál	155
109. táblázat	A tervezett rendelés beérkezésének meghatározása az MRP-számításnál	155
110. táblázat	A készlet meghatározása az MRP-számításnál	156
111. táblázat	A 6. heti megoldás eredmény értékei	156
112. táblázat	A 7–11. hét értékeinek a meghatározása a triciklinél (1.)	156
113. táblázat	A 7–11. hét értékeinek a meghatározása a triciklinél (2.)	157
114. táblázat	A 7–11. hét értékeinek a meghatározása a triciklinél (3.)	157
115. táblázat	A tervezett rendelés feladásának meghatározása az MRP-ben	157
116. táblázat	Az MRP 2. szintű kalkulációjának áthivatkozása a tricikli kormány- és kerekesváz-alapanyagoknál	158
117. táblázat	Az MRP modell készlet hivatkozása a 2. szinten	159
118. táblázat	Az MRP 2. szint – kormányrész-számítás lépései (1.)	159
119. táblázat	Az MRP 2. szint – kormányrész-számítás lépései (2.)	160
120. táblázat	Az MRP 2. szint – kormányrész-számítás s lépései (3.)	160
121. táblázat	Az MRP 2. szint – kormányrész-számítás lépései (4.)	160
122. táblázat	Az MRP 2. szint – kormányrész-számítás lépései (5.)	160
123. táblázat	Az MRP 2. szint – kerekesvázrész-számítás eredményei	161
124. táblázat	Az MRP 3. szint – vázrész-számítás eredményei	161
125. táblázat	Az MRP-táblázat Pegging-táblázatrésze kerékre	162
126. táblázat	A Pegging-táblázat összesítése kerékalapanyagra	162
127. táblázat	A kerékrendelések eredményei az MRP-táblázatban	162
128. táblázat	A Johnson-algoritmus alaptáblázata	185
129. táblázat	A Johnson-algoritmus 1. lépése a mintapéldában	186
130. táblázat	A Johnson-algoritmus 2. lépése a mintapéldában	186
131. táblázat	A Johnson-algoritmus 3. lépése a mintapéldában	186
132. táblázat	A Gantt-diagram a mintapéldára	187
133. táblázat	A Gantt-diagram csoportnevekkel való feltöltése a mintapéldára	188

ISBN 978-963-615-342-7



9 789636 153427