

GÉPÉSZMÉRNÖKI ÉS INFORMATIKAI KAR

Igényvezérelt raktározási rendszerek optimalizált működtetésének
elméleti megalapozása és kidolgozása szimulációs modellezés
felhasználásával

Ph.D. értekezés

Készítette:

Dobos Péter

okleveles műszaki menedzser

Hatvany József Informatikai Tudományok Doktori Iskola
Anyagáramlási rendszerek és logisztikai informatika tématerület
Logisztikai Intézet

DOKTORI ISKOLA VEZETŐ

Prof. Dr. Szigeti Jenő

egyetemi tanár

TÉMATERÜLET VEZETŐ

Prof. Dr. Illés Béla

egyetemi tanár

TÉMAVEZETŐ

Prof. Dr. Illés Béla

egyetemi tanár

TÁRSTÉMAVEZETŐ

Dr. Tamás Péter

gazdasági és fejlesztési dékánhelyettes
intézetigazgató egyetemi docens

Miskolc, 2020

NYILATKOZAT

Alulírott, Dobos Péter kijelentem, hogy ezt a doktori értekezést magam készítettem, és abban csak a megadott forrásokat használtam fel. Minden olyan részt, amelyet szó szerint, vagy azonos tartalomban, de átfogalmazva más forrásból átvettem, egyértelműen, a forrás megadásával megjelöltem. A dolgozat bírálatai és a védésről készült jegyzőkönyv a későbbiekben a Miskolci Egyetem Dékáni Hivatalában lesz elérhető.

A handwritten signature in blue ink, consisting of two large, rounded loops followed by a horizontal line with a dotted underline.

Miskolc, 2020.10.06.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Az értekezés a Miskolci Egyetem, Logisztikai Intézetében készült a Hatvany József Informatikai Tudományok Doktori Iskola képzésének keretein belül. Először is szeretnék köszönetet mondani **Dr. Illés Béla és Dr. Tamás Péter** tudományos vezetőimnek, hogy szakmai iránymutatásukkal segítették munkám elkészülését. Köszönöm a Logisztikai Intézet kollektívájának a szakmai és erkölcsi támogatást. Köszönettel tartozom továbbá feleségemnek Verának, két imádnivalóan huncut kisfiamnak Csaninak és Máténak (hogy néha tudtak nélkülözni a közös játékból), hogy támogattak, lehetőséget és időt biztosítottak a munkám elkészítésére.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	6
2. A Témakör hazai és nemzetközi áttekintése.....	9
2.1. Történeti áttekintés	9
2.2. Időrendi áttekintés	9
2.3. Fogalmi áttekintés.....	16
2.4. Raktározási rendszerek tervezésének lehetőségei.....	19
2.5. Raktári anyagmozgatási stratégiák működtetésének lehetőségei.....	22
3. A kutatási tevékenység áttekintése	24
3.1. Kutatási tevékenység előzményei és módszertana.....	24
3.2. Kutatási tevékenység célkitűzései.....	26
4. Vizsgálati lehetőségek ismertetése.....	28
5. Igényvezérelt raktározási rendszer optimális kiválasztását és működtetését támogató vizsgálati rendszer működési koncepciójának bemutatása	33
5.1. Raktári anyagmozgatási stratégia kiválasztását végző rendszer működési koncepciója.....	33
5.2. Megfelelő anyagmozgatási stratégia kiválasztásnak lépései [S2;S3;S4].....	35
5.3. Anyagmozgatási stratégia kiválasztását végző rendszer adatstruktúrája és működési mechanizmusa.....	39
6. Igényvezérelt raktározási rendszer kiválasztását és működtetését támogató költségmodell.....	45
6.1. 1.Lépés – Raktári elrendezési modell	46
6.2. 2.Lépés – Elemek hozzárendelése a felvázolt raktári elrendezési modellhez	48
6.3. 3.Lépés - Raktári folyamatok terhelésfüggvényeinek meghatározása.....	52
6.4. 4.Lépés - A hatékonysági mutatók meghatározása historikus adatok alapján.....	62
6.5. 5.Lépés - Fajlagos költség függvények meghatározása.....	66
6.6. 6.Lépés - A logisztikai mutatók meghatározása	69
6.7. 7.Lépés - Lekötött tőke készletértékének meghatározása.....	71
6.8. 8.Lépés - Gazdasági mutatók meghatározása	73
7. Igényvezérelt raktározási rendszer kiválasztását és működtetését támogató vizsgálati rendszer adatmodellje, feltételei, célfüggvénye	75
7.1. Az üzleti terv adatbázisa	76
7.2. Információs adatbázis	78
7.2.1.Darabszám és gyártási ütemezési adatbázis, betárolási folyamatok számára	78
7.2.2.Darabszám és gyártási ütemezési adatbázis, kitárolási folyamatok számára.....	84
7.2.3.Vevői adatbázis, betárolási folyamatok számára	91
7.2.4.Gyártási adatbázis, betárolási folyamatok számára.....	92
7.3. Raktári adatbázis.....	98

7.4. Igényvezérelt optimális raktári anyagmozgatási stratégia kiválasztását végző rendszer feltételei, célfüggvényé	99
8. A feltárt összefüggések igazolása szimuláció alkalmazásával.....	104
8.1. Az anyagmozgatási stratégia kiválasztását végző szimulációs program működési algoritmusa.....	104
8.2. A feltárt összefüggések igazolása matematikai szimuláció alkalmazásával	107
9. Eredmények hasznosítása, továbbfejlesztési lehetőségek.....	121
10. Az értekezés tézisei.....	123
11. Jelölésrendszer.....	124
12. Irodalomjegyzék	131
13. Ábrajegyzék	135
14. Táblázat jegyzék	136
15. Függelék.....	137

1. Bevezetés

Az igényvezérlés fogalmának meghatározása egy termelő és raktározási tevékenységet folytató multinacionális vállalat esetén nem egyértelmű. Egy vállalat fentarthatósága szempontjából az elsődleges „igény” a **folyamatos pozitív EBIT (earnings before interest and taxes) elérése és ennek érdekében a költségek tartós és drasztikus csökkentése** [1]. Az autóiipari végfelhasználók igénye nem ismert és a termelő vállalatok a szigorodó környezetvédelmi normákra rövid távú, nem kiszámítható stratégiákkal készülnek.

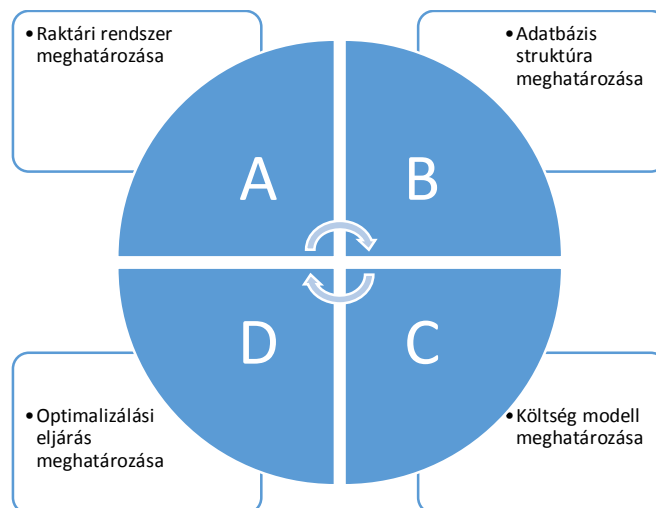
A gyakorlati életben a költségek csökkentésének egyik formája a veszteségek azonosítása és eliminálása. Ez a törekvés leginkább a termelési területekre korlátozódott csekély mértékben figyelembe véve a kapcsolódó raktározási rendszerek működését és szinergikus összekapcsolódását a termelési anyagáramlással. Raktározási területen a problémák alapvetően abból adódnak, hogy az alapanyag, valamint a késztermék raktározás esetén az input és output anyagáramok jelentős mértékben, sok esetben sztochasztikusan ingadoznak, így a készletezési mechanizmusok csak jelentős pontatlansággal határozhatók meg. A folyamatosan változó vevői igények okozta pontatlan készletgazdálkodás jelentős hatást gyakorol a gyártandó termékek alapanyagainak előkészítésére, a termék gyártási átfutási idejére és tervezhetőségére és ez által a megrendelői igények időben történő kiszolgálására. A hektikusan ingadozó vevői igények előrejelzései által generált beérkező anyagok betárolása és meglévő készletekbe történő beintegrálása, lokációjának optimalizálása, a gyártás után visszaáramló anyagok visszatárolása és a gyár termékportfóliójának gyártandó mennyiségalapú prioritizált előkészítési időcsökkentő anyag kitérőlése egyszerű, minden változót figyelembe vevő algoritmussal nem lekövethető [2;3]. Ezen folyamatok együttese fokozott készletnövelő hatást gyakorol az egy időpillanatban meglévő raktárkészletre. Másrészt a különböző raktározási intenzitásokhoz tartozó emberi és gépi erőforrások kapacitásának optimalizált meghatározásával, működtetésével kapcsolatban nincsenek kellő részletezettséggel kidolgozva az alkalmazandó módszerek, eljárások [4]. Az előzőekben ismertett problémákon túl jelentős hiányosságként jelentkezik, hogy a raktározási rendszerek működtetésének felülvizsgálata nem, vagy csak hosszabb időszakoként történik meg, melyek következményeként sok esetben nem kerül sor a szezonális hatások miatt szükségessé vált változtatások érvényesítésére [5].

A termelő vállalatok napi operatív irányítása mellett a jövőre irányuló közép és hosszú távú stratégia tervezése létfontosságú folyamat. A stratégia meghatározásának alapja egy olyan keretfeltétekkel rendelkező környezet kell, hogy legyen, amely a változó paraméterektől függően, azonos bázisra és dimenziókra vonatkoztatott összehasonlítható javaslatokat képes előállítani. Ezen adatok szolgálnak a közép és hosszú távú stratégia által igényelt esetleges beruházások megtérülő, időbeni tervezhetőségéhez. A termelő vállalatok számára az alapanyag gazdálkodás, készletlekötés szerves része a stratégiaalkotásnak, amelynek megalapozásához szükséges az optimális anyagmozgatási stratégia meghatározása.

A kutatási céloom egy olyan vizsgálati módszer kidolgozása, amely lehetővé teszi a teljes értékáramot átfogó optimális anyagmozgatási stratégia kiválasztását. Az értékteremtési folyamatok három nagyobb részre tagozódnak,

- alapanyag beérkezés és tárolás,
- gyártási terület alapanyag kiszolgálása és anyag gazdálkodása,
- késztermék tárolás és kiszállítása.

A gyártási területek magas négyzetméter költsége miatt a gyártó berendezések üzemeltetése az elsődleges cél az üzemi területeken és az alapanyag, félkész és késztermék készleteinek minimalizálása mellett.



1. ábra. Kidolgozott modell főbb részei [saját szerkesztés]

Annak érdekében, hogy a gyártás folyamatos alapanyag ellátottsága biztosított legyen figyelembe kell venni a gyártási berendezések és folyamatok kiszolgálási igényeit. Ezen igények jelentős befolyást gyakorolnak az alapanyag betárolásának, készletezésének és a késztermék készletezésének, kitérítésének folyamataira.

Az 1. ábrán bemutatott modell négy fő részre tagolható, amelyek egymásra épülve alkotnak egy egész rendszert, biztosítva az optimumkereséshez szükséges legfontosabb bementi adatokat és eljárásokat. Az raktári rendszer felépítésének és paramétereinek meghatározása, a szükséges adatstruktúrák létrehozása szolgáltat alapot a költség modell számára, aminek kimentei adatai kerülnek kiértékelésre az optimalizálás során.

A kidolgozott módszer vázát a gyártási területek igényeinek kiszolgálását biztosító jól ismert be- és kitérítési stratégiák összehasonlíthatósága adja. Az értékáramon belüli anyagmozgatási lépések mindegyikében kiértékelésre kerül a be- és kitérítési stratégiák költség hatása. Ez által számos alternatíva vizsgálata válik lehetővé. A matematikai modell az anyagmozgatási útra vetített fix és változó költségek minimalizálása mellett javaslatot ad az optimális anyagmozgatási stratégia kiválasztására.

2. A témakör hazai és nemzetközi áttekintése

2.1. Történeti áttekintés

A logisztikai rendszerek szerepe kulcsfontosságú valamennyi ellátási lánc számára, mivel ezen keresztül biztosítható, hogy az anyagok kézbesítésre kerüljenek termelési helyükről a fogyasztók számára [6;7;8;9;10;11;12;13;14]. Logisztikai rendszerek ezek mellett kritikus jelentőségűek a termelő vállalatban belül elfoglalt szerepük szerint is, mivel a lekötött tőke szempontjából jelentős értéket képviselnek [15]. Az USA-ra vonatkozó adatok azt mutatják, hogy a raktárak tőke- és működési költségei a logisztikai költségek körülbelül 22% -át teszik ki [16], míg Európára vonatkozó adatok hasonlóan 25% -ot mutatnak [17].

Az Egyesült Királyságban végzett tanulmány kimutatta, hogy az új nagyraktárak száma folyamatosan növekedett az 1995 és 2018 közötti időszakban [18;19]. A raktározási tevékenységgel foglalkozó vállalkozások száma Európa szerte hasonló növekedési tendenciát mutat a 2000 és 2018 közötti időszakban [19]. Ezek a raktárak jelentős beruházásokat jelentenek a vállalatok számára. A raktár automatizálására fordított kiadások folyamatosan növekedtek Európában [20], és ezt a tendenciát globálisan tükrözik azok a számadatok, amelyek azt mutatják, hogy az értékesítés átlagosan 5% -kal nőtt a 2003 és 2005 közötti időszakban [15].

A vállalkozások sikeréhez elengedhetetlen, hogy a raktárakat úgy tervezzék meg, hogy költséghatékonyan működjenek. Ez különösen fontos, mivel a raktározási költségeket nagyrészt a tervezési szakaszban kell meghatározni [21].

A raktári rendszerek működésének elemzése előtt szükséges a raktárak tervezésnek megismerése, a raktártervezéshez pedig az eddig rendelkezésre álló eszközök, folyamatok, lépések és gyakorlati példák feltérképezése. Az irodalomkutatás során számos kulcsfontosságú könyvet és dokumentumot azonosítottam az átfogó raktárkészítéssel kapcsolatban, amelyek a következőkben időrendi sorrendben kerülnek bemutatásra. Ezen dolgozatok a tervezési folyamatot lépések sorozatával írják le, három és tizennégy lépés között [15].

2.2. Időrendi áttekintés

Raktártervezéssel kapcsolatos irodalmak időrendi sorrendben kerülnek bemutatása [15;22].

1973: Heskett három részre bontja a követelmények meghatározását, az anyagmozgató rendszer megtervezését és az elrendezés kidolgozását [2].

- Raktári követelmények meghatározása.
- Anyagmozgató rendszerek tervezése és létesítmények tervezése.
- Épület elrendezési terve.

1977: Apple megállapította, hogy az épületek tervezésénél a tervező összetett feladattal szembesül az egyes tervezési tevékenységek közötti kölcsönhatások és összefüggések miatt.

A szerző 12 lépésből álló modellt határozott meg [24].

- Beszerzési adatok összegzése.
- Adatok elemzése.
- Folyamatok tervezése.
- Anyagáramlási folyamat minta meghatározása.
- Berendezések számának meghatározása.
- Munkaterületek megtervezése.
- Anyagmozgató berendezések kiválasztása.
- Tárolási követelmények meghatározása.
- Szolgáltatási és kiegészítő tevékenységek.
- Terület igény meghatározása.
- Területek allokálása
- Layout elkészítése.

1985: Ashayeri, Gelders, Ashayeri, szerint a raktártervezés optimalizálásnak legcélszerűbb alapja az analitikai modellek és a szimuláció kombinációja. A szerzők megállapítják, hogy kevés cikk foglalkozik a raktártervezés témakörével [25].

1987: Muther szisztematikus elrendezésének tervezése a következő lépéseket tartalmazza [26;27;28]:

- Anyagáramlás.
- Kapcsolatok a tevékenységek között.
- Kapcsolati diagramm.
- Hely igény szükségletének és a rendelkezésre álló hely meghatározása.
- Tér-kapcsolat diagramm.

- Módosítások.

1988: Firth, Apple, Denham, Hall, Inglis, Saipé 4 lépésből álló modellt definiál [29;30].

- Raktári funkciók meghatározása.
- Adatok gyűjtése és előrejelzések készítése.
- Alternatív módszerek meghatározása.
- Lehetséges javaslatok integrálása a teljes rendszerbe.
- A rendszer kiválasztása.

1990: Hatton [29;31]

- Feladatok meghatározása.
- Termék mennyiségek elemzése.
- Termék mozgásának elemzése.
- Lehetséges javaslatok kidolgozása.
- Irányítási rendszer fejlesztése.

1992: Gray et al A tervezési probléma megoldásához a három döntési szint közötti iterációt kell végrehajtani, hogy egy olyan megoldáshoz juthassanak, amely minimalizálja a teljes költséget [32].

- Létesítmény tervezés és eszközök kiválasztása.
- Tételek allokálása.
- Raktározási stratégia.

1994: Brynzer [15;33]

- Fejlesztési lehetőségek meghatározása egy rendszeren belül.
- Az előfeltételekkel rendelkező rendszerek összehasonlítása a szükséges munka szempontjából, ami releváns a rendszerek különböző terveinek megvitatásakor.
- Különböző előfeltételekkel rendelkező rendszerek összehasonlítása, ami releváns például az alapfeltételek megváltoztatásakor.

1994: Mulcahy [34]

- Adatok gyűjtése.
- Adatok elemzése.
- Tervezési paraméterek meghatározása.
- Azonosítani az adminisztratív feladatokat, területeket.

- Layout alternatívák létrehozása.

1994: Oxley korábbi szerzők legfontosabb lépéseit egyesítve egy átfogó listát hoz létre. A szállítási lánc általános rendszerkövetelményeinek meghatározásával kezdődik, ideértve azokat a tényezőket, mint a szolgáltatási szintek és a végrehajtási időkorlátok, az adatok gyűjtése és elemzése. Ezen kívül bemutat egy új lépést a használandó egységterhelések meghatározására. A következő lépések ismét az alternatív működési módszerek, a berendezések és az elrendezések fejlesztését érintik. Hangsúlyozza, hogy a raktártervezésnek a tárolási és kezelési követelményekre kell összpontosítania, és az épületet ezek alapján kell megtervezni [35].

- Rendszer követelmények meghatározása.
- Adatok meghatározása és gyűjtése.
- Adatok elemzése.
- Keretrendszer meghatározása.
- Működési folyamatok és eljárások meghatározása.
- Berendezések tulajdonságának figyelembevétele.
- Berendezések kapacitásának és számának meghatározása.
- Kiegészítő tevékenységek meghatározása.
- Elrendezési javaslatok készítése.
- Javaslatok értékelése.
- Javaslat kiválasztása.

1996: Yoon and Sharp kidolgozott fogalmi eljárást javasolnak az orderpick-rendszer megtervezéséhez.

1996: Duve and Mantel (1996) kidolgozzák a Logitrace rendszerének lépésről lépésre alapuló döntéstámogatási módszerét [15].

2000: Govindaraj, Blanco, Bodner, Goetschalckx, McGinnis, Sharp, azokra a folyamatokra összpontosítanak, amelyeket a tervezők és a terület szakértői használnak. Megpróbálják megérteni az általuk hozott döntéseket és az általuk követett folyamatokat egy projekt kidolgozásakor. Azt állítják, hogy a tervezőnek figyelembe kell vennie néhány nagyon összetett kompromisszumot. Őt lépést, valamint ezen lépések megismétlésének szükségességének jelentőségét hangsúlyozzák [36].

- Projekt modul.

- Raktározási modul.
- Áramlási és vezérlő modul.
- Üzemeltetési modul.
- Költségmodul.

2000: Rowley, Rushton: A korábbi modell olyan további lépést tartalmaz, mint a számítógépes szimuláció használata, a különböző mennyiségű teljesítmény átvitelének tesztelése és az ellátási lánc többi részére gyakorolt következmények azonosítása [15;37].

- A rendszer követelmények és kerek meghatározása.
- Adatok meghatározása és gyűjtése.
- Adatok elemzése.
- Keretrendszer meghatározása.
- Feltételezett üzemeltetési és eljárási meghatározása.
- Berendezések tulajdonságának figyelembevétele.
- Berendezések kapacitásának és számának meghatározása.
- Kiegészítő tevékenységek meghatározása.
- Elrendezési javaslat.
- Támogatott javaslat kiválasztása.
- Várható teljesítmények elemzése.
- Számítógépes szimuláció.

2000: Rouwenhorst azt állítja, hogy a tervezési folyamat általában több egymást követő szakaszon megy keresztül. Ezután tovább folytatják a tevékenységek ezen lépéseken belüli elemzését, egy fentről lefelé mutató megközelítésen alapuló hierarchikus keretbe történő csoportosítással. Ezeken keresztül azonosítva a stratégiai, taktikai és operatív döntéseket. Javasolják, hogy ezt a három döntéscsoportot egymás után vizsgálják meg [22].

- Konceptió meghatározása.
- Adatgyűjtés.
- Követelmény rendszer készítése.
- Berendezések, eszközök kiválasztása.
- Elrendezési terv meghatározása.
- Tervezési és ellenőrzési stratégia meghatározása.

2001: Goetschalckx keret rendszert ad a szisztematikus raktári tervezéshez egy matematikai modell kidolgozásához [38].

2002: Hassan (2002) és Waters (2003) ismét olyan lépések sorozatát nyújtja, amelyek sok szempontból hasonlóak az előző szerzőkhöz, bár az előbbi elsősorban a formatervezési probléma egyetlen aspektusával, azaz az elrendezéssel foglalkozik [39;40].

Hassen:

- Raktár céljainak meghatározása.
- A várható kereslet előrejelzése és elemzése.
- Keretrendszer létrehozása – működési irányelvek.
- Készletszint meghatározása.
- Osztályozás.
- Általános elrendezési terv létrehozása.
- Tárhelyhez dedikálás.
- Anyagmozgató, tároló és válogató eszközök tervezése.
- Folyosók tervezése.
- Terület meghatározása.
- Ki és bemeneti pontok számának és helyének meghatározása.
- Dokkok számának és helyének meghatározása.
- Tárolási elrendezés meghatározása.
- Gyűjtési zónák meghatározása.

Waters:

- Várható kereslet becslése.
- Raktári mozgások előrejelzése.
- Rendelkezésre álló berendezések elemzése, összehasonlítása.
- Számolja ki a tároláshoz és a mozgáshoz szükséges helyett.
- Határozza meg milyen anyagok kerüljenek egymáshoz közeli ponton tárolásra.
- Elrendezési és működési tervek kidolgozása.
- Terv véglegesítése.

2002: Bodner három fő szakaszra bontja a tervezési folyamatot. Első szakasz a tervezők előkészítő munkát végeznek. Ennek a szakasznak az eredménye lehet javaslat vagy

projektmeghatározó dokumentum, amelyet az ügyfél a lehetséges módosítások után elfogadhat. A második szakasz magát a tervezési munkát foglalja magában. Ennek a szakasznak az eredménye egy tervezési specifikációból áll. A harmadik szakasz a tervezés megvalósítása [41].

- Adatok gyűjtése.
- Adatok elemzése, profilozása.
- Funkciók meghatározása.
- Követelmény rendszer készítése.
- Részletes rendszer követelmény meghatározás és optimalizálás.

2006: Rushton, Croucher, Baker felismeri a rugalmasság fontosságát a raktártervezésben. Az üzleti igények lépése magában foglalja a forgatókönyv-tervezés fogalmát, és ez egy későbbi, konkrét lépéshez vezet a tervezési rugalmasság értékeléséhez. A tervezési folyamat iteratív jellegére példát mutatnak a berendezések és a személyzet számításai, amelyeket az elrendezés után mutatnak be [42].

- Üzleti követelmények meghatározása és keretfeltételek meghatározása.
- Adatok meghatározása és gyűjtése.
- Tervezési alapok megfogalmazása.
- Működési elvek meghatározása.
- Berendezések elemzése.
- Belső és külső elrendezési terv készítése.
- Folyamatok elkészítése és informatikai követelmények meghatározása.
- A rendszer rugalmasságának értékelése.
- Berendezések számának kiszámolása.
- Emberi erőforrás szükségességének kiszámítása.
- Tőke és működési költség meghatározása.
- A rendszer értékelése a követelmények szempontjából.
- Kiválasztott javaslatok véglegesítése.

2012: Kostrzewski korábbi modellek összegzésével és továbbfejlesztésével egy 22 lépésből álló modellt határoz meg [29].

2015: Thomas and Meller iránymutatásai az optimális megoldáshoz közeli raktárépítést biztosíthat. Keretrendszert hoznak létre és lehatárolják a döntési változókat, meghatározzák a

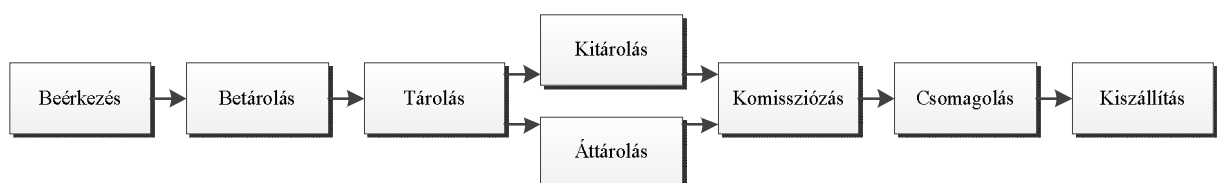
szállítási terület méretét és elrendezését, a dokk ajtajának konfigurációját, a raklap alakját és a raklapraktár magasságát. A tervezési iránymutatásuk kidolgozásához statisztikai alapú módszertant alkalmaznak [43].

Az elemzett tervezési módszertant áttekintve megállapítható, hogy a rendszerek tervezési folyamata egymással összefüggő lépések sorozatára épül. A tervezéséhez nagy mennyiségű adatra van szükség, ami a tervezési fázisban csak előrejelzéseként, becslésként állnak rendelkezésre. A tervezési módszerek nagy része vázlatos, a lépések sorozata nem logikus sorrendben követik egymást és hiányzik az egyes lépések közötti kölcsönhatás folyamatának leírása [29]. Megállapítható, hogy a rendkívül összetett lépések sorozatában bizonyos fokú ismétlődések szükségesek. Lehetséges, hogy nem lehet meghatározni, mi az „optimális” megoldás, az egyes lépésekben rejlő lehetőségek nagy száma miatt [23].

A hatékony ipari logisztikai rendszerek tervezése egyre fontosabbá válik a globális internetes gazdaság szempontjából. Ezen a területen jelentős kutatásokat végeztek, az ipari tervező szakemberek kevés eredményt használnak. Ehelyett általában a tervezési döntéshozatal során a felhalmozott tapasztalatokra támaszkodnak. A felülről lefelé mutató megközelítések hasznosak a tervezési probléma megfogalmazására, a kutatások az iparági szakértők által alkalmazott eljárások megértésére és formalizálására összpontosítanak.

2.3. Fogalmi áttekintés

A fejezet egy áttekintés a raktári anyagáramlási folyamatok (2. ábra) és a raktározási stratégiák megismerése érdekében [62].



2. ábra Anyagáramlási lépések [saját szerkesztés]

Beérkezés

A beérkezési tevékenység magában foglalja a termékek kirakodását, a termékek átvételét, a készletnyilvántartás frissítését, esetleges címkézését, az ellenőrzést annak érdekében, hogy vannak-e mennyiségi vagy minőségi eltérések [44].

Betárolás

Az alapvető tárolási stratégiák magukban foglalják a véletlenszerű tárolást, a dedikált tárolást, az osztályalapú tárolást és a legközelebbi nyitott tárhelyre való betárolást. Kutatások során megállapítják, hogy az anyagmozgatási idő jelentősen csökkenthető a dedikált tárolóhelyből a véletlenszerű betárolási stratégiára való átállás esetén, valamint, hogy az osztályalapú tárolás, amelyben viszonylag kevés a klaszter, szintén az anyagmozgatási idő csökkentését eredményezi bizonyos felettél rendszer alkalmazása mellett [45;46;47].

Betárolási stratégiák ismertetése:

- Véletlenszerű betárolási stratégia: A betárolandó anyagok az üres tárhelyeken, véletlenszerű módon kerülnek elhelyezésre. Véletlenszerű tároláshoz minden bejövő raklaphoz (vagy hasonló mennyiségű termékhez) egy helyet rendelünk a raktárban, amelyet véletlenszerűen választunk ki az összes elfogadható üres helyről azonos eséllyel. A véletlenszerű hozzárendelési módszer magas térkihasználást és a mozgatási távolság növekedését jelent. A véletlenszerű tárolási házirend csupán számítógépes vezérlésű környezetben működik. Amennyiben a megrendelők maguk választhatják meg a tárolás helyét, akkor valószínűleg egy olyan rendszert kapnánk, amelyet a legközelebbi nyitott helytárolónak hívunk. Az első üres hely, amelyet a munkavállaló talál, a termékek tárolására szolgál. Mindez ahhoz vezet, hogy az állványok tele lesznek elől és hátrafelé haladva fokozatosan csökken a kihasználtság [44;48].
- Legközelebbi nyitott tárhelyre történő betárolás: A termékek elhelyezése a legközelebbi üres tárhelyre [48].
- Fix tárhelyes betárolás: A betárolandó alapanyagok terméktípusonként meghatározott fix tárhelyre kerülnek elhelyezésre. A folyamatosan változó környezet esetén a modell csupán nagy veszteségekkel alkalmazható, hiszen a dedikált tárolás hátránya, hogy a helyet még a raktáron nem lévő termékek számára is fenntartják. Ezen kívül minden termékhez elegendő helyet kell fenntartani annak érdekében, hogy a maximális készlet szint tárolható legyen, így a helykihasználás a legalacsonyabb az összes tárolási stratégia közül. Előnye, hogy a megrendelők könnyen felismerik a termékek helyét [44;50].
- Osztályozás szerinti betárolás: Az osztályalapú tárolás fogalma egyesíti az eddig említett módszereket. A készletgazdálkodásban a Pareto módszerével klasszikus módon osztják el az elemeket osztályokba a népszerűség alapján. Az ötlet az, hogy a termékeket osztályokba

csoportosítjuk oly módon, hogy a leggyorsabban mozgó osztály csak a tárolt termékek kb. 15% -át tartalmazza, de a forgalom kb. 85% -át adja. Ezután mindegyik osztályt hozzárendelik a raktár egy speciális területéhez. A területen belüli tárolás véletlenszerű. Az osztályokat a termékek keresleti gyakoriságának bizonyos mértéke határozza meg, például COI vagy pick mennyiség. A gyorsan mozgó elemeket általában A-elemnek nevezik. A következő leggyorsabban mozgó termékkategóriát B-elemeknek nevezik, és így tovább. Az osztályok számát általában háromban határozzák meg, bár bizonyos esetekben több osztály bevezetése nyújthat további nyereségeket az anyagmozgatási idő csökkentésének tekintetében [44].

Tárolás

Az anyagok tárolási pontban várakoznak a következő művelet végrehajtására.

Kitárolás

Az anyagok kitárolása több raktári feladat érdekében lehet szükséges. Kiszállítás, kommissiózás, áttárolás [51].

Kitárolási stratégiák ismertetése:

- FIFO (First In First Out): Terméktípusonként az első beérkezett termék elsőnek kerül kitárolásra.
- LIFO (Last In First Out): Terméktípusonként a legkésőbb beérkezett termék elsőnek kerül kitárolásra.
- FEFO (First Expired First Out): Terméktípusonként az a termék kerül ki a raktárból először, amelyiknek lejáratási ideje a legrövidebb.
- LOFO (Low First Out): Terméktípusonként az a termék kerül ki először a raktárból, amelyiket a legalacsonyabb áron szereztek be.
- HIFO (High First Out): Terméktípusonként az a termék kerül ki először a raktárból, amelyiknek a beszerzési ára a legmagasabb.

Áttárolás

Áttárolási stratégiák ismertetése [50;52;53]:

- Nincs áttárolás: Az alapanyagok a raktárban töltött várakozási idejük alatt nem kerülnek átmozgatásra másik tárolóhelyre.
- Van áttárolás: Dinamikus raktári környezetben lehetőség van az anyagok tárhelyek közötti mozgatására a tárolás ideje alatt. Az átmozgatás célja, hogy az anyagok közelebb kerüljenek a kitárolási ponthoz ezzel csökkentve az anyagmozgatási útvonalak hosszát (lehetőséget biztosít a csúcsidőszakok anyagmozgatási feladatainak részleges átvételére).

Anyag kiszedés (kommissiózás)

A megrendelés teljesítésnek előfeltétele a kitárolt anyagok összegyűjtése a vevők (következő felhasználási pont) számára. A tevékenység magába foglalja a megrendelések gyűjtésnek ütemezését, a megrendelések kitárolását a padlóra, az áruk szedését a raktárhelyekről. Az ügyfélmegrendelések megrendelési sorokból állnak [44].

Csomagolás

A csomagolás alapvető feladata az áruk bármilyen fuvarozó általi tovább szállításának előkészítése oly módon, hogy az negatív módon ne befolyásolja a szállítási költségeket. Amennyiben bonyolult a megrendelések kiszédése, akkor bonyolult a csomagolás is. Pontosabban, ha a megrendelésből származó összes elem nem egy időben helyezkedik el a csomagolási területen, akkor valószínű, hogy a szállítás késik és/vagy a költségek növekednek [45;46].

Kiszállítás

A kiszállítási folyamat a raktári folyamatok végső folyamata. A csomagolás és az egységek szállításra való előkészítése (konszolidáció) után az első lépés a szállító járművekbe történő berakodás [45;46].

2.4. Raktározási rendszerek tervezésének lehetőségei

Az anyagáramlás mindenféle logisztikai létesítményen keresztül az átalakulások szigorúan meghatározott sorrendje. Ezek az átalakulások idő, hely vagy forma szempontjából elemezhetőek. Az első eset az anyagok logisztikai létesítményekben történő tárolására vonatkozik. A hely transzformációját az anyagok raktáron belüli szállítása jelenti. A forma-átalakítás során azonban

az anyagokat fizikai formájuk miatt dolgozzák fel, azaz együtt csomagolva, konszolidálva, nem konszolidálva, összeszerelve, csomagoltan stb. A raktári folyamat olyan műveletek halmaza, amelyek az anyagok fogadásához, tárolásához, szedéséhez és szállításához kapcsolódó lépések sorozatát, az erre a célra alkalmas helyen, bizonyos szervezeti és technológiai feltételek mellett tartalmazza [6]. Mindebből arra lehet következtetni, hogy a raktárfolyamat olyan alfolyamatokat foglal magában, mint a fogadás, tárolás, szedés és szállítás. Ennek ellenére ez egy nagyon általános megközelítés, pedig a raktározási folyamat sokféle lehet és több részösszetevőt tartalmazhat. Ezen folyamat elemek kiválasztását és megfelelő összekapcsolását a logisztikai létesítmény funkciói és feladatai határozzák meg. Valójában termelési raktárak, disztribúciós raktárak általában különféle típusú átalakításokat hajtanak végre. A raktárstratégia kiválasztása általában függ az alapvető raktári feladatoktól, a felépítéstől, mérettől, vásárlói megrendeléstől, a kezelt logisztikai egységek méretétől, számosságától, kezelhetőségétől, valamint az anyagkezelés költségétől [6]. Különösen az alfolyamatok során (mind pénzügyi, mind pedig tőkekötség), a tárhely és a munkaerő rendelkezésre állásától [6].

A raktártervezés öt fő döntést foglal magában [47].

- A raktári struktúra meghatározása. A raktározandó anyagok kezeléséhez kapcsolódó folyamatok meghatározása. A beérkezésem, ellenőrzésem, betároláson, kommissiózáson, áttároláson, valamint az egységakomány képzésem és csomagoláson keresztül.
- A raktári layout meghatározása és méretezése. Az elrendezési alaprajz az építési terület adta lehetőségtől és a többi lépéstől függ. A raktári eszközök, polcrendszerek, működési és operatív stratégia mind meghatározza a layout és a raktér fizikális paramétereit.
- Működési és operatív stratégia meghatározása. A működési stratégia kiválasztása meghatározza, hogy a raktár hogyan működjön, például a tárolás és a megrendelés szempontjából. Az operációs stratégiák globális hatással vannak a többi tervezési döntésre, ezért ezeket figyelembe kell venni a tervezési szakaszban.
- Raktári eszközök berendezések, kiválasztása. Az eszközök és berendezések kiválasztása meghatározza a raktár kapacitását, az anyagmozgató gépek száma és a típusa pedig az áteresztő képességet és az automatizáltsági szintet. A tervezési lépés adatai bemeneti adatként szolgálnak a raktári kapacitás tervezéséhez. Az eszközök és berendezések

kiválasztása kulcsfontosságú a működési stratégia tervezésében mivel ezen adatok jelentősen korlátozhatják a stratégia kiválasztását és a stratégiák közötti rugalmas átállást.

- Raktári kapacitás méretezése és tervezése. A méretezési döntések meghatározzák a tervezett raktár méretét, valamint a különféle raktár területek közötti helyfelosztást. A tervezett kapacitás bemeneti adatként szolgál a korábban említett tervezési lépésekben. Jelentős hatást gyakorol a raktár fizikális paramétereinek kiválasztásában, áteresztő képességének definiálásában, a kapuk számának és raktári eszközök, anyagmozgató berendezések kiválasztásában.

Rouwenhorst és munkatársai (2000) a raktártervezési problémákat stratégiai, taktikai és operatív kategóriákba sorolták be [16].

- A stratégiai szinten a raktári elrendezést úgy kell kidolgozni, hogy figyelembe vesszük az alapvető folyamatokat, valamint a disztribúciós központok szempontjából releváns speciális folyamatokat, mint például a hozzáadott értékű szolgáltatások és különleges tárolási feltételek [23].
- A taktikai szint első lépése a tárolási stratégiák meghatározása, beleértve a tárolási módszer és a megrendelési módszer kiválasztását. Következő lépések a rendszerválasztás és a berendezés választás. Ezen eredmények pontos meghatározását követően a raktári folyosókat szükséges felülvizsgálni, és hozzá kell igazítani a kiválasztott állványrendszerekhez és felszereléshez [23].
- Az operatív szinten belül található a raktárfolyamatok részletes megtervezése, a raktár dokk és ajtó számosságának megtervezése. Meg kell tervezni a kiszállítási és a válogatási folyamatokat és a munkaerő szempontjából a legfontosabb folyamatokat [23].

A tervezési lépések között szoros kapcsolat van. Ez egyes lépések tervezési folyamata a többi tervezési szakasz kimentei adatain alapul. A lépések között nem lehet meghatározni egyértelmű kapcsolatot vagy konkrét kritérium rendszert, hogy melyik adat milyen súllyal vagy milyen időpontban kerüljön figyelembevételre a döntés meghozatala során. Másik oldalról a tervezési lépések kiindulási pontja szintén nem adott, hiszen a tervezést bármelyik lépésnél el lehet kezdeni és folyamatos visszacsatolásra van szükség a már megtervezett lépések állapotáról. Mindez szintén befolyásolja a tervezési szakaszban kiválasztott döntési állapotot.

2.5. Raktári anyagmozgatási stratégiák működtetésének lehetőségei

A raktári létesítmény alapvető feladataitól, az ügyfelek megrendeléseinek felépítésétől és méretétől, illetve az ipartól függően sokféle stratégia megfogalmazható a raktárfolyamatok megvalósításának vonatkozásában. A raktári stratégia a folyamat megvalósításának egy változata, amely meghatározza a kezelési és tárolási műveletek sorrendjét, és amelyeket bizonyos anyagokra alkalmaznak a fogadási és a szállítási szakaszban. A stratégia megfelelő kiválasztása a munkarendelések méretétől és formájától függ, és jelentős hatással van a folyamat teljesítményére és a megrendelések teljesítésére, figyelembe véve az ügyfél által meghatározott elvárásokat [54].

2.6. Hazai- és nemzetközi kutatási irányok ismertetése

A raktári tervezés fontossága ellenére a szakirodalom számos áttekintése arra a következtetésre jutott, hogy a tudományos folyóiratokban kevesen foglalkoztak az alkalmazandó szisztematikus megközelítéssel. Az évek során jellemző következtetések a következők [15;55;56].

- „Az irodalom kutatása azt mutatja, hogy nagyon kevés cikk foglalkozik az általános raktár tervezési problémával” (Ashayeri és Gelders, 1985);
- „Nincs eljárás a követelmények szisztematikus elemzésére és a raktár megtervezésére, hogy a gazdaságilag leghatékonyabb technológiát felhasználva kielégítsék az operatív igényeket” (Rowley, 2000);
- „Úgy tűnik, hogy még mindig nincs alapos elméleti alap a raktári tervezés módszertanához” (Rouwenhorst, 2000);
- „Úgy tűnik, hogy nem létezik átfogó és tudományos alapú módszertan a raktározási rendszerek átfogó tervezéséhez” (Goetschalckx et al., 2002).
- „A raktártervezés számos tervezési tudományágat magában foglal, mint például az infrastruktúra tervezése, az elrendezés kialakítása, a felszerelés kiválasztása és az üzemeltetés tervezése. Ennek a széles tervezési spektrumnak köszönhetően a jelenlegi kutatások többnyire leegyszerűsítik a problémát azáltal, hogy követik a fentről lefelé mutató megközelítést” (Shiva Abdoli, Sami Kara, 2016).

- „Nincs szabványos terminológia a tárolóhely-hozzárendelési problémára. Sok szerző különféle címkékkal hivatkozik rá, például a termék allokáció, termék elhelyezés, tárhely allokáció” (Juan José Rojas Reyesa, 2019).

A raktártervezési alfolyamatok szisztematikus elemzésével több szakirodalom is foglalkozik [56;57]. Ilyen alfolyamatok pl. a járat tervezés kérdésének vagy a raktári tároló rendszerek elrendezésének vizsgálata [57; S1]. Ezzel szemben nem létezik az alfolyamatok közötti átfedő vizsgálat egy lehetséges optimum keresése érdekében.

3. A kutatási tevékenység áttekintése

A fejezetben bemutatásra kerülnek a kutatási tevékenységet megalapozó irodalomkutatás fontosabb megállapításai, valamint a témához kapcsolódó releváns ipari tapasztalataim, továbbá meghatározásra kerülnek a dolgozat célkitűzései is.

3.1. Kutatási tevékenység előzményei és módszertana

Jelentős mennyiségű kutatás foglalkozik a cégeken belüli értékáram tervezéssel, illetve az anyagáram „kaputól kapuig” történő elemzésével [57;58;59]. Ennek ellenére a több éves ipari környezetben szerzett tapasztalatom azt mutatja, hogy a cégek a megalapozott elméletet a gyakorlatban csak részlegesen használják. Ennek legfőbb oka a számos egyszerűsítést tartalmazó irodalmi elmélet nehéz átültetése a gyakorlatba.

A logisztikai szervezet csak bizonyos operatív feladatokat ellátó részei vesznek részt az értékáram tervezésben és bizonyos feladatok pedig fekete dobozként kerülnek kezelésre. Aktív résztvevők, a vevői megrendelés feldolgozását végző tervezés, gyártási finomtervezés, az alapanyag tervezés, vevő csomagolás tervezése, a változások kezelésének menedzsmenete, illetve a gyártási alapanyag ellátásosnak tervezése. Ezen folyamatok aktív szereplői jelentősen hozzájárulnak a cég kitűzött eredményének eléréséhez. Kevésbé aktív szereplők a fizikai raktározást végző szervezeti egységek. Ezen inaktivitás nem az operatív ügymenettől való elzárkózást jelenti, hanem az értékáramon belüli szerepük hiányát, ezáltal a fejlesztési lehetőségek kizárását. A raktározási tevékenységet folytató szervezeti egység általában egy külön szervezet a vállalaton belül és nem minden esetben kezeli le a gyártási tevékenység változásait.

Az egyik legnagyobb kihívást jelentő munkakörnyezet volt számomra egy olyan gyártási tevékenységet folytató cégen belüli munkavégzés, ahol egymástól élesen elkülönülő termékek eltérő intenzitással kerültek gyártásra. Ez a gyártási mélység magába foglalt olyan termékeket, amik kis varianciával, alacsony beépülési alkatrészszámmal és magas megrendelési darabszámmal kerültek gyártásra. Ezen termékek gyártási ütemideje másodpercekben volt mérhető, valamint a beépítendő alkatrészek kis fizikai kiterjedésük voltak, ugyanakkor bizonyos anyagok speciális anyagkezelést és tárolást igényeltek. A termékek másik csoportja széles varianciával, magas beépülési alkatrészszámmal és magas átfutási idővel rendelkeztek. A beépítendő alkatrészek

fizikális kiterjedése nagy volt, valamint a gyártási átfutásiidő napokban volt mérhető. A harmadik jelentős csoport a vevői igényre szabást biztosító félig gyártási és félig raktározási tevékenység volt, ahol a megrendelés függvényében kellett a terméket a megrendelő számára kicsomagolni, átszerelni és újra csomagolni. A három szélsőséges eset további kombinációi is elérhetőek voltak a gyártási portfólióban.

Ezzel párhuzamosan megjelent több raktári telephely integrációs lehetősége zöld mezős beruházás révén. Itt kezdtem el foglalkozni a raktártervezés elméleti kutatásával és annak gyakorlati alkalmazásával.

A kutatómunka során feltárt irodalom a Google Scholar és a ScienceDirect keresőmotorjain keresztül kerültek kiválasztásra. Az elsődleges kutatási terület a raktári létesítmények tervezésének és kivitelezésének témaköre volt. A kutatás időspektruma nem csak az elmúlt évek tudományos eredményeire, hanem a több évvel korábbra is visszanyúlnak. A széles időspektrum kiválasztását azért tartottam fontosnak mert a vevői igények elmozdultok a tömeggyártásból az egyedi igények kielégítésének irányába, így a raktározandó anyagok számossága is jelentősen megnőtt. Ennek a változásnak a raktári tervezés és kivitelezés módszertanára gyakorolt hatását kerestem. A kutatás során megállapítottam, hogy a magasraktár tervezése és építése több szempont szerinti lehatárolása és a korábban tárgyalt módszertan nem volt hasznos a gyakorlati használhatóság szempontjából.

A tervezés és kivitelezés módszertanának kutatása során kiemelt figyelmet fordítottam arra, hogy a módszertan milyen kapcsolatban áll a vállalat pénzügyi eredményével. Milyen be- és kimeneti adatokat vesz figyelembe a tervezés módszertana a vállalat üzleti tervében rendelkezésre álló pénzügyi kereteiből, illetve ezen keretek milyen súllyal és módon vesznek részt a döntés meghozatalában. Szintén fontos szempont volt a tervezés végén meghatározott döntés kivitelezéséhez szükséges költség megtérülésének időhorizontja. A vállalatok az autóiipari szegmensben évtizedekkel korábban 1-1 beruházás megtérülésére több évet számoltak, de a jelenlegi kiszámíthatatlan autóiipari helyzetben a beruházások megtérülésének igénye lecsökkent 1-2 évre. Megállapítottam, hogy a tervezési módszertannak nem szerves része a rendelkezésre álló pénzügyi keret figyelembevétele és nem gyakorolnak a tervezés során hatást a meghozatalandó döntésre. A gyakorlati tapasztalatom szerint a tervezés során elkészült állapot után kerülnek a költségek meghatározásra és abban az esetben, ha szükséges költségfedezet nem áll rendelkezésre az optimális állapot megvalósítására, akkor újbóli tervezés következik, ami a drága tételek szükségességének felülvizsgálatára vagy alternatív helyettesítésre irányul. Minden ilyen újra

tervezés jelentős idővesztéséget jelent a végleges döntés meghozatalában és kockázatot, hogy a pénzügyi keretek rendelkezésre állása befolyásolja az optimum döntést és ez által optimum állapot okozta előnyök is elvesztésre kerülhetnek. Ezzel szemben a raktári beruházások nagy értéket képviselnek a vállalat életében és ezen döntések stratégia fontosságúak. Mivel a beruházás értéke egyszeri költséget képvisel a gyár életében és ennek a költségnek a változtatása az igények változásával igen kis mértékben, vagy csak jelentős stratégiai döntések meghozatalával módosítható, inkább az operatív stratégia megfelelő kiválasztása felé fordultam.

A raktár üzemeltetés az anyagmozgatási folyamatokon, rendszereken alapszik. Ezen folyamatok alapját pedig a rendelkezésre álló anyagmozgatási stratégiák definiálják. Az anyagmozgatási stratégiát leíró irodalom régóta megalapozott és napi gyakorlati használatban van. A szakirodalom a meglévő stratégiák finomításával és a digitalizálás nyújtotta fejlesztésekre terjed ki [S6]. A kutatás során kerestem az olyan módszertant, ami a teljes értékáramon keresztül vizsgálja az anyagmozgatási stratégiákat, összehasonlítást végezve az alternatív stratégiák között és támogatva az optimum stratégia kiválasztását.

Egy gyártási tevékenységet végző vállalat értékáramán belül számos anyagáramlási lépés történik és az áramlás során változik a termékek számossága is, ezért célszerű lehet az operatív anyagmozgatási stratégia párhuzamos használata, vagy esetleges módosítása az igények változásával. Megállapítottam, hogy az operatív anyagmozgatási stratégia az alapanyag és késztermék raktárak optimalizálására törekszik, és nem veszi figyelembe a gyártási igényeket. Az említett gyártási mélység mellett nem egyértelmű a raktározási stratégia megválasztása és nem áll rendelkezésre az anyagmozgatási stratégia kiválasztását támogató módszertan a megfelelő költséghatékony döntés meghozatalára, amely segít a folyamat fejlesztésében és a gyártási mélység változásával lehetőséget ad az időszakos optimum keresésére.

3.2. Kutatási tevékenység célkitűzései

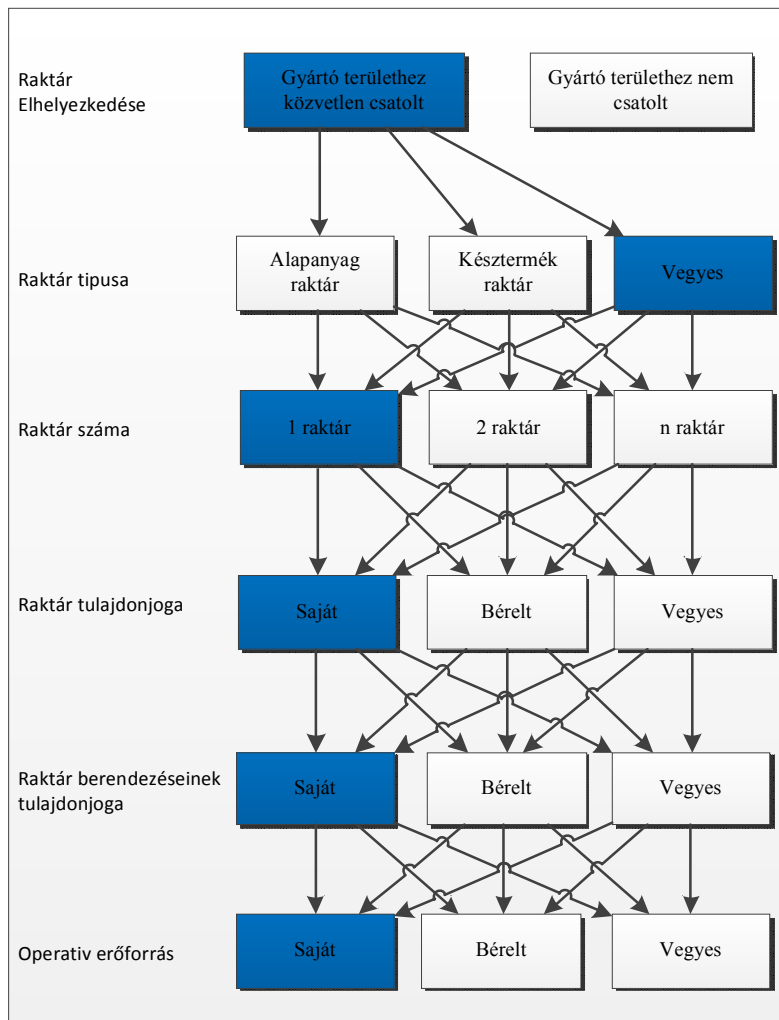
Kutatási célkitűzés, a raktározási anyagmozgatási stratégia kiválasztására és működtetésére szolgáló módszer kidolgozására. Egy olyan eljárás megalapozása, amin keresztül lehetséges az értékáramon belüli anyagmozgatási lépések figyelembevételével az optimum stratégia kiválasztása, ahol az optimalizálás egyik fő paramétere a költség. A kutatás célkitűzései a következőkön alapszik:

- Az igényvezérelt raktározási rendszer optimális kiválasztását és működtetését támogató vizsgálati rendszer koncepciójának kidolgozása.
- Az igényvezérelt raktározási rendszer kiválasztását és működtetését támogató költségmodell kidolgozása és számolási módjának meghatározása.
- Az igényvezérelt raktározási rendszer kiválasztását és működtetését támogató vizsgálati rendszer adatmodelljének, feltételeinek és cél függvényének meghatározása.

4. Vizsgálati lehetőségek ismertetése

A kaputól kapuig történő anyagáram tervezés során szükséges a kezdő és a végpontok lehatárolása, illetve anyagáramban megjelenő anyag várakozási pontok közötti folyamatok vezérlésének meghatározása. A vizsgálati lehetőségek bemutatása során az anyagáram szempontjából releváns döntési pontok kerülnek bemutatásra, melyek segítségével meghatározható az anyagáramlás főbb jellemzői és az anyagáramlásban résztvevő főbb szereplők tulajdonságai, kitérve anyag várakozási pontjai közötti vezérlés módjára is.

Az elemezni és lehatárolni kívánt rendszer (3. ábra) jobb megismerése további értelmezést tesz szükségessé, mely az alábbiakban kerül ismertetésre.



3. ábra Raktározási rendszer struktúrája [saját szerkesztés]

A vizsgálat szempontjából meghatározott kategóriák a következők:

Raktár elhelyezkedése:

- Gyártó területhez közvetlen csatolt: A gyártási és a raktározási terület egy egységet alkot. Közvetlen csatolt telephely esetén jelentősen csökkenthető a rakodási, betárolási, kommissiózási, kitárolási folyamatok száma. A gyártási alapanyag igények kezelése rövidebb átfutási idővel és kisebb emberi erőforrással kezelhető.
- Gyártó területhez nem csatolt: A raktár vagy raktárak és a gyártási területtől külön épület egységet alkotnak. Az épületek közötti fizikális távolság miatt jelentősen megnő a be- és kitárolási művelet száma. Ebben az esetben a többlet anyagmozgatási műveletek és gyűjtőjáratok magasabb költséget és kockázatot jelentenek a gyártó telephely számára.

Raktár típusa:

- Alapanyag raktár: Ebben az esetben csupán a gyártási alapanyagok és segédanyagok kerülnek raktározásra.
- Késztermék raktár: Ebben az esetben a gyártott késztermék kerül betárolásra, majd kitárolásra.
- Vegyes raktár típus: Az alapanyag és a késztermék raktározás is előfordul egy tárolási rendszerben.

Raktárak száma szerint 1 ... n lehet megadni raktári telephelyeket. A raktárak számának növelésével jelentősen növekszik az anyagkezelési műveletek száma, ami szignifikáns költség növekedést okoz. A raktár tulajdonjoga, a raktári berendezések tulajdonjoga és a munkaerő lehet saját, bérelt vagy a kettő változó arányú kombinációja.

A 3. ábrán kiemelt vizsgálati modell esetén a raktáron belüli és raktáron kívüli folyamatok bemutatása a 4. ábrán látható. A raktáron és a gyártási területeken keresztül áramló alapanyagok több anyagmozgatási és gyártási folyamaton mennek keresztül, amíg eléri a vevő által rendelt kiszállítható késztermék szintet. Az áramlási folyamaton belül az alapanyagok helyzete, állapota folyamatosan változik az anyagmozgatási folyamatot vezérlő adatok alapján. A vezérlő adatok a folyamat lépések közötti igényeket jelentik. Minden folyamat elvégzése igény alapján történik. Az igény határozza meg hogy egy adott folyamaton belül milyen anyagok mozgatására van szükség. Fő területek és folyamat megnevezések:

- Raktári területen belüli anyagmozgatás (alapanyag oldalon)

- Alapanyag betárolási normál folyamat: a beérkezett alapanyagok raktári lokációra történő betárolása. Normál betárolási folyamat olyan anyagok kezelését jelenti, ahol a betárolás a beérkezett termék sérülés, mennyiségi és minőségi eltérés nélkül, az azonosításhoz szükséges adatok rendelkezésre állásával megvalósítható.
- Alapanyag betárolás normál folyamattól való eltérés esetén: Az előző pontban felsorolt eltérések esetén az alapanyag nem tárolható be normál folyamat szerint. Az eltérés megszüntetéséig az alapanyag átmeneti tárolásra kerül.
- Gyártási területen belüli anyagmozgatás
 - Alapanyag kitárolása kommissiózásra: a gyártás által igényelt anyagok kitárolása kommissiózásra. Kommissiózás során a gyártásban felhasználandó anyagok kerülnek kigyűjtésre.
 - Maradék alapanyag visszatárolása kommissiózásról: a gyártás által igényelt anyagok kigyűjtése utáni maradék alapanyag visszatárolása.
 - Gyártási maradék anyag betárolása: a gyártásban fel nem használt alapanyagok visszatárolása.
 - Gyártási üres göngyöleg betárolása: a gyártásban felhasznált alapanyagok üres, többutas göngyölegének betárolása.
 - Maradék késztermék kitárolása: a korábbi gyártás során megmaradt késztermék kitárolása. A maradék késztermék olyan tört csomagolási egységet jelent, ami a csomagolási egységben meghatározott csomagoláson belüli darabszám eléréséig nem kiszállítható. A maradék csomagolási egység feltöltése után a termék kiszállítható.
 - Késztermék göngyöleg kitárolása: a gyártandó késztermék számára szükséges csomagoló anyagok kitárolása.
 - Késztermék betárolás normál folyamat esetén: a legyártott késztermék betárolása raktári lokációra.
- Raktári területen beüli anyagmozgatós (kiszállítási oldalon)
 - Késztermék kitárolása normál folyamat esetén: a vevői megrendelések alapján kiszállítandó késztermékek kitárolása.

Az általánosított anyagkezelési műveletek, mint anyagkezeléshez kapcsolódó adminisztratív tevékenységek nem kerülnek külön megjelölésre.

Az „igény” fogalmának meghatározása fontos lépés a vizsgálati lehetőségek ismertetésénél. Az igény több szempont szerint értelmezhető. A vállalat számára az igény a bevételek maximalizálása és ez által a veszteségek csökkentése. A raktári „igények” determinálása és a raktári folyamatok „vezérlése” több forrásból ered, aminek háttérében az értékteremtésben részt vevő szereplők és vállalati egységek állnak. Ilyen fontosabb szereplők:

- Az alapanyag tervezés
- Gyártás
- Kiszállítás

Ezek a területek mind igényeket generálnak az anyagmozgatási folyamatokkal szemben, ami meghatározza a betárolási és kitárolási stratégiát 4. ábra.

Betárolási stratégia kimenő adatok:

- Gyártási finomterv: tartalmazza a napi szinten legyártandó tételek számát, és megadja az igényt a gyártási terv teljesítéséhez szükséges alapanyagok kitárolására
- Szállítási terv: a megrendelő számára kiszállítandó késztermék listája, megadja az igényt a kitárolási folyamatok számára

Kitárolási stratégia bemenő adatok:

- Alapanyag beérkezés: gyártáshoz rendelt alapanyagok listája, megadja az igényt a betárolás folyamatok számára
- Gyártott késztermék csomagolása: a nem kiszállítható tört csomagolások listája, megadja az igényt a betárolás folyamatok számára
- Gyártott mennyiség: legyártott késztermékek listája, megadja az igényt a betárolás folyamatok számára

Minden be- és kitárolási lépéshez hozzárendelhetőek a be- és kitárolási stratégiák. Az anyagok betárolási folyamata történhet:

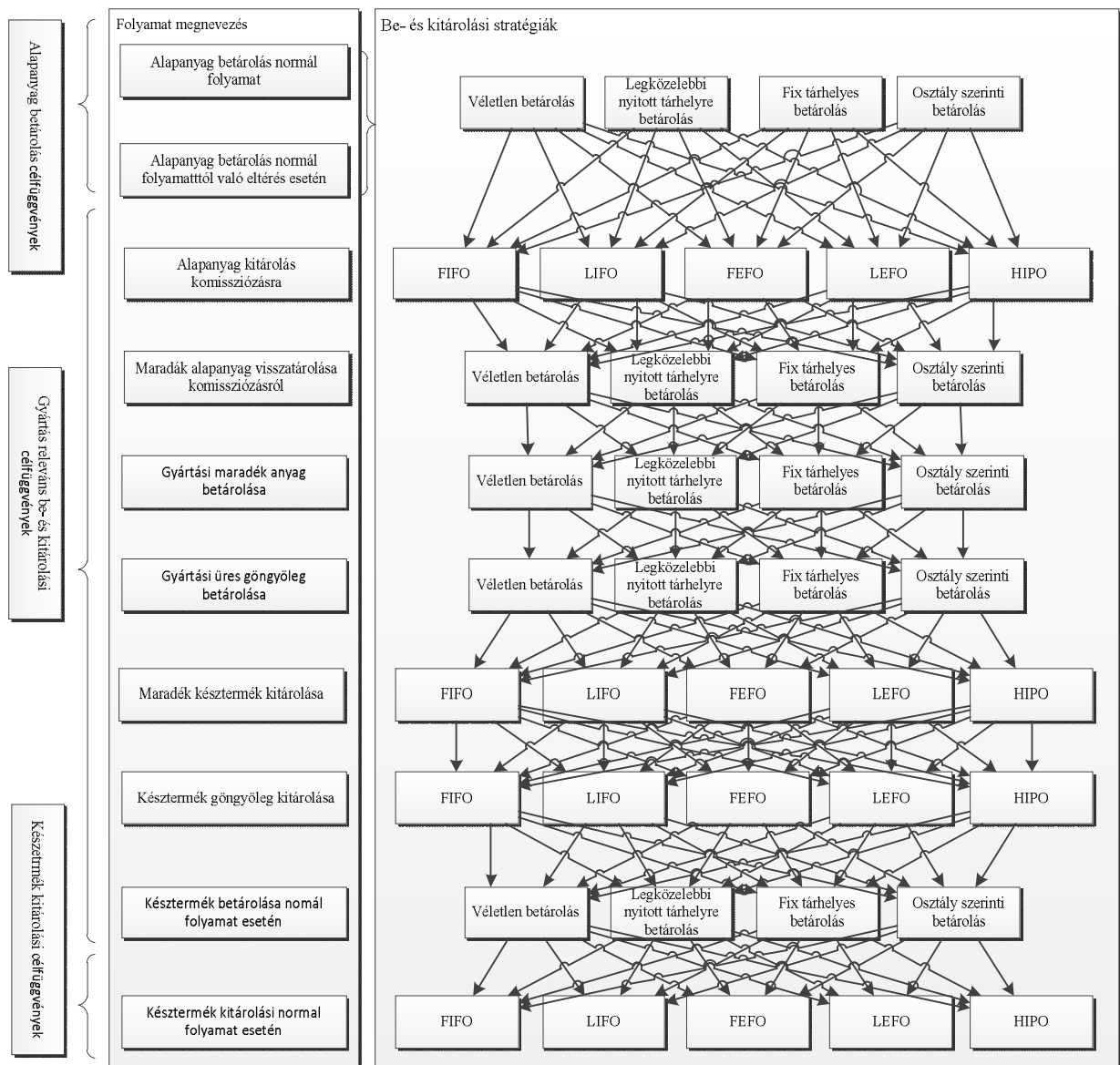
- véletlen betárolási,
- legközelebbi nyitott tárhelyre történő betárolási,
- fix tárhelyes betárolási,
- osztály szerinti betárolási stratégia szerint.

Az anyagok kitárolási folyamata történhet:

- FIFO,
- LIFO,

- FEFO,
- LEFO,
- HIPO stratégia szerint.

Az alapanyag beérkezésétől a gyártási folyamatokon keresztül a kiszállításig 640.000 db vizsgálati alternatíva határozható meg.



4. ábra Be- és kitérítési folyamatok és be- és kitérítési stratégia közötti összefüggés [saját szerkesztés]

5. Igényvezérelt raktározási rendszer optimális kiválasztását és működtetését támogató vizsgálati rendszer működési koncepciójának bemutatása

Ebben a fejezetben a rendszer működésének koncepciója, valamint adatstruktúrája kerül bemutatásra több lépésen keresztül.

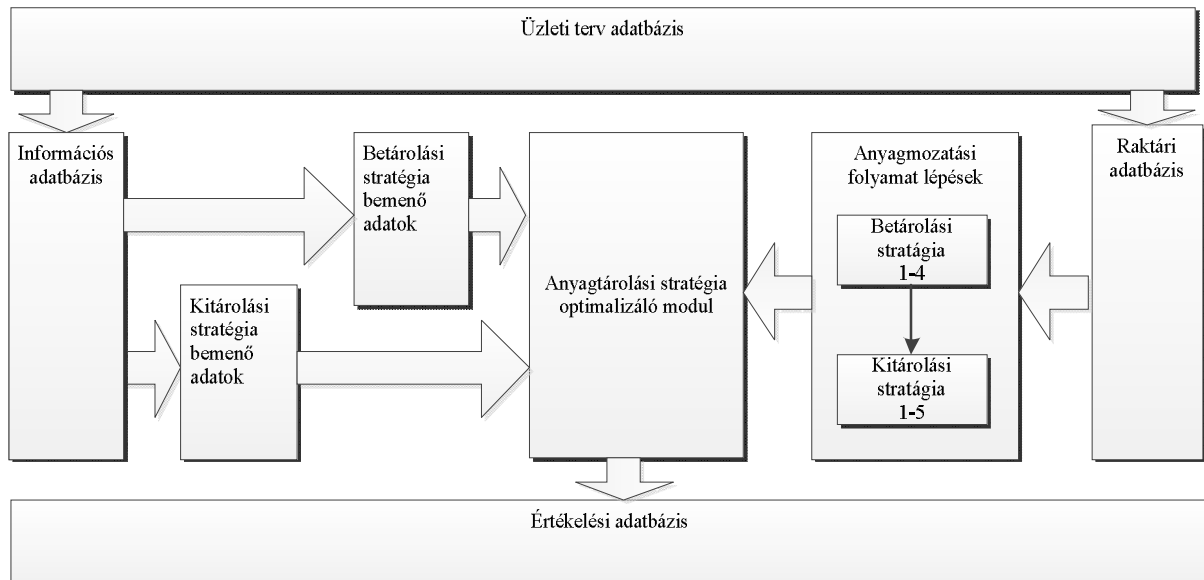
5.1. Raktári anyagmozgatási stratégia kiválasztását végző rendszer működési koncepciója

A vizsgálati modell tömbösített formája a 5. ábrán látható. A modell középpontjában az anyagmozgatási stratégia optimális megválasztását végző modul helyezkedik el. Az optimalizáló modul minden anyagmozgatási lépésnél megvizsgálja a be- és kitárolási stratégia által elérhető költséget. Az optimalizálás során 640.000 db lehetőség kerül megvizsgálásra.

A modell főbb elemei:

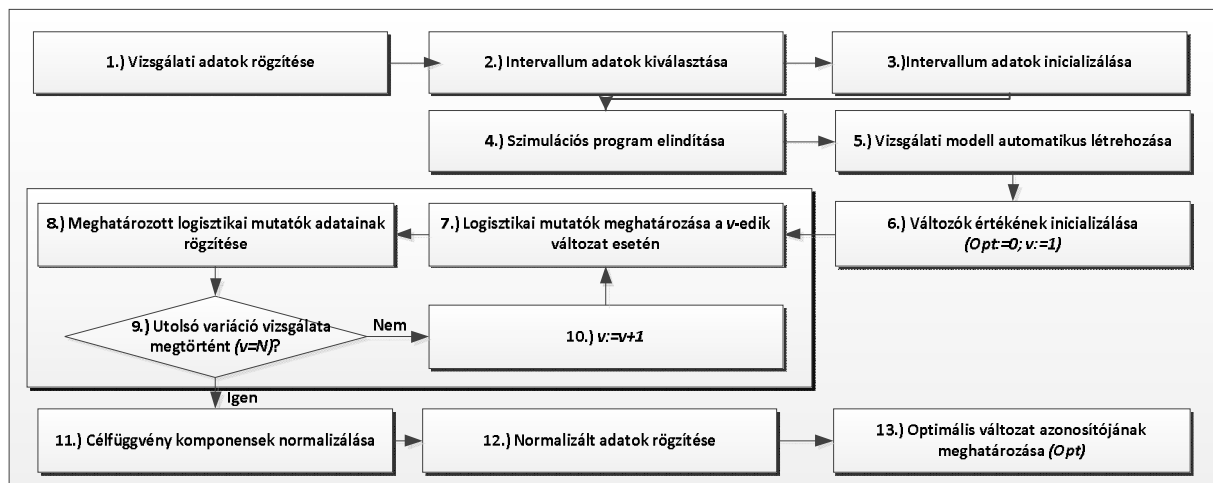
- Információs adatbázis: optimalizáló modul bemeneti adatait szolgáltatja. Ezen adatbázisok alacsony gyakorisággal változó, statikus háttérablákat tartalmaznak a gyártott termékekről, vevőkről.
- Kitárolási stratégia bemenő adatok: kitárolási folyamatok számára biztosítanak adatokat. Ezen adatok alapján kerül az igény meghatározásra. Az igény végrehajtandó feladatlistát generál a kitárolási művelet számára.
- Betárolási stratégia bemenő adatok: betárolási folyamatok számára biztosítanak adatokat. Ezen adatok alapján kerül az igény meghatározásra. Az igény végrehajtandó feladatlistát generál a betárolási művelet számára.
- Raktári adatbázis: az adatbázis elemi alacsony gyakorisággal változó, statikus háttérablákat tartalmaznak az anyagmozgató gépekről, emberi erőforrásról, tárolási rendszerről, és a termékekről.
- Üzleti terv adatbázisa: a profit elérése érdekében szükséges bevételek és kiadások vagy költségek adatbázisa, amely információkat tartalmaz a készlet értékéről és a beruházásokról.

- Anyagmozgatási folyamat lépések: A alapanyag beérkezése, betárolása, kitérolása során végzett anyagmozgatási lépések.
- Értékelési adatbázis: A anyagmozgatási lépések be- és kitérolási stratégiák alapján végzet eredmény.



5. ábra Optimális vizsgálati modell tömbösített formája [saját szerkesztés]

Az optimális raktári anyagmozgatási stratégiaváltozat kiválasztása egy szimulációs vizsgálati módszer segítségével kerül megvalósításra, amely egy kijelölt múltbeli időszak és egy előre tervezett időszak adatainak felhasználásával „szimulálja” a különböző stratégiaváltozatok szerinti anyagáramlási-rendszer működését, majd a stratégiaváltozatonként kapott logisztikai mutatók értékei alapján a legkedvezőbb célfüggvény értékkel rendelkező változat kerül kiválasztásra. A folyamat lépéseit a 6. ábra szemlélteti.



6. ábra Igényvezérelt optimális anyagmozgatási stratégia kiválasztásának koncepciója [saját szerkesztés]

5.2. Megfelelő anyagmozgatási stratégia kiválasztásnak lépései [S2;S3;S4]

1. A vizsgálati adatok rögzítése:

Az alábbiakban a vizsgálatához szükséges adatbázisok, valamint azok tartalma kerül körvonalazásra.

Az információs adatbázis eleminek rögzítése:

- Darabszám és gyártási ütemezési adatbázis adatai.
- Vevői adatbázis adatai.
- Gyártási adatbázis.
- Kiszállítási adatbázis adatai.

Az raktári adatbázis eleminek adatai:

- Tárolási rendszer adatbázis adatai.
- Anyagmozgatási rendszer adatbázis adatai.
- Termék adatbázis adatai.
- Emberi erőforrás adatbázisa.

Értékelés adatai:

- Célfüggvény komponensek súlya,
- Historikus adatok alapján képzett fajlagos költségfüggvények.

2. Intervallum adatok kiválasztása: A információs és raktári adatbázis időhorizontjának kiválasztása. Az üzleti terv adatbázisai intervallum lehetőségeket biztosít az elvárásoknak megfelelő stratégia kiválasztásához. Ez azt jelenti, hogy az adatbázis adatai nem statikusak, hanem értékei intervallumon belül változtathatóak a rendelkezésre álló beruházás összegében, vagy limitálást végez a készlet értéket befolyásolva ezáltal változtatva az elvégzendő műveletek számát, tehát kihatással van a kiválasztandó stratégiára. Mind a két bementi oldalon egy időben csak 1-1 elem jelölhető ki intervallum értékkel.

3. Intervallum adatainak inicializálása: Az intervallum min. és max. értékének és léptetési egységek számának rögzítése.

4. Szimulációs program elindítása:

Az adattáblák adatainak rögzítését követően elindításra kerül a szimulációs program, amely a megadott történeti és előrejelzett adatok alapján összességében 10 anyagmozgatási (Alapanyag betárolás normál folyamat esetén, Alapanyag betárolása normál folyamattól való eltérés esetén, Alapanyag kitárolása kommissiózásra, Maradék alapanyag visszatárolása kommissiózásról, Gyártási maradék anyag betárolása, Gyártási üres göngyöleg betárolása, Maradék késztermék kitárolása, Késztermék göngyöleg kitárolása, Késztermék betárolása normál folyamat esetén, Késztermék kitárolása normál folyamat esetén) lépésen keresztül a raktári anyagmozgatási stratégiaváltozat kiértékelésére (4 db betárolási és 5 db kitárolási stratégia, mely összesen 640.000 változatot jelent) és a legjobb változat kiválasztására biztosít lehetőséget. A szimulációs programmal szemben alapkövetelmény a múltbeli és jövőbeni adatok alapján a vizsgált rendszer automatikus létrehozása, valamennyi anyagmozgatási stratégia változat futtatása, kiértékelése, valamint a megfelelő változat kiválasztása.

5. Vizsgálati modell automatikus létrehozása:

A vizsgálati adatok alapján a vizsgált logisztikai rendszer automatikusan létrehozásra kerül (anyagmozgatási rendszer, tárolási rendszer, induló készletek).

6. Változók értékének inicializálása:

A szimulációs vizsgálati modellben két alapvető változó inicializálása történik meg, vagyis a v , amely a vizsgált anyagmozgatási stratégia változatokat és az Opt , amely az optimális változat azonosítóját tartalmazza. Természetesen vannak egyéb a programozásban alkalmazásra kerülő technikai jellegű változók, amelyek inicializálása szükséges, de ezekre most nem térünk ki.

7. Logisztikai mutatók meghatározása a v-edik változat esetén:

- a. Raktári anyagmozgatási költség: A raktári anyagmozgatási költség a jövőbeni időszak adatai alapján meghatározott fajlagos költségek, historikus adatok alapján meghatározott hatékonysági mutatók, valamint a szimulációs program által meghatározott összes anyagmozgatási úthossz szorzataként kerül meghatározásra. A függvény függő változói a naponta átlagosan megtett úthossz, illetve annak szórása. A függő változók értékeit szintén a szimulációs program határozza meg (lényegében a függő változók értékének fajlagos költségfüggvénybe való helyettesítésével kapjuk a fajlagos költséget).
- b. Logisztikai anyagmozgatási költség mutató: Megmutatja a betárolási és kitárolási stratégia által generált anyagmozgatási költség arányát a teljes raktári költségre vonatkoztatva.
- c. Adaptálhatósági mutató: Anyagmozgatási stratégiaváltozatról alkotott összbemérés (pl. kevés a tévesztés esélye, megbízható, könnyen alkalmazható stb.). A tényező értékét 1 és 10 között kell meghatározni (10 a legjobb érték).
- d. Logisztikai teljesítőképességi mutató: Megmutatja a betárolás és kitárolási stratégia raktári teljesítőképességét, amely a raktári berendezések és gépek kihasználtságát jelenti.
- e. Lekötött tőke költség mutató: Megmutatja a betárolás és kitárolási stratégia esetén raktári lekötött tőke készlet értékét:
- f. Készlet érték mutató: Megmutatja a betárolás és kitárolási stratégia esetén raktári készlet értékét arányát:

8. Meghatározott logisztikai mutatók adatainak rögzítése:

Az egyes anyagmozgatási stratégiaváltozatok vonatkozásában meghatározott logisztikai mutatók értékei egy előre definiált adattáblában kerülnek rögzítésre, mely adatok alapján a későbbiekben megtörténhet a célfüggvény komponensek normalizálása (11. lépés), valamint a célfüggvény előállítás.

9. Annak vizsgálata, hogy minden lehetséges variáció vizsgálata megtörtént –e?

Amennyiben igen, akkor az optimális változat kiválasztásának folyamata következik, amennyiben nem, akkor a következő változat kerül vizsgálatra.

10. Anyagmozgatási stratégiaváltozat azonosítójának inkrementálása.

11. Célfüggvény komponensek normalizálása:

Az v -edik stratégiaváltozat célfüggvény értékének meghatározása a szimulációs modell által meghatározott logisztikai mutatók értékei alapján történik. Annak érdekében, hogy a különböző

dimenziójú mutatók célfüggvény komponensként alkalmazhatók legyenek normalizálni kell őket. Normalizálást követően esetünkben valamennyi indikátor értéke 1-10 közé fog esni, valamint olyan anyagmozgatási stratégia változat kiválasztására fogunk törekedni, ahol ezen normalizált mutatók minimalizálása lesz a cél.

Normalizálás lépései:

Minimalizálandó célfüggvény komponensek normalizálása (raktári anyagmozgatási költség):

- meghatározzuk a minimalizálandó logisztikai jellemzők középértékét,
- a minimum érték és a középérték, valamint a maximum érték és a középérték közötti részt 5-5 intervallumra osztjuk,
- a vizsgált változatok értékeit a kapott skála segítségével pontozzuk (1-10 pont),
- minél kisebb értéket kap a vizsgált komponens annál kedvezőbb értéke adódik a célfüggvénynek is.

Maximalizálandó célfüggvény komponensek normalizálása (logisztikai raktárterheltségi mutató, szubjektív tényező):

- vesszük a maximalizálandó logisztikai jellemzők középértékét,
- a minimum érték és a középérték, valamint a maximum érték és a középérték közötti részt 5-5 intervallumra osztjuk,
- a vizsgált változatok értékeit a kapott skála segítségével pontozzuk (1-10 pont),
- egységes kezelhetőség érdekében a maximalizálandó célfüggvények transzformációját el kell végezni (11-ből kivonva minimalizálandó célfüggvény komponenssé alakul át),
- a transzformáció után elérhető, hogy a maximalizálandó célfüggvény komponenseknél is a cél a lehető legkisebb érték elérése lesz.

Az intervallum meghatározása a minimum érték és a középérték, valamint a maximum érték és a középérték közötti változtatható. Az 5-5 intervallum magadása tapasztalati úton került definiálásra, amely elégséges az adatok normalizálása során kapott értékek kiértékelésére. A skála növelése akkor lehet szükséges, ha a normalizálás során kapott értékek azonosak. Az intervallum skála növelésével a kiértékelte adatok közötti eltérés láthatóvá válik. A skála csökkentése akkor lehet szükséges, ha a kapott értékek jelentősen eltérnek ebben az esetben csökkenthető a kapott érték variánsok száma.

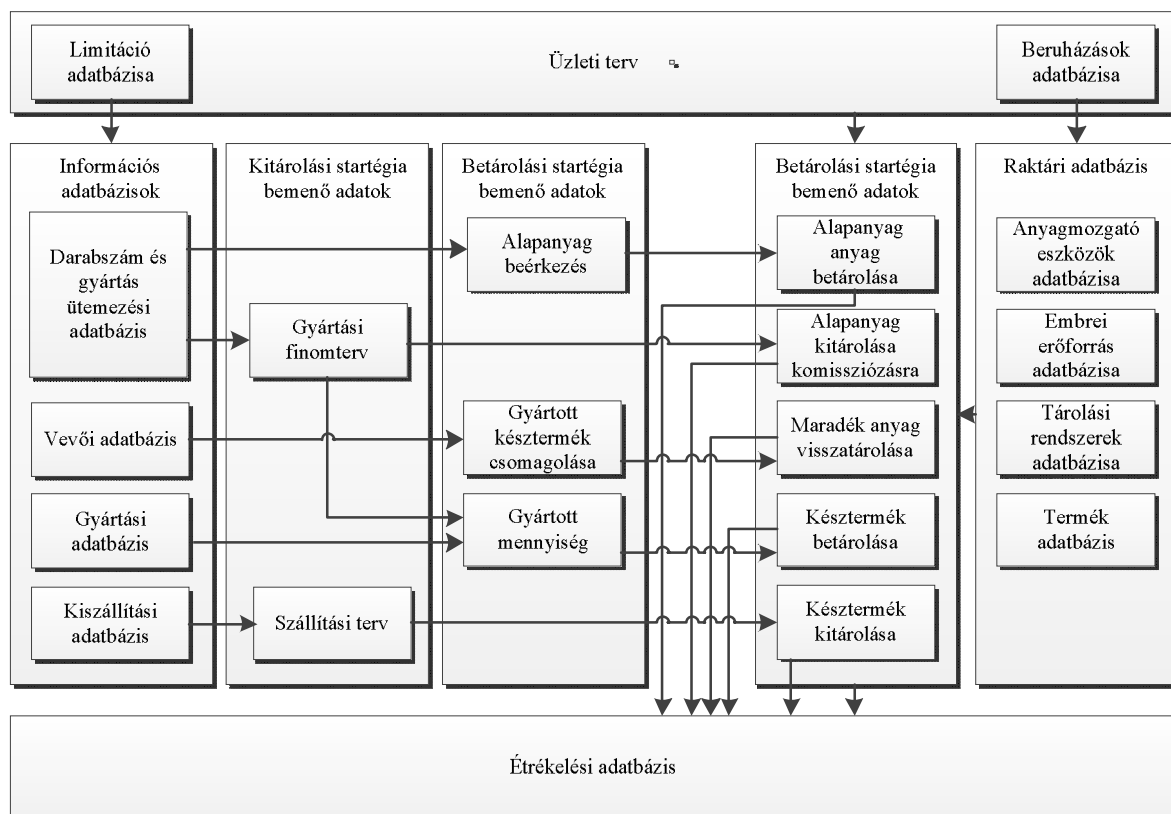
12. Normalizált adatok rögzítése:

Az egyes anyagmozgatási stratégiaváltozatok vonatkozásában meghatározott logisztikai mutatók értékeinek normalizált változata egy előre definiált adattáblában kerül rögzítésre.

13. Optimális változat azonosítójának meghatározása:

A célfüggvényen keresztül az optimális változat azonosítójának meghatározása.

5.3. Anyagmozgatási stratégia kiválasztását végző rendszer adatstruktúrája és működési mechanizmusa



7. ábra Optimális anyagmozgatási stratégia kiválasztását végző rendszer adatstruktúrája [saját szerkesztés]

Üzleti terv mutatja meg egy cég főkönyvi eredményét a tervezett forgalmi érték és a kiadások figyelembevételével. A kiadások közé tartozik a raktári adatbázisok elemeinek finanszírozása.

Megmutatja, hogy milyen maximális beruházás, lekötött tőke és értékteremtő műveletek mellett érhető el a legnagyobb üzleti eredmény [60;61;63].

Az információs adatbázis határozza meg az igényeket a raktári folyamatok felé. Az adatbázis szoros összefüggésben van az üzleti tervezéssel és az operatív gyártásirányítási folyamatok tervezésével. A 8. ábra szemlélteti az információs adatbázis elemei közötti összefüggést.

	Időtáv/Felbontás	Bemeneti adat	Kimeneti adat
Vevői megrendelések előrejelzése	Éves/Havi	- Vevők. - Termék azonosítók. - Termék darabszám. - Lerakási telephely. - Csomagolási index.	
Vevői megrendelés rögzítése	0-3 hónap/Napi	- Vevők. - Termék azonosítók. - Termék darabszám. - Lerakási telephely. - Csomagolási index.	
Kiszállítás ütemezése a vevői megrendelés alapján	0-3 hónap/Napi	- Vevők felvételi időkapu. - Szállítási lokáció távolsága / időszükséglete.	- Kiszállítási időpont.
Gyártás ütemezés a kiszállítási terv alapján	0-3 hónap/Napi	- Kiszállítási időpont. - Gyártási átfutási idő.	- Gyártási időpont.
Alapanyag rendelés a gyártási terv alapján	0-3 hónap/Napi	- Tervezett beérkezési időpont.	- Alapanyag azonosító. - Alapanyag darabszáma.
Gyártás ütemezés finomhangolása a beszállítók visszaigazolása alapján	0-3 hónap/Napi	- Beszállítók visszaigazolása.	- Alapanyag beérkezése.
Gyártási finomterv készítése a kiszállítási terv és az alapanyag rendelésreállításának függvényében	1-7 nap / óránkénti	- Alapanyag beérkezése.	- Gyártandó termék azonosító. - Darabszám. - Gyártási időpont.

8. ábra Információs adatbázison belüli összefüggések [saját szerkesztés]

A vevő megrendelések előrejelzése határozza meg a gyártandó termék palettáját és mutat eloszlást az igények változásában a naptári éven belül. Ezen előrejelzés feldolgozása és ütemezése „igényt” generál az alapanyag rendelésre és a beszállítóktól érkező visszajelzések után pedig az alapanyag beérkezésére. A beérkezés ütemezése szolgál információval – bemeneti adatként –, hogy a logisztikai folyamatoknak, hogy milyen anyag beérkezését kell kezelni. A visszaigazolt

beérkezési időpontok simítása további lehetőséget nyújt az optimalizáció folyamatában, de a későbbi modell erre a nem tér ki.

A készletezett alapanyag felhasználása a gyártás számára a vevői megrendelések gyártásba ütemezésével történik, aminek alapja a megrendelés teljesítésének időpontja. A termék vevő részére történő leszállítási időpontja, a szállítási cím távolsága a gyártási telephelytől, a készleten lévő már gyártott termékek darabszáma és a gyártási átfutási idő határozza meg, hogy mikor kerüljön a termék a gyártásba. A gyártási finomterv elkészítése tovább optimalizálható „pull” - rendszeren keresztül és simított gyártással kombinálva, ami a logisztikai folyamatok ütemezhetőségére is pozitív hatással van, de erre az optimalizációs lehetőségre a modell nem tér ki.

A legyártott termékek a vevők kérése szerint különbözőképpen kerülnek csomagolásra. A vevői csomagolásba elhelyezhető késztermékek darabszáma és az alapanyagok csomagolási egységenkénti darabszáma az esetek nagy részében eltér, ezért a gyártási tervben szereplő késztermék mennyiség legyártása után a maradék alapanyag visszatárolásra kerül a raktárba. Ennek célja, hogy elkerüljük a túlgyártást és az alapanyag felhasználását más gyártandó késztermékek előtt.

Az üzleti terv adatbázis elemei a következő adatokat tartalmazzák. Ezen adatok szolgálnak általános információval a későbbi adat táblákhoz.

- Lehetőségek – az üzleti tervben rendelkezésre áll fedezet a beruházás megvalósítására - amivel a raktári peremfeltételek változtathatóak. Ezen adatok a korábban bemutatott raktári adatbázisok elemeire hatnak.
 - Raktári tárhelyek száma bővíthető
 - Anyagmozgatást végző gépek száma bővíthető
 - Induló készlet értéke
- Limitáció az üzleti tervben a készlet értékének csökkentésére irányul ez által a csökkentve lekötött tőke értékét. Ezen adatok az információs adatbázis elemeire lesznek kihatással
 - Alapanyag rendelés értéke
 - Alapanyag rendelés gyakorisága
 - Lekötött tőke értéke.

Az üzleti terv két adatbázisa intervallum lehetőségeket biztosít az elvárásoknak megfelelő stratégia kiválasztásához. Ez azt jelenti, hogy az adatbázis adatai nem statikusak, hanem értékük

egy intervallumon belül változtatható a rendelkezésre álló beruházás összegében. A limitáció adatbázis az információs adatbázis adataiban végez limitálást, ami a készlet értéket befolyásolja, ezáltal az elvégzendő műveletek számát is, tehát kihatással van a kiválasztandó stratégiára. Az alapanyagban lekötött tőke értékének összegéből vissza lehet számolni az alapanyag mennyiségét, és ezáltal a rendelési mennyiség és beszállítási idő beállítható. Ez gyakoribb, de kisebb értékű beérkezést jelent, ami kisebb darabszámú gyakori gyártási átálláshoz vezet, ezáltal a be- és kitarolási műveletek száma növekszik. Az optimális be- és kitarolási stratégia kiválasztásával lehetőség nyílik az üzleti terv és a stratégia összehangolására. Az intervallum adatai egy időben csak 1-1 változat beállítását teszik lehetővé. Ezen adatok számával a variációk száma is növekszik. Az információs adatbázis elemei a következő adatokat tartalmazzák. Ezen adatok szolgálnak általános információval a későbbi adattáblákhoz.

- Darabszám és gyártási ütemezési adatbázis tartalmazza
 - Betárolási folyamatok számára
 - Az alapanyagok darabszámát
 - Az alapanyagonként az egységgrakományokon belüli alapanyag darabszámát
 - Az alapanyag egységgrakományának fizikális dimenzióját
 - A beérkezés időpontját
 - Kitarolási folyamatok számára
 - A gyártandó termékek azonosítója
 - A gyártandó alapanyag száma termék azonosítónként
 - A beépülő komponensek listája termék azonosítónként
 - A komponensek beépülési gyakorisága termék azonosítónként
- Vevői adatbázis
 - Betárolási folyamatok számára
 - Csomagolási index vevőnként
 - A csomagolási indexenkénti darabszámot
 - Az alapanyag azonosítónkénti csomagolás egységeinek darabszámát
- Gyártási adatbázis
 - Betárolási folyamatok számára
 - Legyártott késztermék azonosítónkénti darabszáma - egész csomagolási egység

- Legyártott késztermék azonosítónkénti darabszáma – maradék mennyiség (olyan mennyiség, ami a gyártási tervben szereplő darabszámon felül került legyártásra és ennek darabszáma kevesebb mint a vevői csomagolás darabszáma – nem tesz ki egy egész csomagolási egységet)
- Kiszállítási adatbázis
 - Kitárolási folyamatok számára
 - A termékek azonosítónkénti szállítandó darabszámát
 - A csomagolási indexenkénti darabszámot
 - A kiszállítási időpontot

Az információs adatbázis adattábla elemei:

- Darabszám és gyártási ütemezési adatbázis, betárolási folyamatok számára.
 - A vevői megrendelések alapanyag beépülési mátrixa
 - Megrendelendő alapanyag napi szintű alapadat mátrixa
 - Napi szinten megrendelendő alapanyagok információs vektora
 - Megrendelendő alapanyagok információs mátrixa
 - A csomagolási előírás vektora (Az alapanyagoként az egységgrakományokon belüli alapanyag darabszáma)
 - Megrendelendő alapanyagok raklapszámának mátrixa
 - Az alapanyagok beszállításának átfutási idejének mátrixa beszállítónként
 - Az alapanyagok szállító teljesítőképességének mátrixa
 - Az gyártási átfutási idő mátrixa
 - Az átlagos készletezési (tárolási) idő vektora
 - Az átlagos anyagkezelési idő átfutási mátrixa
 - Az alapanyagok beérkezésnek paletta szám mátrixa
 - Az alapanyag egységgrakományának fizikális dimenziójának vektora
- Darabszám és gyártási ütemezési adatbázis, kitárolási folyamatok számára
 - Gyártási finomterv mátrixa
 - Kitárolandó alapanyag napi szintű alapadat mátrixa
 - Napi szinten kitárolandó alapanyagok információs vektora
 - Kitárolandó alapanyagok információs mátrixa
 - Kitárolandó alapanyagok raklapszámának mátrixa

- Kitárolandó alapanyagok kerekített raklapszámának mátrixa
- Maradék késztermék mátrixa
- Napi kitárolandó maradék késztermék vektora
- Késztermék göngyöleg vektora
- Kitárolandó göngyöleg alapadat mátrixa

Raktári adatbázis:

- Anyagmozgató eszközök adatbázisa
 - Anyagmozgató gépek adatbázisa. Az adatbázis meghatározza az anyagmozgató gépek számát és a folyamatokhoz való hozzárendeltségét.
 - Anyagmozgató gépek tulajdonságainak adatbázisa. Az adatbázis az anyagmozgató gépek főbb paramétereit tartalmazza mint, gyorsulás, üzemi sebessége, használati idő, karbantartási idő.
 - Anyagmozgató berendezések karbantartási adatbázisa. Az elvégzendő feladatok és azok járulékos költségeit tartalmazó adatbázis.
 - Anyagmozgató berendezések szállítási kapacitásának adatbázisa.
 - Anyagmozgatási útvonalak adatbázisa. Az anyagmozgatási pontok közötti legrövidebb út útvonalát tartalmazza.
- Emberi erőforrás adatbázisa
 - Az emberi adatok adatbázisa. Általános munkavállalói információkat tartalmazó adatbázis, mint munkaviszony kezdete, munkabér, személyes adatok.
 - Munkarend adatbázisa. Meghatározza a dolgozók műszakbeosztását.
- Tárolási rendszer adatbázisa
 - Raktározási rendszer méretadatai (befoglaló méretek, tárolási rekeszek mérete, közlekedési folyosók mérete stb.) adatbázisa.
 - Tárhelyek foglaltsága, üres tárhelyek mátrixa.
 - A tárhelyen lévő anyagok típusa.
- Termék adatbázis
 - Induló készletek tárolási pozíciói terméktípusonként.
 - Terméktípusok elhelyezési lehetőségei.

Az adatok feldolgozás után az ERP rendszerben kerülnek rögzítésre. A rögzített adatok számossága és összetettsége miatt az adatbázisok forrása az ERP rendszer.

6. Igényvezérelt raktározási rendszer kiválasztását és működtetését támogató költségmodell

Az optimális raktári anyagmozgatási stratégia kiválasztásához a vizsgálat során felvázolt alternatív lehetőségek összehasonlításának egyik legfontosabb mutatója a költség. A raktározási stratégia kiválasztásánál cél a lehető legkisebb költséggel történő üzemeltetés, ami a teljes raktározási folyamatban fellelhető kiadásokat jelenti.

A raktárhoz kapcsolódó költségek 2 részre bonthatóak.

- Változó költség: Minden olyan költségelem, ami a raktári terhelésben – kezelt termékek számában - bekövetkezett változás esetén változik. A következő költségek sorolhatók ebbe a kategóriába:
 - Bérköltségek: A raktárak elsősorban operatív logisztikai feladatait ellátó személyek bére, mely a raktári terhelés függvényében változhat.
 - Az üzemeltetési költségének bizonyos része, hiszen nem folyamatos üzemeltetés mellett a rezsi költségek pl. villamosenergia csökkenthető az üzemem kívüli világítás lekapcsolásával.
 - Lízing szerződések esetén a lízingelt eszközök vagy tároló berendezések száma szintén változtatható. Ennek költség vonzata és lehetséges reakció ideje a szerződésben meghatározott feltételek szerint jelenik meg.
- Fix költségek, minden olyan költség elem, ami a raktári terhelésben – mozgatott termékek számában - bekövetkezett változás esetén nem változtatható.
 - Üzemeltetési költség bizonyos része, mint például épület fűtése, energia ellátása, biztonsági szolgálat fenntartása, hiszen az alap szolgáltatási szintet akkor is fent kell tartani, ha a raktár nem üzemel.
 - Az vállalat tulajdonában lévő gépek, berendezések, raktári épület amortizációs költsége.

A költség elemek meghatározásánál mind a változó és mind a fix költségek az inicializálási szinten kerülnek felhasználásra és értéküket a későbbi szimuláció során állandónak tekintem. A cél a terheléstől függő költségek minimalizálása. A logisztikai mutatók segítségével kiszámolható a raktár teljesítőképessége és költség hatékonysága, ami lehetőséget biztosít a beavatkozásra a

korábban bemutatott költség elemek változtatására, viszont ebben az esetben a modellt újra le kell futtatni.

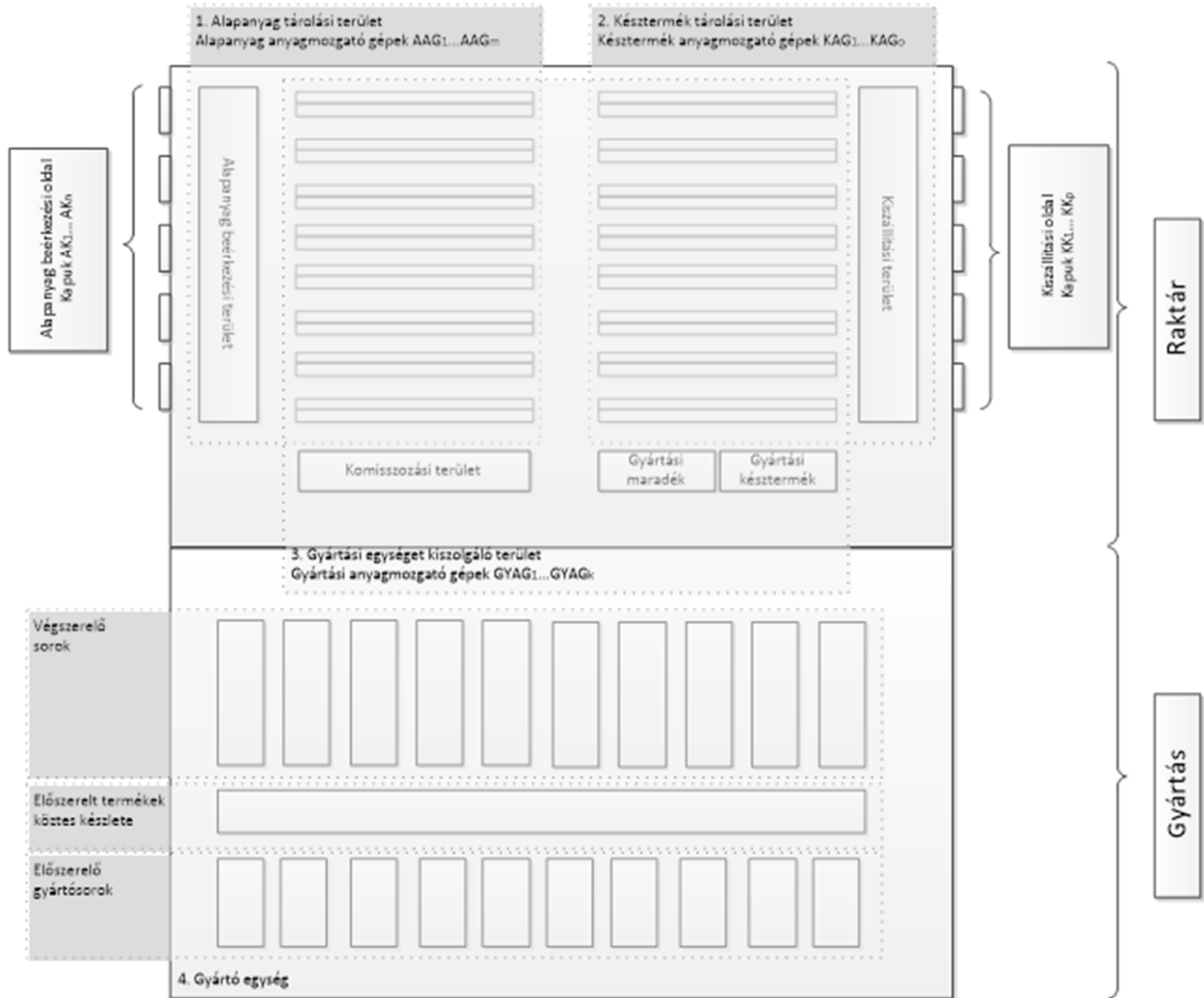
A raktározási tevékenységet leíró költségek meghatározásnak lépései következők [71].

1. **lépés:** Fel kell vázolni a raktár elrendezési modelljét. Meg kell határozni a kiszolgálásban részt vevő gépek számát, berendezések típusát és kapacitását, beérkezés és kiszállítás oldalon a kapuk számát, a segéd területek méretét és raktáron belüli helyét pl. kommissiózási terület, visszatárolásra váró gyártási maradék terület, betárolásra váró gyártási késztermék terület. Hozzárendeléseket kell végezni a gépek tevékenységekhez való hozzárendelésében és lehatárolásokat kell tenni az anyag kezelés orientációjában.
2. **lépés:** Az első pontban meghatározott tétel elemek hozzárendelése a felvázolt raktári elrendezési modellhez. pl. gépek számának hozzárendelése az alapanyag beérkezési oldalhoz. Meg kell határozni az egyes tétel elemek költségét és ennek egy napra vetített fajlagos értékét. Ezen költségek az üzleti tervben szerepelnek ezért csoportok képzése után könnyen megadhatóak.
3. **lépés:** Raktári folyamatok terhelésfüggvényeinek meghatározása. Ezen terhelésfüggvények segítségével határozható meg az elvégzett raktári folyamatok értékhozzáadó költsége.
4. **lépés:** A hatékonysági mutatók meghatározása historikus adatok alapján figyelembe véve a jövőre irányuló folyamatok hatékonyságát fejlesztő intézkedéseket.
5. **lépés:** Fajlagos költség függvények meghatározása klaszterezett egységnyi költség, a terhelésfüggvények, és a hatékonysági mutatók felhasználásával.
6. **lépés:** A logisztikai mutatók meghatározása a teljesítménymérés érdekében.
7. **lépés:** Lekötött tőke készletértékének meghatározása. Az alapanyagban lekötött tőke az egyik legnagyobb veszteségforrás a cég számára, ezért értékének minimalizálására kell törekedni. A készlet minimalizálással párhuzamosan változik az anyagmozgatási költség, hiszen kisebb alapanyag készlet szint gyakoribb, kisebb mennyiségű beszállítást tesz szükségessé, ezért az ideális anyagmozgatási stratégia kiválasztására jelentős hatással bír.
8. **lépés:** Gazdasági mutatók meghatározása a pénzügyi teljesítmény mérése érdekében.

6.1. 1.Lépés – Raktári elrendezési modell

A jellegzetes raktári elrendezési modell felépítése a 9. ábrán látható. A raktári területen meghatározásra került a polcrendszerek elrendezése és a segédterületek. Az anyagáram

orientációját három blokk jelöli. 1. alapanyag beérkezési oldal és tárolási terület, 2. késztermék kiszállítási oldal és tárolási terület, 3. gyártási egységet kiszolgáló terület. A gyártó egység, azon belül a végszerelő sorok, előszerelő sorok köztes készletének területe, előszerelő gyártósorok.



9. ábra Raktári elrendezési modell [saját szerkesztés]

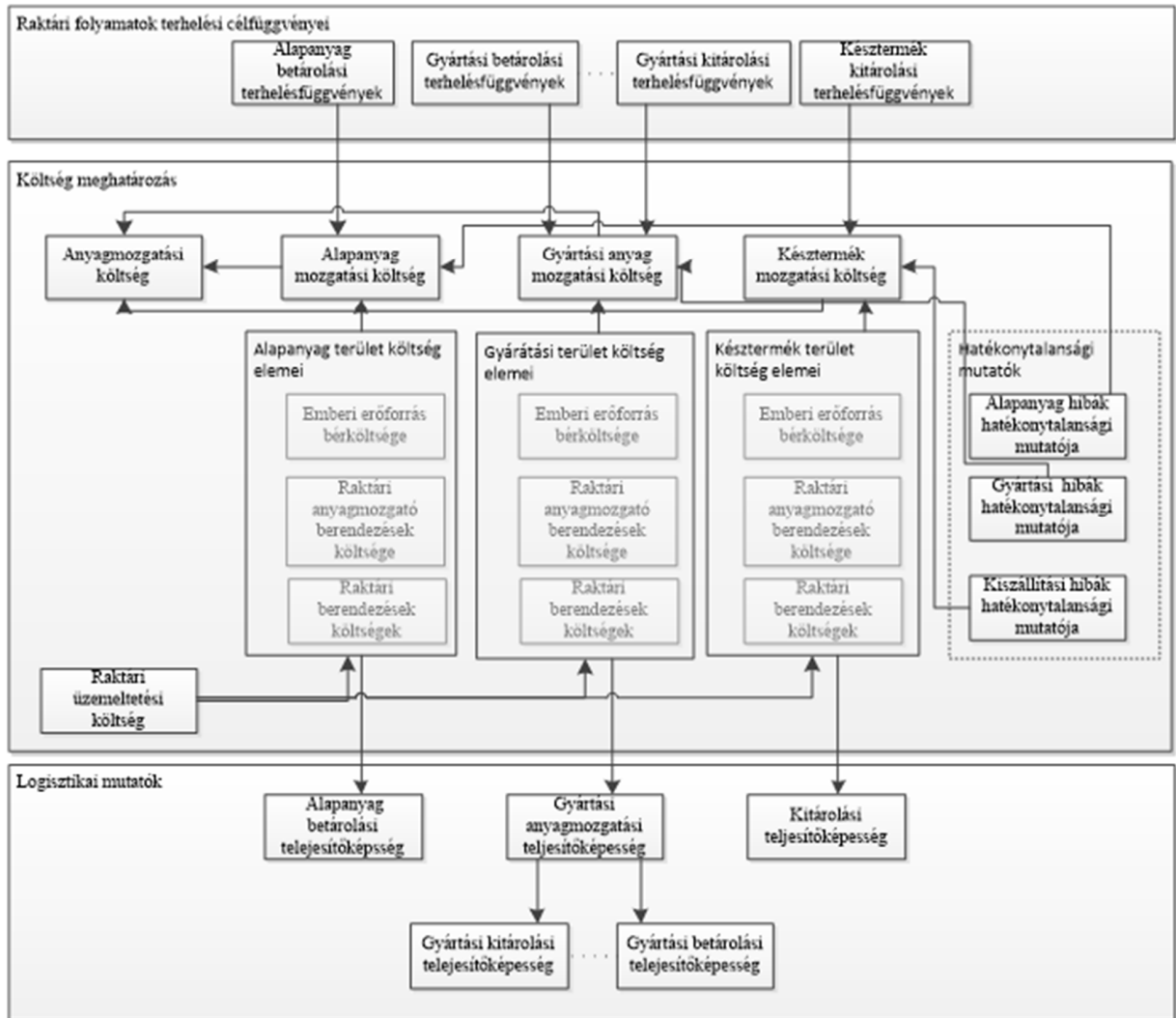
A területek belül meghatározásra és hozzárendelésre kerülnek a gépek számai.

- Alapanyag oldal
 - AKa - Alapanyag oldali kapuk száma,
 - $AGG = AAG_1 + \dots + AAG_{ak}$ - Alapanyag anyagmozgató gépek száma.
- Kiszállítási oldal

- KK - Késztermék oldali kapuk száma,
- $KAG = KAG_1 + \dots + KAG_n$ - Késztermék anyagmozgató gépek száma.
- Gyártási oldal
 - $GYAG$ - Gyártási anyagmozgató gépek száma komissiózásra,
 - MAG - Gyártási anyagmozgató gépek száma maradék alapanyag visszatárolására,
 - GAG - Gyártási anyagmozgató gépek száma üres göngyöleg betárolására,
 - $mKAG$ - Gyártási anyagmozgató gépek száma maradék késztermék kitérolására,
 - $gKAG$ - Gyártási anyagmozgató gépek száma késztermék göngyöleg kitérolására,
 - $kKAG$ - Gyártási anyagmozgató gépek száma késztermék betárolására.

6.2. 2.Lépés – Elemek hozzárendelése a felvázolt raktári elrendezési modellhez

Az anyagmozgatási költségek a korábbi három csoportra vetítve kerülnek meghatározásra éves szinten és kerülnek visszabontásra napi egységköltségre. A költségelemek és azok összefüggéseit a 10. ábra szemlélteti.



10. ábra Költség elemek és összefüggései [saját szerkesztés]

Alapanyag terület költségelemei

$$ATk = \frac{AEEk + AGGk + ARBk + R\ddot{U}k}{365} \quad [\text{Eur}/\ddot{e}v] \quad (5.1)$$

ahol,

- $AEEk$ - emberi erőforrás éves költség- alapanyag terület releváns,
- $AGGk$ - alapanyag mozgató gépek költsége,
- $ARBk$ - raktári berendezések költsége - alapanyag terület releváns,

- $RÜk$ - raktári üzemeltetési költség - alapanyag terület releváns.

$$AEEk = ABk + MBk + TBk + JBk \quad [\text{Eur/év}] \quad (5.2)$$

Az emberi erőforrások költség elemei:

- $ABk = AB_1 + \dots + AB_n$ - Alap bérköltség
ahol, AB_n - n-dik dolgozó alap bérköltsége.
- $MBk = MB_1 + \dots + MB_n$ - Műszakpótlék bérköltsége
ahol, MB_n - n-dik dolgozó műszakpótlék bérköltsége.
- $TBk = TB_1 + \dots + TB_n$ - Teljesítményalapú – bónusz – bérköltségek
ahol, TB_n - n-dik dolgozó bónusz bérköltsége
- $JBk = JB_1 + \dots + JB_n$ - Járulék jellegű bérköltségek
ahol, JB_n - n-dik dolgozó járulékos bérköltsége

$$AGGk = AGAk + AGKk + AGÜk + ÚGBk \quad [\text{Eur/év}] \quad (5.3)$$

Alapanyag mozgató gépek költség elemei:

- $AGAk = AGA_1 + \dots + AGA_n$ - alapanyag mozgató gépek amortizációs költsége
ahol, AGA_n - n-dik alapanyag mozgató gép amortizációs költsége
- $AGKk = AGK_1 + \dots + AGK_n$ - alapanyag mozgató gépek karbantartási költsége
ahol, AGK_n - n-dik alapanyag mozgató gép karbantartási költsége
- $AGÜk = AGÜ_1 + \dots + AGÜ_n$ - alapanyag mozgató gépek üzemeltetési költsége
ahol, $AGÜ_n$ - n-dik alapanyag mozgató gép üzemeltetési költsége
- $ÚGBk = ÚGB_1 + \dots + ÚGB_n$ - új gépek beszerzésének költsége
ahol, $ÚGB_n$ - n-dik új gépek beszerzésének költsége

$$ARBk = ABAk + ABKk + ABÜk + ÚBBk \quad [\text{Eur/év}] \quad (5.4)$$

Raktári berendezések költség elemei:

- $ABAk = ABA_1 + \dots + ABA_n$ - alapanyag berendezések amortizációs költsége
ahol, ABA_n - n-dik alapanyag berendezések amortizációs költsége
- $ABKk = ABK_1 + \dots + ABK_n$ - alapanyag berendezések karbantartási költsége
ahol, ABK_n - n-dik alapanyag berendezések karbantartási költsége
- $ABÜk = ABÜ_1 + \dots + ABÜ_n$ - alapanyag berendezések üzemeltetési költsége
ahol, $ABÜ_n$ - n-dik alapanyag berendezések üzemeltetési költsége
- $ÚBBk = ÚBB_1 + \dots + ÚBB_n$ - új berendezések beszerzésének költsége
ahol, $ÚBB_n$ - n-dik új berendezések beszerzésének költsége

Raktári üzemeltetés költség elemeinek 1/3 része kerül allokálásra az alapanyag területre. A három fő terület között, alapanyag terület, gyártási terület és késztermék terület között a költségek lineárisan kerülnek leosztásra, de ennek aránya szabadon változtatható.

$$RÜk = \frac{RÉAk + RÉKk + RÉRk + RÉFk}{3} \quad [\text{Eur/év}] \quad (5.5)$$

ahol,

- $RÉAk$ - raktár épület amortizációs költségei
- $RÉKk$ - raktár épület karbantartási költségei
- $RÉRk$ - raktár épület rezsi költségei
- $RÉFk$ - raktár épület fejlesztési költségei

Gyártási terület költségelemeinek és a késztermék raktározási területhez kapcsolható költség elemeinek meghatározása a fenti lépésekkel megegyező formában történik.

Gyártási terület költségelei:

$$GYTk = \frac{GyEEK + GyGGk + GyRBk + RÜk}{365} \quad [\text{Eur}/\text{év}] \quad (5.6)$$

ahol,

- *GyEEK* - emberi erőforrás éves költség – gyártási terület releváns,
- *GyGGk* - *gyártási* alapanyag mozgató gépek költsége,
ahol, $GyGGk = GYAG + MAG + GAG + mKAG$.
- *GyRBk* - gyártás releváns raktári berendezések költsége,
- *RÜk* - gyártás releváns raktári üzemeltetési költség.

Késztermék terület költségelei:

$$KTk = \frac{KEEk + KGGk + KRBk + RÜk}{365} \quad [\text{Eur}/\text{év}] \quad (5.7)$$

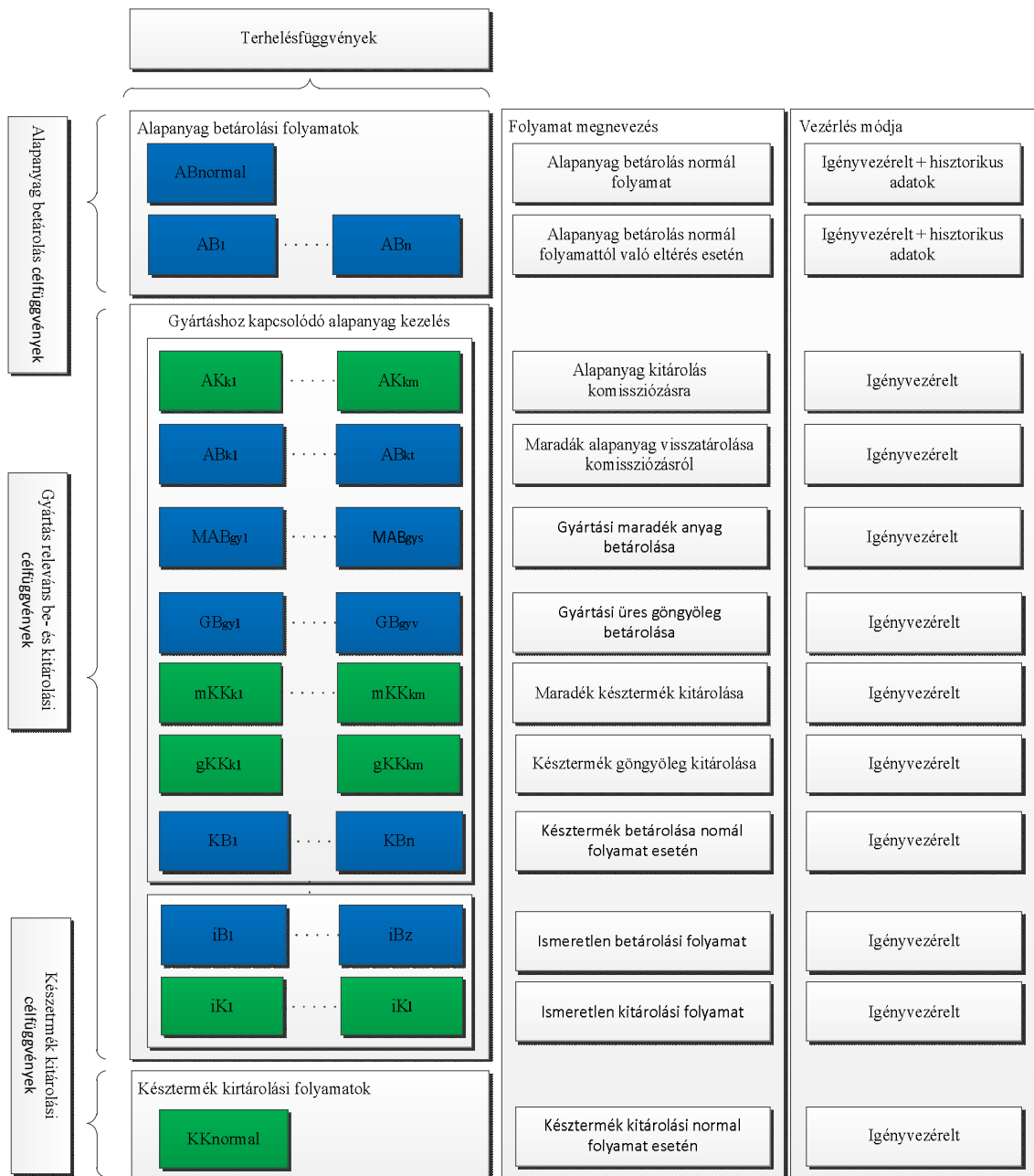
ahol,

- *KEEk* - emberi erőforrás éves költség - késztermék terület releváns,
- *KGGk* - késztermék mozgató gépek költsége,
- *KRBk* - késztermék berendezések költsége,
- *RÜk* - késztermék üzemeltetési költség.

A csoportok képzése és az allokált gépek, berendezések, emberi erőforrás és üzemeltetési költsége meghatározása után a raktári folyamatok terhelésfüggvényei kerülnek meghatározásra.

6.3. 3.Lépés - Raktári folyamatok terhelésfüggvényeinek meghatározása

Raktári folyamatok terhelésfüggvényeinek meghatározása az első pontban képzett csoportok számával és tulajdonságaival megegyező klaszterekbe kerülnek besorolásra. A terhelésfüggvények sematikus felépítését a 11. ábra szemlélteti.



11. ábra A terhelésfüggvények sematikus felépítése [saját szerkesztés]

Alapanyag betárolási folyamatok:

Az alapanyag betárolási folyamatok két csoportba sorolhatóak. 1a, alapanyag betárolás normál folyamat szerint, ide sorolható tételek beérkezés után közvetlen betárolásra kerülnek. 1b. alapanyag betárolás normál folyamattól való eltérés esetén, ide sorolható tételek betárolása során

előre definiált, de a normál folyamattól eltérő betárolása történnek, úgy mint azonosítatlan szállítmány, minőségellenőrzésre váró szállítmány, zárolt beérkezés stb.

1a. Alapanyag betárolás normál folyamat szerinti idő vektora:

$$AB_{normal} = [AB_{normal}^1 ; AB_{normal}^2 ; \dots ; AB_{normal}^{365}] \quad [\text{Óra}] \quad (5.8)$$

ahol,

- AB_{normal}^n , $n \in \{1, 2 \dots 365\}$ - naptári napok n-dik napjára eső normál alapanyag betárolási időszükséglete. A naptári napok száma tetszés szerint beállítható 1-365 között.

A n-dik naptári napra eső normál alapanyag betárolási időszükséglet meghatározása:

$$AB_{normal}^n = \frac{\sum_{ak=1}^{AKa} \sum_{i=1}^{r_{ak,n}} l_{ak}^z}{AGG_{ak} \times 3600} \times 2 \quad [\text{Óra}] \quad (5.9)$$

$, z \in \{1, 2 \dots s\}, n \in \{1, 2 \dots 365\}, ak \in \{1, 2 \dots AK\}$

ahol,

- n – naptári napok indexe.
- ak – alapanyag oldali kapuk indexe.
- AKa - alapanyag oldali kapuk száma.
- z - tároló bin indexe.
- $r_{ak,n}$ - ak . kapuról n . napon betárolandó tételek száma.
- l_{ak}^z - ak -dik kapu z . bin-tól való legrövidebb út távolsága.
- v – betárolást végző anyagmozgató berendezés sebessége [m/s].
- AGG_{ak} - ak . kapuhoz rendelt anyagmozgató gépek száma.

1b. Alapanyag betárolás nem normál folyamat szerinti idő mátrixa:

$$AB = \begin{vmatrix} ab_{11} & \cdot & \cdot & ab_{1n} \\ \cdot & \cdot & & \\ \cdot & & \cdot & \\ ab_{j1} & & & ab_{jn} \end{vmatrix} \quad [\text{Óra}] \quad (5.10)$$

ahol,

- ab_{jn} -alapanyag betárolás idő szükséglete j. nem normál folyamat n. naptári napján.

$$ab_{jn}^n = \frac{\sum_{ak=1}^{AKa} \sum_{i=1}^{r_{ak,n}} l_{ak}^z}{AGG_{ak} \times 3600} \times 2 \times H_j \quad [\text{Óra}] \quad (5.11)$$

$$, z \in \{1, 2 \dots s\}, n \in \{1, 2 \dots 365\}, ak \in \{1, 2 \dots AK\}$$

ahol,

- n – naptári napok indexe.
- ak – alapanyag oldali kapuk indexe.
- AKa - alapanyag oldali kapuk száma.
- z - tároló bin indexe.
- $r_{ak,n}$ - k . kapuról n . napon betárolandó tételek száma.
- l_{ak}^z - k . kapu z . bin-tól való legrövidebb út távolsága.
- v – betárolást végző anyagmozgató berendezés sebessége [m/s].
- H_j - j. nem normál folyamat historikus adatokból nyert előfordulási valószínűségé, ennek értékét nem lehet egzakt módon meghatározni.

Gyártási be- és kitárolási folyamatok:

A gyártási betárolási folyamatok összetettsége a gyártási alapanyag kezelés stratégiájától függ. Legtöbb esetben a gyártási terület magas négyzetméter ára miatt a gyártók a termelő berendezések

telepítése mellett csak minimális alapanyag tárolását tervezik. A gyártási alapanyag készlet a rövid átfutási idővel működő, következő ütemezett milkrun körjárat megérkezéséig biztosít fedezetet a folyamatos üzem fenntartásához. A gyártási alapanyag előkészítése több szempont szerint történhet, mint kommissiózás, alapanyag átpakolása gyártási göngyölegbe, alapanyag előfeldolgozása, maradék késztermék kitárolása stb. Ezen lépések az alapanyag kitárolási folyamatait ütemezik. A gyártó műveletek befejezése után többféle anyag áramlik vissza a raktárakba. Ilyen anyag típusok az egész csomagolású késztermék, tört mennyiségű késztermék, maradék alapanyag, többutas üres göngyöleg stb. Ezen lépések ütemezik a gyártási betárolási folyamatokat. A gyártó tevékenység folyamataitól és stratégiájától függ a raktári anyag kezelése. A 14. ábra szerint gyártási folyamatokhoz kapcsolódó be- és kitárolási lépések több elemből tevődnek össze, mivel az anyagkezelés vezérlése eltérő gyártási paramétereiktől függ.

2a. Alapanyag kitárolási folyamat idő vektora:

$$AK = [AK_k^1; AK_k^2; \dots; AK_k^{365}] \quad [\text{Óra}] \quad (5.12)$$

ahol,

- $AK_k^n, n \in \{1, 2 \dots 365\}$ - naptári napok n. napjára eső gyártási alapanyag kitárolási időszükséglete kommissiózásra.

A n. naptári napra eső gyártási alapanyag kommissiózásra történő kitárolási időszükséglete:

$$AK_k^n = \frac{\sum_{h=1}^H \sum_{i=1}^{rko_{h,n}} lko_h^z}{GYAG_h \times 3600} \times 2, z \in \{1, 2 \dots s\}, n \in \{1, 2 \dots 365\}, h \in \{1, 2 \dots H\} \quad [\text{Óra}] \quad (5.13)$$

ahol,

- n – naptári napok indexe.
- h – kommissiózási területek indexe.
- H - kommissiózási területek száma.

- z - tároló bin indexe.
- $rko_{h,n}$ - h . kommissiózási területre az n . naptári napon kitárolandó tételek száma.
- lko_h - h . kommissiózási terület z . bin-tól való legrövidebb út távolsága.
- v – betárolást végző anyagmozgató berendezés sebessége [m/s].
- $GYAG_h$ - h . kommissiózási területhez rendelt anyagmozgató gépek száma.

2b. Maradék anyag visszatárolásának időszükséglete kommissiózást követően

$$AB = [AB_k^1; AB_k^2; \dots; AB_k^{365}] \quad [\text{Óra}] \quad (5.14)$$

ahol,

- $AB_k^n, n \in \{1, 2 \dots 365\}$ - naptári napok n . napjára eső gyártási alapanyag betárolási időszükséglete kommissiózásról.

A n . naptári napra eső gyártási alapanyag kommissiózásról történő betárolási időszükséglete:

$$AB_k^n = \frac{\sum_{h=1}^H \sum_{i=1}^{rkov_{h,n}} lkov_h^z}{GYAG_k \times 3600} \times 2, z \in \{1, 2 \dots s\}, n \in \{1, 2 \dots 365\}, h \in \{1, 2 \dots H\} \quad [\text{Óra}] \quad (5.15)$$

ahol,

- n – naptári napok indexe,
- h – kommissiózási területek indexe,
- H - kommissiózási területek száma,
- z - tároló bin indexe,
- $rkov_{h,n}$ - h . kommissiózási területről az n -dik naptári napon betárolandó tételek száma,
- $lkov_h^z$ - h . kommissiózási terület z . bin-tól való legrövidebb út távolsága,
- v – betárolást végző anyagmozgató berendezés sebessége [m/s],
- $GYAG_h$ - h . kommissiózási területhez rendelt anyagmozgató gépek száma.

2c. Gyártási maradék anyag betárolási időszükséglete

$$MAB = [MAB_k^1; MAB_k^2; \dots; MAB_k^{365}] \quad [\text{Óra}] \quad (5.16)$$

ahol,

- $MAB_k^n, n \in \{1, 2 \dots 365\}$ - naptári napok n. napjára eső gyártási maradék alapanyag betárolási időszükséglete.

A n. naptári napra eső gyártási maradék alapanyag betárolási időszükséglete:

$$MAB_k^n = \frac{\sum_{i=1}^{ram_n} lam^z}{MAG \times 3600} \times 2, z \in \{1, 2 \dots s\}, n \in \{1, 2 \dots 365\} \quad [\text{Óra}] \quad (5.17)$$

ahol,

- n – naptári napok indexe,
- ram_n - az n. naptári napon betárolandó maradék gyártási alapanyag tételek száma,
- lam^z - a maradék alapanyag betárolási terület és z. bin közötti legrövidebb út távolsága,
- v – betárolást végző anyagmozgató berendezés sebessége [m/s],
- MAG - anyagmozgató gépek száma.

2d. Gyártási üres göngyöleg betárolási időszükséglete

$$GBgy = [GBgy_k^1; GBgy_k^2; \dots; GBgy_k^{365}] \quad [\text{Óra}] \quad (5.18)$$

ahol,

- $GBgy_k^n, n \in \{1, 2 \dots 365\}$ - naptári napok n. napjára eső gyártási üres göngyöleg betárolási időszükséglete,

A n. naptári napra eső gyártási maradék alapanyag betárolási időszükséglete:

$$GBgy_k^n = \frac{\sum_{i=1}^{rg_n} lg^z}{GAG \times 3600} \times 2, z \in \{1, 2 \dots s\}, n \in \{1, 2 \dots 365\} \quad [\text{Óra}] \quad (5.19)$$

ahol,

- n – naptári napok indexe,
- rg_n - az n . naptári napon betárolandó üres göngyölegek száma,
- lg^z - a maradék alapanyag betárolási terület és z . bin közötti legrövidebb út távolsága,
- v – betárolást végző anyagmozgató berendezés sebessége [m/s],
- GAG - anyagmozgató gépek száma.

2e. Maradék késztermék kitárolási időszükséglete

$$mKK = [mKK_k^1; mKK_k^2; \dots; mKK_k^{365}] \quad [\text{Óra}] \quad (5.20)$$

ahol,

- $mKK_k^n, n \in \{1, 2 \dots 365\}$ - naptári napok n -dik napjára eső maradék késztermék kitárolási időszükséglete.

A n. naptári napra eső gyártási maradék késztermék kitárolási időszükséglete:

$$mKK_k^n = \frac{\sum_{h=1}^H \sum_{i=1}^{rmk_{h,n}} lm_k^z}{mKAG_K \times 3600} \times 2, z \in \{1, 2 \dots s\}, n \in \{1, 2 \dots 365\}, h \in \{1, 2 \dots H\} \quad [\text{Óra}] \quad (5.21)$$

ahol,

- n – naptári napok indexe.
- h – kommissiózási területek indexe.

- H - komissiózási területek száma.
- z - tároló bin indexe.
- $rmk_{h,n}$ - h . komissiózási területre az n . naptári napon kitárolandó tételek száma.
- lmk_h - h . komissiózási terület z . bin-tól való legrövidebb út távolsága.
- v – betárolást végző anyagmozgató berendezés sebessége [m/s].
- $mKAG_h$ - h . komissiózási területre rendelt anyagmozgató gépek száma.

2f. Üres késztermék göngyöleg kitárolási időszükséglete

$$gKK = [gKK_k^1; gKK_k^2; \dots; gKK_k^{365}] \quad [\text{Óra}] \quad (5.22)$$

ahol,

- $gKK_k^n, n \in \{1, 2 \dots 365\}$ - naptári napok n . napjára eső maradék késztermék kitárolási időszükséglete.

A n . naptári napra eső gyártási maradék késztermék kitárolási időszükséglete:

$$gKK_k^n = \frac{\sum_{h=1}^H \sum_{i=1}^{rgk_{h,n}} \lg k_h^z}{gKAG_K \times 3600} \times 2 \quad [\text{Óra}] \quad (5.23)$$

$z \in \{1, 2 \dots s\}, n \in \{1, 2 \dots 365\}, h \in \{1, 2 \dots H\}$

ahol,

- n – naptári napok indexe.
- h – komissiózási területek indexe.
- H - komissiózási területek száma.
- z - tároló bin indexe.
- $rgk_{h,n}$ - h . komissiózási területre az n . naptári napon kitárolandó tételek száma.
- $\lg k_h$ - h . komissiózási terület z . bin-tól való legrövidebb út távolsága.
- v – betárolást végző anyagmozgató berendezés sebessége [m/s].

- $gKAG_h$ - h. komissiózási területhez rendelt anyagmozgató gépek száma.

2g. késztermék betárolási normál folyamatok esetén

$$KB = [KB^1; KB^2; \dots; KB^{365}] \quad [\text{Óra}] \quad (5.24)$$

ahol,

- $KB^n, n \in \{1, 2 \dots 365\}$ - naptári napok n-dik napjára eső gyártási késztermék betárolási időszükséglete.

A n. naptári napra eső gyártási késztermék betárolási időszükséglete:

$$GBgy_k^n = \frac{\sum_{i=1}^{rgyk_n} \lg k^z}{kKAG \times 3600} \times 2, z \in \{1, 2 \dots s\}, n \in \{1, 2 \dots 365\} \quad [\text{Óra}] \quad (5.25)$$

ahol,

- n – naptári napok indexe.
- $rgyk_n$ - az n. naptári napon betárolandó késztermékek száma.
- $\lg k^z$ - a gyártási késztermék terület és z. bin közötti legrövidebb út távolsága.
- v – betárolást végző anyagmozgató berendezés sebessége [m/s].
- $kKAG$ - gyártási anyagmozgató gépek száma késztermék betárolására.

3. Késztermék kitérítés időszükséglete

Késztermék kitérítés ütemezését a vevői megrendelések leszállításának időpontja határozza meg.

Késztermék kitérítés normál folyamatok esetén

$$KK_{normal} = [KK_{normal}^1; KK_{normal}^2; \dots; KK_{normal}^{365}] \quad [\text{Óra}] \quad (5.26)$$

ahol,

- KK_{normal}^n , $n \in \{1, 2 \dots 365\}$ - naptári napok n. napjára eső normál késztermék kitárolási időszükséglete.

A n. naptári napra eső normál késztermék kitárolási időszükségletének meghatározása:

$$KK_{normal}^n = \frac{\sum_{g=1}^{KK} \sum_{i=1}^{rkk_{kn}} l_g^z}{KAG_k \times 3600} \times 2 \quad [\text{Óra}] \quad (5.22)$$

$, z \in \{1, 2 \dots s\}, n \in \{1, 2 \dots 365\}, g \in \{1, 2 \dots KK\}$

ahol,

- n – naptári napok indexe.
- g – késztermék oldali kapuk indexe.
- KK – késztermék oldali kapuk száma.
- z - tároló bin indexe.
- rkk_{gn} - g . kapura n . napon kitárolandó késztermékek száma.
- lkk_g^z - g . kapu z . bin-től való legrövidebb út távolsága.
- v – betárolást végző anyagmozgató berendezés sebessége [m/s].
- KAG_k - k . kapuhoz rendelt anyagmozgató gépek száma.

6.4. 4.Lépés - A hatékonysági mutatók meghatározása historikus adatok alapján

A hatékonysági mutatók meghatározása historikus adatok alapján. Az ütemezett anyagkezelésben előfordulnak csúszások, változások előre nem látható okok miatt, amelyek befolyással vannak a be- és kitárolási folyamatokra.

- Alapanyag beérkezés esetén tervezettel szembeni változás oka lehet, a rendelésnél kevesebb alapanyag beérkezése, időjárás miatt szállítás csúszása, beszállító oldalán fellépő technikai probléma, előre szállítás stb.

- A gyártás oldalon keletkező okok lehetnek, a gyártási üzemzavar, túlgyártás, tételugrás (nem a gyártási tervben megadott minta szerint kerülnek a tételek legyártásra), kevesebb darabszám gyártása.
- Kiszállítás oldalon előforduló problémák, JIT kiszállítás (a legyártott késztermék közvetlenül kerül rakodásra betárolás nélkül), technikai probléma, fuvarszervezési probléma.

Mind a három esetben előfordul az emberi erőforrás hiánya, szabadságolás, betegség, fluktuáció miatt. Az emberi erőforrás hiányának lefedésére az üzleti tervben többletlétszám kerül tervezésre és ezen felül felmerülő hiányok túlórával kerülnek lekezelésre. Ezért az emberi hiány okozta hatékonyságtalanságot – az anyagkezelési folyamatokban - nem vizsgálom. A felsorolt eltérések a hatékonyságot csökkentik, bizonytalanságot okoznak és növelik a költségeket, ezért ennek hatását figyelembe kell venni. A hatékonyságtalansági mutatók meghatározásának előfeltétele a felsorolt múltbeli adatok rendelkezésre állása. Ha ezen adatok nem állnak rendelkezésre, akkor is meg kell határozni a hatékonyságtalansági mutatókat a piacon rendelkezésre álló, beszállítói és egyéb szerződésekben megjelölt keretfeltételek szerint.

Hatékonyságtalansági mutató alapanyag beérkezés esetén:

- $AKA = [AKA_1; AKA_2; \dots; AKA_{365}]$ - rendelésnél kevesebb alapanyag beérkezésének vektora ahol, $AKA_n; n \in \{1; 2; \dots; 365\}$ n. naptári napon belül előforduló kevesebb beérkezett tételek száma.
- $AKI = [AKI_1; AKI_2; \dots; AKI_{365}]$ - Időjárás miatti szállítás késői beérkezésének vektora ahol, $AKI_n; n \in \{1; 2; \dots; 365\}$ n. naptári napon belül előforduló időjárás miatti szállítás késő beérkezéseinek tétel száma.
- $ABTp = [ABT_1; ABT_2; \dots; ABT_{365}]$ - Beszállító oldalán fellépő technikai probléma miatti alapanyag késői beérkezésének vektora. ahol, $ABT_n; n \in \{1; 2; \dots; 365\}$ n. naptári napon belül előforduló beszállító oldalán fellépő technikai probléma miatti alapanyag késői beérkezésének tétel száma.
- $AES = [AES_1; AES_2; \dots; AES_{365}]$ - Előre szállítás vektora ahol, $AES_n; n \in \{1; 2; \dots; 365\}$ n. naptári napon belül előforduló előre szállított tételek tétel száma.

A fenti historikus adatokból megadható az alapanyag beérkezési hibák tételeinek szórása.

$$\begin{aligned}
 AHSz = & \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^{365} (AKA_n - \overline{AKA})^2}{365}} + \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{365} (AKI_n - \overline{AKI})^2}{365}} + \\
 & + \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{365} (ABTp_n - \overline{AKA})^2}{365}} + \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{365} (AES_n - \overline{AKA})^2}{365}}
 \end{aligned}
 \quad \begin{array}{l} \text{[Raklapok} \\ \text{száma]} \end{array} \quad (5.28)$$

Alapanyag hibák hatékonysági mutatója:

$$AHm = 1 + \left(\frac{AHSz}{|\Theta_a^n|} \times 100 \right) \quad [\%] \quad (5.29)$$

ahol,

- $AHSz$ - historikus adatokból megadható az alapanyag beérkezési hibák tételeinek szórása.
- $|\Theta_a^n|$ - n. naptári napon a. beérkezési folyamat által kezelt tételek éves szintű számossága
 $n \in \{1; 2; \dots; 365\}, a \in \{1; 2; \dots; p\}$.

Hatékonysági mutató gyártási anyag kezelése esetén:

- $GYKK = [GYKK_1; GYKK_2; \dots; GYKK_{362}]$ - gyártási üzemzavar miatt kiesett késztermék tételeinek vektora.
 ahol, $GYKK_n; n \in \{1; 2; \dots; 365\}$ n. naptári napon belüli üzemzavar miatt nem legyártott késztermék tételeinek száma.
- $GYKT = [GYKT_1; GYKT_2; \dots; GYKT_{365}]$ - túlgyártás miatt keletkezett késztermék tételek vektora.
 ahol, $GYKT_n; n \in \{1; 2; \dots; 365\}$ n. naptári napon túlgyártás miatt keletkezett tételek száma.

- $GYTU = [GYTU_1; GYTU_2; \dots; GYTU_{365}]$ - gyártás oldalon fellépő probléma miatti tételugrás esetén felhasználás nélkül visszatárolandó alapanyag tételeinek vektora, ahol $GYTU_n; n \in \{1; 2; \dots; 365\}$ n. naptári napon belül előforduló probléma miatt felhasználás nélkül visszatárolandó alapanyag tételeinek száma.
- $GYTA = [GYTA_1; GYTA_2; \dots; GYTA_{365}]$ - kevesebb gyártás miatt felhasználás nélküli visszatárolandó többletalapanyagok vektora, ahol $GYTA_n; n \in \{1; 2; \dots; 365\}$ n. naptári napon belül előforduló felhasználás nélküli többlet alapanyag tételeinek száma.

A fenti historikus adatokból megadható az gyártási hibák tételeinek szórása. A napok száma 1 és 365 között szabadon változtatható a vizsgálati intervallum függvényében.

$$\begin{aligned}
 GYHsz = & \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{365} (GYKK_i - \overline{GYKK})^2}{365}} + \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{365} (GYKT_i - \overline{GYKT})^2}{365}} + \\
 & + \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{365} (GYTU_i - \overline{GYTU})^2}{365}} + \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{365} (GYTA_i - \overline{GYTA})^2}{365}}
 \end{aligned}
 \quad \begin{array}{l} \text{[Raklapok (5.30)} \\ \text{száma]} \end{array}$$

Gyártási hibák hatékonysági mutatója:

$$GYHm = 1 + \left(\frac{GYHsz}{|\Psi_a^n|} \times 100 \right) \quad [\%] \quad (5.31)$$

ahol,

- $GYHsz$ - historikus adatokból megadható az gyártási hibák tételeinek szórása.
- $|\Psi_a^n|$ - n. naptári napon a. gyártási anyagmozgatási folyamat által kezelt tételek éves szintű számossága $n \in \{1; 2; \dots; 365\}, a \in \{1; 2; \dots; p\}$.

Hatékonysági mutató késztermék kiszállítás kezelése esetén:

- $KJIT = [KJIT_1; KJIT_2; \dots; KJIT_{365}]$ - JIT kiszállítás miatti kevesebb kitárolás tételeinek vektora ahol, $KJIT_n; n \in \{1; 2; \dots; 365\}$ n. naptári napon belül JIT kitárolású tételek száma.
- $KTP = [KTP_1; KTP_2; \dots; KTP_{365}]$ - technikai problémák miatt nem kitárolt tételek vektora ahol, $KTP_n; n \in \{1; 2; \dots; 365\}$ n. naptári napon belül technikai hibák miatt nem kitárolt tételek száma.
- $KFSZ = [KFSZ_1; KFSZ_2; \dots; KFSZ_{365}]$ - fuvarszervezési probléma miatt nem kitárolt tételek vektora, ahol, $KFSZ_n; n \in \{1; 2; \dots; 365\}$ n. naptári napon belül előforduló fuvarszervezési probléma miatt nem kitárolt tételek száma.

A fenti historikus adatokból megadható a kiszállítási hibák tételeinek szórása.

$$KHsz = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{365} (KJIT_i - \overline{KJIT})^2}{365}} + \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{365} (KTP_i - \overline{KTP})^2}{365}} + \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{365} (KFSZ_i - \overline{KFSZ})^2}{365}} \quad \begin{array}{l} \text{[Raklapok} \\ \text{száma]} \end{array} \quad (5.32)$$

Kiszállítási hibák hatékonysági mutatója:

$$KHm = 1 + \left(\frac{KHsz}{|\Lambda_a^n|} \times 100 \right) \quad [\%] \quad (5.33)$$

ahol,

- $GYHsz$ - historikus adatokból megadható a kiszállítási hibák tételeinek szórása.
- $|\Lambda_a^n|$ - n. naptári napon a. kiszállítási anyagmozgatási folyamat által kezelt tételek éves szintű számossága $n \in \{1; 2; \dots; 365\}, a \in \{1; 2; \dots; p\}$.

6.5. 5.Lépés - Fajlagos költségfüggvények meghatározása

Fajlagos költségfüggvények meghatározása a klaszterezett egységnyi költség, a terhelésfüggvények, és a hatékonysági mutatók felhasználásával történik.

Alapanyag-mozgatási költség:

$$AMk = |AMk_1; AMk_2; \dots; AMk_n| \quad [\text{Eur}] \quad (5.34)$$

ahol,

- $AMk_n, n \in \{1, 2, \dots, 365\}$ n. naptári nap alapanyag-mozgatási költsége.

$$AMk_n = (AB_{normal}^n \times ATk + ab_{jn}^n \times ATk) \times AHm \quad [\text{Eur}] \quad (5.35)$$

ahol,

- AB_{normal}^n - naptári napok n. napjára eső normál alapanyag betárolási időszükséglete.
- ATk - alapanyag terület költsége (óra vetítve).
- ab_{jn}^n - alapanyag betárolás idő szükséglete j. nem normál folyamat n. naptári napján.
- AHm - alapanyag hibák hatékonysági mutatója.

Gyártási anyagmozgatási költség:

$$GYAMk = |GYAMk_1; GYAMk_2; \dots; GYAMk_n| \quad [\text{Eur}] \quad (5.36)$$

ahol,

- $GYAMk_n, n \in \{1, 2, \dots, 365\}$ n. naptári alapanyag-mozgatási költsége.

$$GYAMk_n = GYHm \times \sum \begin{cases} AK_k^n * \times GYTk \\ ABK_k^n \times GYTk \\ MAB_k^n \times GYTk \\ GBgy_k^n \times GYTk \\ mKK_k^n \times GYTk \\ gKK_k^n \times GYTk \\ KT_k^n \times GYTk \end{cases} \quad [\text{Eur}] \quad (5.37)$$

ahol,

- AK_k^n - naptári napok n. napjára eső gyártási alapanyag kitárolási idősükséglete kommissiózásra.
- ABK_k^n - naptári napok n. napjára eső gyártási alapanyag betárolási idősükséglete kommissiózásról.
- MAB_k^n - naptári napok n. napjára eső gyártási maradék alapanyag betárolási idősükséglete.
- $GBgy_k^n$ - naptári napok n. napjára eső gyártási üres göngyöleg betárolási idősükséglete.
- mKK_k^n - naptári napok n. napjára eső maradék késztermék kitárolási idősükséglete.
- gKK_k^n - naptári napok n. napjára eső maradék késztermék kitárolási idősükséglete.
- KB^n - naptári napok n. napjára eső gyártási késztermék betárolási idősükséglete.
- $GYATk$ - gyártási terület költsége (óra vetítve).
- $GYHm$ - gyártási hibák hatékonysági mutatója

Késztermék mozgatási költsége:

$$KMk = |KMk_1; KMk_2; \dots; KMk_n| \quad [\text{Eur}] \quad (5.38)$$

ahol,

- KMk_n , $n \in \{1, 2, \dots, 365\}$ n. naptári nap késztermék mozgatási költsége.

$$KMk_n = KK_{normal}^n \times KTk \times KHm \quad [\text{Eur}] \quad (5.39)$$

ahol,

- KK_{normal}^n - naptári napok n. napjára eső normál késztermék kitárolási időszükséglete.
- KTk - késztermék terület költsége (óraóra vetítve).
- KHm - késztermék hibák hatékonysági mutatója.

Anyagmozgatási költség:

$$Ak = |Ak_1; Ak_2; \dots; Ak_n| \quad [\text{Eur}] \quad (5.40)$$

ahol,

- $Ak_n, n \in \{1, 2, \dots, 365\}$ n. naptári nap anyagmozgatási költsége.

$$Ak_n = AMk_n + GYMk_n + KMk_n \quad [\text{Eur}] \quad (5.41)$$

ahol,

- AMk_n - n. naptári nap alapanyag-mozgatási költsége.
- $GYMk_n$ - n. naptári nap gyártási anyagmozgatási költsége.
- KMk_n - n. naptári nap késztermék-mozgatási költsége.

6.6. 6.Lépés - A logisztikai mutatók meghatározása

A logisztikai mutatók meghatározása a teljesítménymérés érdekében segít a költséghányad százalékos meghatározásában. Mivel a modell nem végez optimalizálást a változó költségek tekintetében, ezért a mutatókon keresztül lehet mérni a beavatkozás utáni teljesítőképesség értékét. A változó költségek – inicializálási értékének -változtatása után a modellt újra le kell futtatni azzal a céllal, hogy a logisztikai mutatók értékét maximalizáljuk.

Alapanyag betárolási teljesítőképesség:

$$ATm_n = \frac{AMk_n}{ATk \times 24} \rightarrow \max. \text{ feltétel } ATm_n \leq 100\% \quad [\%] \quad (5.42)$$

ahol,

- AMk_n , n. naptári nap alapanyag-mozgatási költsége.
- $ATk \times 24$ - alapanyag terület költsége (napra vetítve).

Feltétel, hogy értéke nem lehet nagyobb mint 100%. Ebben az esetben a fix költségek csökkentése olyan kapacitás veszteséget okoz, ami egy napon túli kapacitást igényel. Ebben az esetben a fix költségek inicializálási értékét emelni kell, és újra lefuttatni a modellt.

Gyártási anyagmozgatási teljesítőképesség:

$$GYTm_n = \frac{GYMk_n}{GYTk \times 24} \rightarrow \max. \text{ feltétel } GYTm_n \leq 100\% \quad [\%] \quad (5.43)$$

ahol,

- $GYMk_n$, n. naptári nap gyártási anyagmozgatási költsége.
- $GYTk \times 24$ - gyártási terület költsége (napra vetítve).

Kitárolási teljesítőképesség:

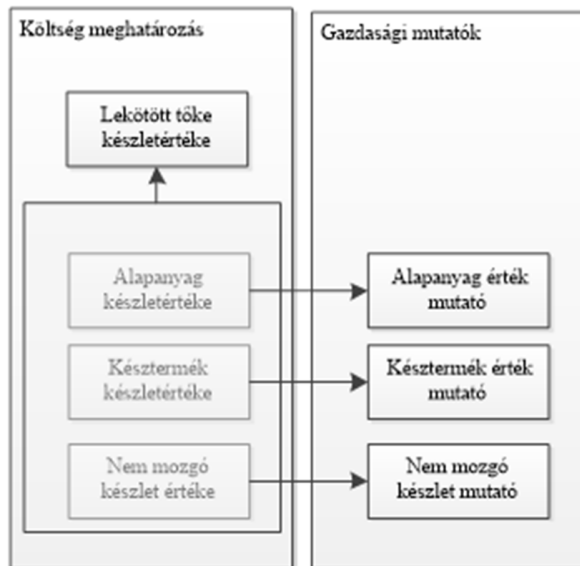
$$KTm_n = \frac{KMk_n}{KTk \times 24} \rightarrow \max. \text{ feltétel } KTm_n \leq 100\% \quad [\%] \quad (5.44)$$

ahol,

- KMk_n , n. naptári nap késztermék-mozgatási költsége.
- $KTk \times 24$ - késztermék terület költsége (napra vetítve).

6.7. 7.Lépés - Lekötött tőke készletértékének meghatározása

A 12. ábra mutatja a lekötött tőke költség elemeit, amit három nagy részre különíthetünk el.



12. ábra Igényvezérelt optimális stratégia költség elemek és összefüggései [saját szerkesztés]

Alapanyag készletértéke:

$$AKé = |AKé_1; AKé_2; \dots; AKé_n| \quad [\text{Eur}] \quad (5.45)$$

ahol,

- $AKé_n$ - n. napon készleten lévő alapanyag értéke.

$$AKé_n = AIé_n + \left(\sum_{k=1}^j r_{kn} \times Aé_{kn} \right) - (r_{kon} \times Aé_{hn}^{ki}) + (rkov_{hn} \times AKé_{hn}^{be}) + (ram_n \times AMé_n^{be}) \quad \begin{matrix} [\text{Eur} \\ /\text{nap}] \end{matrix} \quad (5.46)$$

ahol,

- $AIé_n$ - n. naptári nap kezdeti alapanyag készlet értéke.
- r_{kn} - k. kapuról n. napon betárolandó tételek száma.

- $Aé_{kn}$ - k . kapuról n . napon betárolandó tételek értéke.
- rko_{hn} - h . komissiózási területre az n . naptári napon kitárolandó tételek száma.
- $AKé_{hn}^{ki}$ - h . komissiózási területre az n . naptári napon kitárolandó tételek értéke.
- $rkov_{hn}$ - h . komissiózási területről az n . naptári napon betárolandó tételek száma.
- $AKé_{hn}^{be}$ - h . komissiózási területről az n . naptári napon betárolandó tételek értéke.
- ram_n - az n . naptári napon betárolandó maradék gyártási alapanyag tételek száma.
- $AMé_n^{be}$ - az n . naptári napon betárolandó maradék gyártási alapanyag tételeinek értéke.

Késztermék készletértéke:

$$KKé = |KKé_1; KKé_2; \dots; KKé_n| \quad [\text{Eur/nap}] \quad (5.47)$$

ahol,

- $KKé_n$ - n -dik készleten lévő késztermék alapanyag értéke

$$KKé_n = (rgyk_n \times Ké_n^{be}) - \sum_{k=1}^j rkk_{gn} \times Ké_{gn} \quad [\text{Eur/nap}] \quad (5.48)$$

ahol,

- $KIé_n$ - n . naptári nap kezdeti késztermék készlet értéke.
- $rgyk_n$ - az n . naptári napon betárolandó késztermékek száma.
- $Ké_n^{be}$ - k . kapuról n . napon betárolandó tételek értéke.
- rkk_{gn} - g . kapura n . napon kitárolandó késztermékek száma.
- $Ké_{gn}$ - g . kapura n . napon kitárolandó késztermékek száma.

Nem mozgó készlet értéke

A 90 napon keresztül nem mozgó készlet obszolétnek minősül és le kell selejtezni, ami 1-1 költséget jelent, mivel a vevői igény hiányában nem lehet a terméket értékesíteni, vagy az alapanyagot felhasználni. A különböző be- és kitarolási stratégiák esetén előfordulhat nem használható készlet.

$$NMKé = \frac{NMKé^{180} + NMKé^{270} + NMKé^{365}}{3} \quad [\text{Eur}] \quad (5.49)$$

ahol,

- $NMKé^{180}$ - az optimalizációs időszak utáni 180. napon a 90 napja nem mozgott tételek értéke
- $NMKé^{270}$ - az optimalizációs időszak utáni 270. napon a 90 napja nem mozgott tételek értéke
- $NMKé^{365}$ - az optimalizációs időszak utáni 365. napon a 90 napja nem mozgott tételek értéke

6.8. 8.Lépés - Gazdasági mutatók meghatározása

Gazdasági mutatók meghatározása.

Alapanyag érték mutató:

$$AÉm_n = \frac{AKé_n}{\ddot{U}AKé \div 365} \quad [\%] \quad (5.50)$$

ahol,

- $AKé_n$ - n. napon készleten lévő alapanyag értéke.
- $\ddot{U}AKé \div 365$ - üzleti tervben meghatározott alapanyag értéke (egy naptári napra).

Késztermék érték mutató:

$$K\acute{E}m_n = \frac{KK\acute{e}_n}{\ddot{U}KAK\acute{e} \div 365} \quad [\%] \quad (5.51)$$

ahol,

- $KK\acute{e}_n$ - n. napon készleten lévő késztermék értéke.
- $\ddot{U}KAK\acute{e} \div 365$ - üzleti tervben meghatározott késztermék értéke (egy naptári napra).

Nem mozgó készlet érték mutató:

$$NMKm = \frac{NMK\acute{e}}{\ddot{U}KAK\acute{e}} \quad [\%] \quad (5.52)$$

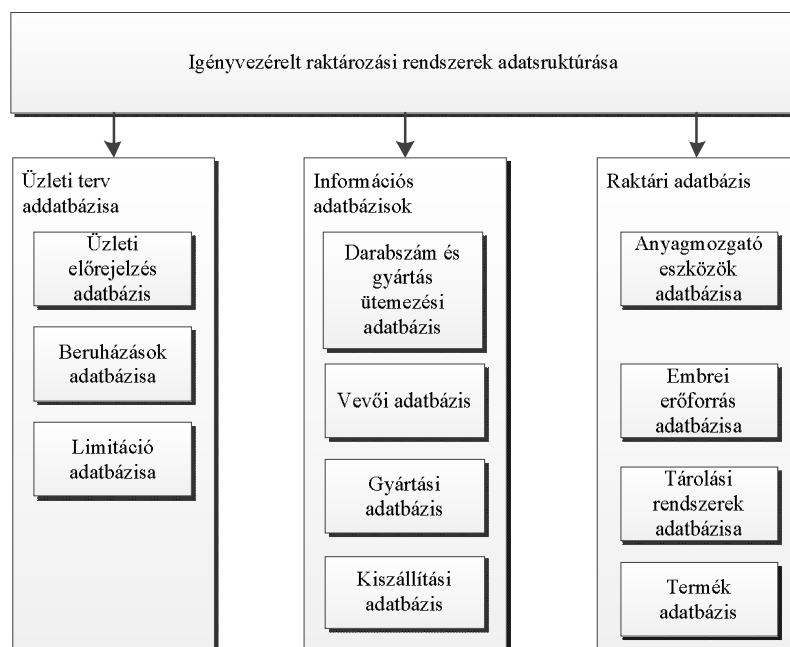
ahol,

- $NMKm$ - nem mozgó készlet átlaga.
- $\ddot{U}KAK\acute{e}$ - üzleti tervben meghatározott alapanyag érték mutató.

7. Igényvezérelt raktározási rendszer kiválasztását és működtetését támogató vizsgálati rendszer adatmodellje, feltételei, célfüggvénye

A raktározási rendszer optimális raktározási stratégiájának vizsgálatához szükséges a bementi információként szolgáló adatok keretfeltételeinek meghatározása, adatok típusának standardizálása, annak érdekében, hogy az elemzéshez minden információ mindig rendelkezésre álljon, mely alapján a megfelelő javaslat kiválasztásra kerülhet. A modell megadott időközönként való lefuttathatósága és gyors kiértékelhetősége érdekében szintén elvárás ezen keretrendszer definiálása. A 13. ábra szemlélteti az adatbázis struktúrát, ami három nagyobb részre osztható.

- Üzleti terv adatbázis, amelynek alapja a vevők által előrejelzett megrendelések számossága.
- Az információs adatbázis, amely az üzleti terv elvárásait fordítja operatív feladatokra, ami az igényeket generálja a logisztikai folyamatok számára.
- Raktári adatbázis, ami operatív feladatok végrehajtásához szükséges keretrendszer költség elemeit és peremfeltételeit tartalmazza.



13. ábra Igényvezérelt optimális raktározási rendszer adatbázis struktúrája [saját szerkesztés]

7.1. Az üzleti terv adatbázisa

a. Üzleti előrejelzések adatbázisa

A vevők által kért megrendelések rögzítését jelenti. Az előrejelzések a rendelt termék életintervallumától függően akár több évre előre is mutatják a szükségleteket, a rendelt termékek típusát és darabszámát. Természetesen ezen rendelések a piaci változások függvényében folyamatosan változnak, ezért magadott gyakorisággal a cégek ezen alapadatokat is aktualizálják a vevők visszajelzései alapján.

A vevői előrejelzések mátrixa:

$$VE = \begin{vmatrix} ve_{11} & \cdot & \cdot & ve_{1n} \\ \cdot & \cdot & & \\ \cdot & & \cdot & \\ ve_{k1} & & & ve_{kn} \end{vmatrix} \quad (7.1)$$

ahol,

- ve_{kn} - n-dik naptári napra előrejelzett k-dik azonosítójú tétel darabszáma.

Következő lépés az előrejelzések alapján beérkező tényleges rendelések rögzítése. A megrendelések időintervalluma rövidebb távot fedd le, mint a vevői előrejelzések.

A vevői megrendelések mátrixa:

$$VM = \begin{vmatrix} vm_{11} & \cdot & \cdot & vm_{1n} \\ \cdot & \cdot & & \\ \cdot & & \cdot & \\ vm_{k1} & & & vm_{kn} \end{vmatrix} \quad (7.2)$$

ahol,

- vm_{kn} - n. naptári napra megrendelt k-dik azonosítójú tétel darabszáma.

b. Beruházások adatbázisa

Az üzleti tervben rendelkezésre álló keretösszeg – budget - függvényben van lehetőség az inicializálási állapot módosítására és az optimumkeresés újbóli futtatására. A rendelkezésre álló keret alapján raktári berendezések módosíthatóak.

c. Limitáció adatbázis

A limitáció adatbázis az üzleti tervben meghatározott alapanyag és késztermék értékét maximalizálja. Célja a tőke lekötés elkerülése és jobb készletgazdálkodás elérése. Abban az

esetben, ha a betárolási folyamat során a betárolt alapanyagok értéke $AE m_n = \frac{AKé_n}{\ddot{U}AKé \div 365} = 1$

akkor a sorrendben következő alapanyagok már nem tárolhatóak be. A nem betárolt alapanyagok a következő napra csúsznak át.

A nem betárolt alapanyagok oszlopvektora:

$$NBA^n = \begin{pmatrix} NMA_1^n \\ \vdots \\ NMA_a^n \end{pmatrix} \quad (7.3)$$

ahol,

- MNA^a - az n. naptári napon be nem tárolt a-dik alapanyag paletta száma.

Az alapanyagok módosított beérkezésnek paletta szám mátrixa:

$$mABeérkezés = ABeérkezés \times NBA^{n+1} = \begin{pmatrix} ap_{11} & \cdot & \cdot & ap_{1n} \\ \cdot & \cdot & & \\ \cdot & & \cdot & \\ ap_{a1} & & & ap_{an} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} NMA_1^n \\ \vdots \\ NMA_a^n \end{pmatrix} \quad (7.4)$$

Abban az esetben ha $NMK m_n = \frac{NMKé_n}{\ddot{U}KAKé \div 365} = 1$ akkor további késztermékeket kell kiszállítani

a vevők számára olyan késztermékeket amelyek a n+1 napra lettek ütemezve és sorrendben az n+1

napi kiszállítás ezzel a termékkel kezdődne. Az előre szállítást addig kell folytatni, amíg el nem éri a $NMKm_n=1$.

Az előre szállítandó késztermék oszlopvektora:

$$EKK^n = \begin{vmatrix} EKK_1^n \\ \vdots \\ EKK_a^n \end{vmatrix} \quad (7.5)$$

ahol,

- MNA^t - az n. napon az n-1 napról előre kiszállítandó késztermék vektora.

Ebben az esetben a módosított késztermék kiszállítási mátrix

$$mKitárolás = Kkitárolás + EKK^n - EKK^{n+1} = \begin{vmatrix} vm_{11} & \cdot & \cdot & vm_{1n} \\ \cdot & \cdot & & \\ \cdot & & \cdot & \\ vm_{k1} & & & vm_{kn} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} EKK_1^n \\ \vdots \\ EKK_a^n \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} EKK_1^{n+1} \\ \vdots \\ EKK_a^{n+1} \end{vmatrix} \quad (7.6)$$

7.2. Információs adatbázis

Az információs adatbázis adatai határozzák meg a végrehajtandó logisztikai műveleteket és ez által a folyamatok költségeit. Az adatbázis elemei két részre bonthatóak: betárolást vezérlő adatok és kitérő adatok.

7.2.1. Darabszám és gyártási ütemezési adatbázis, betárolási folyamatok számára

A vevői előrejelzések után rögzített megrendelések gyártását ütemezni kell, aminek előfeltétele a rendelkezésre álló alapanyag és a vevőkhöz való beérkezés időpontja. Az alapanyag beérkezés ütemezésének meghatározásához a következő adatbázisok szükségesek.

A vevői megrendelések alapanyag beépülési mátrixa:

$$VMABeépülés = \begin{vmatrix} vmab_{11} & \cdot & \cdot & vmab_{1a} \\ \cdot & \cdot & & \\ \cdot & & \cdot & \\ vmab_{k1} & & & vmab_{ka} \end{vmatrix} \quad (7.7)$$

ahol,

- $vmab_{ka}$ - k. késztermék a. beépülő anyagának darabszáma.

A késztermékek tartalmaznak egyedi anyagokat vagy egyéb késztermékekkel közös anyagokat is. Abban az esetben, ha k. készterméknek a. alapanyag nem beépülő része akkor $vmab_{ka} = 0$

Megrendelendő alapanyag napi szintű alap adat mátrixa:

$$MAA^n = \begin{vmatrix} maa_{11}^n & \cdot & \cdot & maa_{1a}^n \\ \cdot & \cdot & & \\ \cdot & & \cdot & \\ maa_{k1}^n & & & maa_{ka}^n \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} vmab_{11} & \cdot & \cdot & vmab_{1a} \\ \cdot & \cdot & & \\ \cdot & & \cdot & \\ vmab_{k1} & & & vmab_{ka} \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} vm_{1n} \\ \cdot \\ \cdot \\ vm_{kn} \end{vmatrix} \quad (7.8)$$

ahol,

- maa_{ka}^n - n. naptári nap k. késztermék megrendelt darabszámához szükséges a-dik beépülő alapanyagának darabszáma.
- $vmab_{ka}$ - k. késztermék a. beépülő anyagának darabszáma.
- vm_{kn} - n. naptári napra megrendelt k. azonosítójú tétel darabszáma.

Napi szinten megrendelendő alapanyagok információs vektora:

$$MAAi^n = |MAAi_1^n; MAAi_2^n; \dots; MAAi_a^n| \quad (7.9)$$

ahol,

- $MAAi_a^n$ - n. naptári napon megrendelendő a. alapanyag összege.

$$MAAi_a^n = \sum_{k=1}^p maa_{ka}^n \quad (7.10)$$

ahol,

- maa_{ka}^n - n. naptári nap k. késztermék megrendelt darabszámához szükséges a. beépülő alapanyagának darabszáma.

Megrendelendő alapanyagok információs mátrixa:

$$MAi = \begin{vmatrix} MAA^1 \\ MAA^2 \\ \cdot \\ MAA^n \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} maa_{11} & \cdot & \cdot & maa_{1a} \\ \cdot & \cdot & & \\ \cdot & & \cdot & \\ maa_{n1} & & & maa_{na} \end{vmatrix} \quad (7.11)$$

ahol,

- maa_{na} - n. naptári napra szükséges a. alapanyag darabszáma.

A késztermék gyártásához szükséges alapanyag raklapolhatósága az anyag csomagolási előírásától függ és ez határozza meg az egy raklapon beérkező alapanyagok számát is.

A csomagolási előírás vektora (Az alapanyagokként az egységgrakományokon belüli alapanyag darabszáma)

$$CSe = |CSe_1; CSe_2; \dots; CSe_a| \quad (7.12)$$

ahol,

- CSe_a - a. alapanyag egységgrakományon (raklapon) belüli alapanyag darabszáma

Megrendelendő alapanyagok raklapszámának mátrixa:

$$MAr = \begin{vmatrix} mar_{11} & \cdot & \cdot & mar_{1a} \\ \cdot & \cdot & & \\ \cdot & & \cdot & \\ mar_{n1} & & & mar_{na} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} maai_{11} & \cdot & \cdot & maai_{1a} \\ \cdot & \cdot & & \\ \cdot & & \cdot & \\ maai_{n1} & & & maai_{na} \end{vmatrix} \div |CSe_1; CSe_2; \dots; CSe_a| \quad (7.13)$$

ahol,

- mar_{na} - n. napon szükséges a. alapanyagot tartalmazó raklapok száma.
- maa_{ka}^n - n. naptári nap k. késztermék megrendelt darabszámához szükséges a. beépülő alapanyagának darabszáma.

Az megrendelendő alapanyagok információs mátrixa tartalmazza a megrendelt késztermék legyártásához szükséges alapanyagok számát napi szinten. Abban az esetben, ha a késztermék gyártási átfutási ideje, a beszállítók alapanyag előállítás és beszállítási ideje és az alapanyag készletezési átfutási ideje nulla lenne, akkor az alapanyag tervezett beérkezési mátrixa és a megrendelendő alapanyagok információs mátrixa megegyezne. Ellenkező esetben az alapanyag beérkezésének tervezéséhez meg kell adni az említett adatokat.

Az alapanyagok beszállításának átfutási idejének mátrixa beszállítónként:

$$AB\acute{A}i^k = \begin{vmatrix} ab\acute{a}_{11}^k & \cdot & \cdot & ab\acute{a}_{1a}^k \\ \cdot & \cdot & & \\ \cdot & & \cdot & \\ ab\acute{a}_{sz1}^k & & & ab\acute{a}_{sza}^k \end{vmatrix} \quad (7.14)$$

ahol,

- $ab\acute{a}_{sza}^k$ - k. késztermék sz. beszállító által szállított a. beépülő anyagának beszállítási ideje.

A beszállítók eltérő lokális elhelyezkedése, gyártási átfutási ideje és gyártási mélysége miatt az egyes alapanyag beszállítási ideje jelentősen eltér.

Az alapanyagok beszállító teljesítőképességének mátrixa:

$$ABT = \begin{vmatrix} abt_{11} & \cdot & \cdot & abt_{a1} \\ \cdot & \cdot & & \\ \cdot & & \cdot & \\ abt_{1sz} & & & abt_{asz} \end{vmatrix} \quad (7.15)$$

ahol,

- abt_{asz} - sz. szállító által szállított a. anyag napi kapacitása.

A szállítói teljesítőképesség meghatározza az egy nap alatt teljesíthető tétel nagyságát. Ez azt jelenti, hogy ha $abt_{asz} = 100$ db és a rendelés tétel nagysága n -dik napra 300 db akkor az első

szállítási tétel beérkezési $n_b = n - \frac{300}{100} = n - 3$ kell legyen.

A gyártási átfutási idő mátrixa:

$$GYAi = \begin{vmatrix} gyai_{11} & \cdot & \cdot & gyai_{1gy} \\ \cdot & \cdot & & \\ \cdot & & \cdot & \\ gyai_{k1} & & & gyai_{kgy} \end{vmatrix} \quad (7.16)$$

ahol,

- $gyai_{kgy}$ - k. késztermék gy. gyártósoron gyártandó termék átfutási ideje.

A késztermékek gyártása párhuzamosan több gyártósoron is történhet. A gyártósorok áteresztő képessége a beszerzési idejük, technológiai képességük, gyártási mélységük miatt jelentősen eltér, ezért a k-dik késztermék gyártási átfutási ideje a különböző gyártósókon eltérő lehet. Ha k-dik késztermék gy. gyártósoron nem gyártható akkor értéke $gyai_{kgy} = 0$.

Az átlagos készletezési (tárolási) idő vektora:

$$aKi = |aKi^1; aKi^2; \dots; aKi^a| \quad (7.17)$$

ahol,

- aKi^a - a. alapanyag átlagos tárolási ideje.

Az alapanyagok beérkezése a gyártás előtt meg kell történjen. A gyártás folyamatos ellátása érdekében az alapanyag beérkezése időben eltolva, korábban történik, mint a gyártás kezdete.

Az átlagos anyagkezelési idő átfutási mátrixa:

$$aA\acute{A}i = |aA\acute{A}i^1; aA\acute{A}i^2; \dots; aA\acute{A}i^a| \quad (7.18)$$

ahol,

- $\acute{A}K\acute{i}^a$ - a. alapanyag átlagos kezelési ideje, ami a raktáron belüli, gyártósoron kívüli és belüli anyagkezelés idejét jelenti.

Megrendelendő alapanyagok raklapszámának mátrixában n. napra ütemezett a. alapanyag rendelkezésre állása érdekében az alapanyagoknak $n - x$ napon kell beérkezni.

Az alapanyagok beérkezésnek paletta szám mátrixa:

$$ABeérkezés = \begin{vmatrix} ap_{11} & \cdot & \cdot & ap_{1n} \\ \cdot & \cdot & & \\ \cdot & & \cdot & \\ ap_{a1} & & & ap_{an} \end{vmatrix} \quad (7.19)$$

ahol,

- ap_{nv} - n. naptári napon beérkező a. azonosítójú tétel paletta száma.

$$vABeérkezés = |vABeérkezés^1; vABeérkezés^2; \dots; vABeérkezés^n| \quad (7.20)$$

ahol,

- $vABeérkezés^n$ - az n. naptári napon beérkezett alapanyag paletta szám összege.

$$vABeérkezés^n = \sum_{a=1}^p ap_{an} \quad (7.21)$$

Alapanyag betárolás normál folyamatát vezérlő adat: napi szinten ak-dik kapuról betárolandó alapanyagok paletta száma.

$$r_{ak,n} = \frac{vABeérkezés^n}{AK} \quad (7.22)$$

ahol,

- AK -alapanyag oldali kapuk száma.
- $vABeérkezés^n$ -az n. naptári napon beérkezett alapanyag paletta szám összege.

Az alapanyag egységgrakományának fizikális dimenziójának vektora:

$$AFD = |AFD^1; AFD^2; \dots; AFD^a| \quad (7.23)$$

ahol,

- AFD^a - a. alapanyag dimenzionálás paraméterei.

7.2.2. Darabszám és gyártási ütemezési adatbázis, kitárolási folyamatok számára

Az alapanyag n. naptári napon való beérkezése és ezen által rendelkezésre állása a késztermék gyártáshoz nem jelenti, hogy ugyan azon a napon felhasználásra kerül. A gyártási finomterv ütemezi a gyártást, ezen által a logisztikai alanyag kitárolási folyamatokat. A gyártási finomterv az n. naptári napon gyártandó késztermék azonosítókat és gyártandó darabszámot tartalmazza, elkészítése folyamán több optimalizálási lépést is végrehajtanak. A lépések célja a gyártási veszteségek csökkentése, mint pl. az átállási idő és a felesleges készletezés elkerülése.

Gyártási finomterv mátrixa:

$$GYF = \begin{vmatrix} gyf_{11} & \cdot & \cdot & gyf_{1n} \\ \cdot & \cdot & & \\ \cdot & & \cdot & \\ gyf_{k1} & & & gyf_{kn} \end{vmatrix} \quad (7.24)$$

ahol,

- gyf_{kn} - n. naptári napon gyártandó k. azonosítójú késztermék darabszáma.

A gyártási finomterv ütemezi a kigyűjtendő alapanyagok számát és ezáltal mozgatandó paletta számot. Az alapadatbázis mátrixok az előző pontban meg lettek határozva, mint a *VMABeépülé* - a vevői megrendelések alapanyag beépülési mátrixa, és *CSe* - a csomagolási előírás vektora (az alapanyagoként az egységgrakományokon belüli alapanyag darabszáma).

Kitárolandó alapanyag napi szintű alap adat mátrixa:

$$KAA^n = \begin{vmatrix} kaa_{11}^n & \cdot & \cdot & kaa_{1a}^n \\ \cdot & \cdot & & \\ \cdot & & \cdot & \\ kaa_{k1}^n & & & kaa_{ka}^n \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} vmab_{11} & \cdot & \cdot & vmab_{1a} \\ \cdot & \cdot & & \\ \cdot & & \cdot & \\ vmab_{k1} & & & vmab_{ka} \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} gyf_{1n} \\ \cdot \\ \cdot \\ gyf_{kn} \end{vmatrix} \quad (7.25)$$

ahol,

- kaa_{ka}^n - n. naptári nap k. mennyiségű.
- késztermék legyártásához kitárolandó a. beépülő alapanyagának darabszáma.
- $vmab_{ka}$ - k. késztermék a. beépülő anyagának darabszáma.
- gyf_{kn} - n. naptári napon gyártandó k. azonosítójú tétel darabszáma.

Napi szinten kitárolandó alapanyagok információs vektora:

$$KAAi^n = |KAAi_1^n; KAAi_2^n; \dots; KAAi_a^n| \quad (7.26)$$

ahol,

- $KAAi_a^n$ - n. napon kitárolandó a-dik alapanyag összege.

$$KAAi_a^n = \sum_{k=1}^p kaa_{ka}^n \quad (7.27)$$

ahol,

- kaa_{ka}^n - n. naptári napon k. késztermék mennyiség legyártásához szükséges a. beépülő alapanyagának darabszáma.

Kitárolandó alapanyagok információs mátrixa:

$$KAI = \begin{vmatrix} KAA^1 \\ KAA^2 \\ \cdot \\ KAA^n \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} kaa_{11} & \cdot & \cdot & kaa_{1a} \\ \cdot & \cdot & & \\ \cdot & & \cdot & \\ kaa_{n1} & & & kaa_{na} \end{vmatrix} \quad (7.28)$$

ahol,

- kaa_{na} - n. napon kitárolandó a. alapanyag darabszáma.

Mint az alapanyag beérkezési oldalán így a kitárolási folyamat esetén is meg kell határozni a kitárolandó paletta számot a csomagolási egység függvényében. A kitárolási paletta szám esetén felfelé kell kerekíteni a kommissziós esetén a maradék alapanyagok visszatárolásra kerülnek.

Kitárolandó alapanyagok raklapszámának mátrixa:

$$KAr = \begin{vmatrix} kar_{11} & \cdot & \cdot & kar_{1a} \\ \cdot & \cdot & & \\ \cdot & & \cdot & \\ kar_{n1} & & & kar_{na} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} kaa_{11} & \cdot & \cdot & kaa_{1a} \\ \cdot & \cdot & & \\ \cdot & & \cdot & \\ kaa_{n1} & & & kaa_{na} \end{vmatrix} \div |CSe_1; CSe_2; \dots; CSe_a| \quad (7.29)$$

ahol,

- kar_{na} - n-dik napon szükséges a-dik alapanyagot tartalmazó raklapok száma
- $kaai_{na}$ - n-dik napon kitérő a-dik alapanyag darabszáma.
- CSe_a - a-dik alapanyag egységalkományon (raklapon) belüli alapanyag darabszáma

Kitérő alapanyagok kerekített raklapszámának mátrixa:

Részleges paletta kitérő nem lehetséges, ezért a paletta szám meghatározása esetén minden esetben felfelé egész számra kell kerekíteni.

$$KAkr = \begin{vmatrix} kakr_{11} & \cdot & \cdot & kakr_{1a} \\ \cdot & \cdot & & \\ \cdot & & \cdot & \\ kakr_{n1} & & & kakr_{na} \end{vmatrix} \quad (7.30)$$

ahol,

- $kakr_{na}$ - n. napon szükséges a. alapanyagot tartalmazó raklapok felfelé, egészre kerekített száma.

Alapanyag kitérő komissiózásra folyamatot vezérlő adata: Az n. naptári napon a h. komissiózási területre kitérő raklapon száma:

$$rko_{h,n} = \frac{vKAkr^n}{H} \quad (7.31)$$

ahol,

- H - a komissiózási terület száma.
- $vKAkr^n$ - az n. naptári napon kitérő alapanyagok száma.

$$vKAkr^n = \sum_{a=1}^p kakr_{an} \quad (7.32)$$

ahol,

- $kakr_{na}$ - n. napon szükséges a. alapanyagot tartalmazó raklapok felfelé, egészre kerekített száma.

Kitárolandó maradék késztermék mátrixa:

$$MK = \begin{pmatrix} mk_{11} & \cdot & \cdot & mk_{1n} \\ \cdot & \cdot & & \\ \cdot & & \cdot & \\ mk_{k1} & & & mk_{kn} \end{pmatrix} \quad (7.33)$$

ahol,

- mk_{kn} - n. naptári napon rendelkezésre álló k. azonosítójú tétel paletta száma, ahol $mk_{kn} \leq 1$, hiszen a FIFO betartása estén minden esetben csak egy tört paletta keletkezhet.

A n. napon kitárolandó paletta számok összege a gyártási finomterv függvénye, ha a k. késztermék gyártásba kerül, akkor első körben kell kitárolni a maradék palettát és a gyártás indítás után a tört paletta feltöltésével kell kezdeni.

Napi kitárolandó maradék késztermék vektora:

$$MKK^n = \left| MKK_1^n; MKK_2^n; \dots; MKK_k^n \right| \quad (7.33)$$

ahol,

- MKK_k^n - n. naptári napon kitárolandó k. késztermékek paletta száma.

$$MKK_k^n = \sum_{k=1}^p mk_{kn}^n \quad (7.34)$$

ahol,

- mkk_{kn}^n - n. naptári nap k. késztermék maradék paletta számának összege.

Felétel, csak akkor szükséges a k. késztermék maradék palettájának n. napon történő kitárolása, ha a gyártási finomtervben ugyan erre a napra a k. azonosítójú késztermék gyártása be van tervezve.

Maradék késztermék kitárolását vezérlő adatok: Az n-dik naptári napon a h-dik kommissiózási területre kitárolandó maradék késztermék raklapjainak száma:

$$rmk_{h,n} = \frac{MMK^n}{H} \quad (7.36)$$

ahol,

- H - a kommissiózási terület száma.
- MMK^n - n. naptári napon kitárolandó k. késztermékek paletta száma.

Késztermék göngyöleg vektora:

$$KG = |KG_1; KG_2; \dots; KG_g| \quad (7.36)$$

ahol,

- KG_k - a k. késztermékhez tartozó göngyölegben belüli késztermék darabszám.

Kitárolandó göngyöleg alap adat mátrixa:

$$KGA = \begin{vmatrix} kga_{11} & \cdot & \cdot & kga_{1n} \\ \cdot & \cdot & & \\ \cdot & & & \\ kga_{k1} & & & kga_{kn} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} gyf_{11} & \cdot & \cdot & gyf_{1n} \\ \cdot & \cdot & & \\ \cdot & & & \\ gyf_{k1} & & & gyf_{kn} \end{vmatrix} \div \begin{vmatrix} KG_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ KG_k \end{vmatrix} \quad (7.37)$$

ahol,

- kga_{kn} - n. naptári nap k. késztermék mennyiséghez kitárolandó göngyöleg száma.
- gyf_{kn} - n. naptári napon gyártandó k. azonosítójú tétel darabszáma.
- KG_k - a k. késztermékhez tartozó göngyölegen belüli késztermék darabszám.

Napi szinten kitárolandó göngyöleg információs vektora:

$$KGi^n = |KGi_1^n; KGi_2^n; \dots; KGi_k^n| \quad (7.39)$$

ahol,

- KGi_k^n - n. napon kitárolandó k. késztermékekhez szükséges göngyöleg raklapszámának összege.

$$KGi_k^n = \sum_{k=1}^n kga_{kn}^n \quad (7.40)$$

ahol,

- kga_{kn}^n - n. naptári napon k. késztermék mennyiség legyártásához szükséges kitárolandó göngyöleg darabszáma.

Üres késztermék göngyöleg kitárolását vezérlő adatok: Az n. naptári napon a h. kommissiózási területre kitárolandó üres késztermék göngyöleg maradék raklapjainak száma:

$$rgk_{h,n} = \frac{KGi^n}{H} \quad (7.41)$$

ahol,

- H - a kommissiózási terület száma.
- KGi^n - n . napon kitárolandó késztermékekhez szükséges göngyöleg raklapszámának összege.

7.2.3. Vevői adatbázis, betárolási folyamatok számára

Az alapanyagok kommissiózása után a maradék mennyiséget vissza kell tárolni. KAr - a kitárolandó alapanyagok raklapszámának mátrixa megmutatja napi szinten kitárolandó raklapok számát. Az alapanyag raklapok száma minden esetben egész számú lehet. Ezért a gyártási darabszám függvényében kitárolandó alapanyag raklap száma felfelé, egész számra kerekítve kerül meghatározásra.

Betárolandó kommissiózás utáni maradék alapanyag raklap számának mátrixa:

$$BKMA = KAKr - KAr \quad (7.42)$$

ahol,

- KA - Kitárolandó alapanyagok raklapszámának mátrixa.
- $KAKr$ - Kitárolandó alapanyagok kerekített raklapszámának mátrixa.
- $bkma_{na} \leq 1$.

Maradék anyag visszatárolása kommissiózásról vezérlő adatok: Az n . naptári napon a h . kommissiózási területről betárolandó maradék alapanyag raklapjainak száma:

$$rkov_{h,n} = \frac{vBKMA^n}{H} \quad (7.43)$$

ahol,

- H - a kommissiózási terület száma.
- $vBKMA^n$ - n. napon betárolandó kommissiózás utáni alapanyag raklapjainak összege.

$$vBKMA^n = \sum_{a=1}^p bkma_{an} \quad (7.44)$$

ahol,

- $bkma_{an}$ - n. napon a. alapanyagból kommissiózás után betárolandó raklapok száma.

7.2.4. Gyártási adatbázis, betárolási folyamatok számára

A gyártási maradék anyag keletkezésének oka, hogy a k. gyártandó késztermék mennyisége és a beépülő anyagok sorra tölthető csomagolási egységei eltérnek. A k-dik késztermék gyártásának befejezése után a gyártási maradék alapanyagokat vissza kell tárolni.

A sorra tölthető csomagolási egység alapanyagokénti darabszámának vektora:

$$SCSe = |SCSe_1; SCSe_2; \dots; SCSe_a| \quad (7.45)$$

ahol,

- $SCSe_a$ - a. alapanyag sorra tölthető csomagolási egységen belüli alapanyagának darabszáma.

GYF- gyártási finomterv tartalmazza a leggyártandó késztermékek számát. A szimuláció alatt feltételezem, hogy a leggyártott késztermékek száma megegyezik a tervezett darabszámmal. A sorra tölthető csomagolási egységek figyelembevételével kell a megmaradt alapanyagokat visszatárolni.

Visszatárolandó maradék alapanyagok doboz szám mátrixa:

$$VMA = \begin{vmatrix} vma_{11} & \cdot & \cdot & vma_{1n} \\ \cdot & \cdot & & \\ \cdot & & \cdot & \\ vma_{a1} & & & vma_{an} \end{vmatrix} \quad (7.46)$$

ahol,

- vma_{an} - az n-dik napon visszatárolandó alapanyagok doboz száma, ahol $vma_{an} \leq 1$. Abban az esetben lehet $vma_{an} \geq 1$ ha a gyártási terv nem került legyártásra a korábban felsorolt indokok miatt. A szimulációban ennek lehetőségét elvetem és hatását a költség oldalon historikus adatok alapján veszem figyelembe.

Gyártási maradékanyag betárolását vezérlő adatok: Az n-dik naptári napon betárolandó maradék-alapanyag raklapjainak száma:

$$ram_n = vVMA^n \quad (7.47)$$

ahol,

- $vVMA^n$ - n. napon betárolandó gyártási maradék-alapanyag raklapjainak összege.

$$vVMA^n = \sum_{a=1}^p vma_{an} \quad (7.48)$$

ahol,

- vma_{an} - az n. napon visszatárolandó alapanyagok doboz száma.

Gyártási maradék göngyöleg mátrixa

A göngyöleg az elhasznált alapanyag után üresen maradó többutas göngyöleget jelenti. Ennek értéke az LKT – legyártott késztermék, KAi –és ennek legyártásához felhasznált kitért alapanyag és $SCSe_a$ sorra tölthető csomagolási egység alapanyagokénti darabszámának vektorából határozható meg.

$$GYMG = \begin{vmatrix} gymg_{11} & \cdot & \cdot & gymg_{1n} \\ \cdot & \cdot & & \\ \cdot & & \cdot & \\ gymg_{a1} & & & gymg_{an} \end{vmatrix} \quad (7.49)$$

ahol,

- $gymg_{an}$ - n. naptári nap a. alapanyaghoz tartozó üres göngyöleg raklapjainak a száma.

Gyártási üres göngyöleg betárolásának vezérlő adatok: Az n. naptári napon betárolandó gyártási üres göngyöleg raklapjainak száma:

$$rg_n = vGYMG^n \quad (7.50)$$

ahol,

- $vGYMG^n$ - n. napon betárolandó gyártási üres göngyöleg raklapjainak összege.

$$vGYMG^n = \sum_{a=1}^p gymg_{an} \quad (7.51)$$

ahol,

- $gymg_{an}$ - az n. napon betárolandó gyártási üres göngyöleg raklapjainak száma.

Legyártott késztermék mátrixa

A szimuláció alatt feltételezem, hogy a legyártott késztermékek száma megegyezik a tervezett darabszámmal.

$$GYF = \begin{vmatrix} gyf_{11} & \cdot & \cdot & gyf_{1n} \\ \cdot & \cdot & & \\ \cdot & & \cdot & \\ gyf_{k1} & & & gyf_{kn} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} lkt_{11} & \cdot & \cdot & lkt_{1n} \\ \cdot & \cdot & & \\ \cdot & & \cdot & \\ lkt_{k1} & & & lkt_{kn} \end{vmatrix} = LKT \quad (7.52)$$

ahol,

- lkt_{kn} - az n. napon legyártott k. késztermék darabszáma.

Legyártott késztermék raklapszámának mátrixa

Az LKT - legyártott késztermék mátrixa és a KG_k - késztermék göngyöleg vektora alapján meghatározható a legyártott késztermék raklapjainak száma. A késztermék göngyöleg vektora az egy raklapra csomagolható késztermék darabszámát tartalmazza.

$$LKTr = \begin{vmatrix} lktr_{11} & \cdot & \cdot & lktr_{1n} \\ \cdot & \cdot & & \\ \cdot & & \cdot & \\ lktr_{k1} & & & lktr_{kn} \end{vmatrix} \quad (7.53)$$

ahol,

- $lktr_{kn}$ - az n. napon legyártott k. késztermék raklapjainak a darabszáma.

Késztermék betárolásának vezérlő adatai: Az n. naptári napon betárolandó késztermék raklapjainak száma:

$$rgyk_n = vLKTr_n \quad (7.54)$$

ahol,

- $vLKTr_n$ - n. napon betárolandó késztermék raklapjainak összege

$${}^vLKT^n = \sum_{k=1}^p l_{ktr_{kn}} \quad (7.55)$$

ahol,

- $l_{ktr_{kn}}$ - az n. napon betárolandó késztermék raklapjainak száma.

A késztermék kiszállítása mátrixa és ezáltal a kitárolási folyamatok igénye megegyezik a_vevői megrendelések mátrixával:

$$K_{kitárolás} = VM = \begin{vmatrix} vm_{11} & \cdot & \cdot & vm_{1n} \\ \cdot & \cdot & & \\ \cdot & & \cdot & \\ vm_{k1} & & & vm_{kn} \end{vmatrix} \quad (7.56)$$

Késztermék kitárolásának vezérlő adatok: Az n-dik naptári napon kitárolandó késztermék raklapjainak száma:

$$r_{kk_{g,n}} = \frac{{}^vVM^n}{KK} \quad (7.57)$$

ahol,

- ${}^vVM^n$ - n. napon kitárolandó gyártási késztermék raklapjainak összege.

$${}^vVM^n = \sum_{k=1}^p vm_{kn} \quad (7.58)$$

ahol,

- vm_{kn} - az n. napon betárolandó gyártási üres göngyöleg raklapjainak száma.

Az anyagmozgatási költség teljesítményének és vezérlés módja közötti összefüggéseket a 14. ábra szemlélteti.

	Alapanyag betárolási folyamatok	Anyagmozgatási költség bázisra	Vezérlés módja, bementi adatok:	Folyamat megnevezés
Alapanyag betárolás célrűgvenyek	ABnormal	$AB_{normal}^n = \frac{\sum_{ak=1}^{AK} \sum_{i=1}^{r_{ak,n}} I_{ak}^z}{AGG_{ak} \times 3600} \times 2$	$r_{ak,n} = \frac{vABeérkezés^n}{AK}$	Alapanyag betárolás normál folyamat
	AB ₁ AB _n	$ab_{jn}^n = \frac{\sum_{ak=1}^{AK} \sum_{i=1}^{r_{ak,n}} I_{ak}^z}{AGG_{ak} \times 3600} \times H_j$	$r_{ak,n} = \frac{vABeérkezés^n}{AK}$	Alapanyag betárolás normál folyamatától való eltérés esetén
Gyártás releváns be- és kitarólasai célrűgvenyek	Gyártáshoz kapcsolódó alapanyag kezelés			
	AK _{k1} AK _{kn}	$AK_k^n = \frac{\sum_{h=1}^H \sum_{i=1}^{r_{koy,h}} l_{koy,h}^z}{GYAG_h \times 3600} \times 2$	$r_{koy,h,n} = \frac{vKAKr^n}{H}$	Alapanyag kitarólas komissziózáásra
	AB _{k1} AB _{kn}	$AB_k^n = \frac{\sum_{h=1}^H \sum_{i=1}^{r_{kov,h}} l_{kov,h}^z}{GYAG_k \times 3600} \times 2$	$r_{kov,h,n} = \frac{vBKMA^n}{H}$	Maradék alapanyag visszatárolása komissziózásról
	MAB _{gy1} MAB _{gy7}	$MAB_k^n = \frac{\sum_{i=1}^{ram} lam^z}{MAG \times 3600} \times 2$	$ram_n = vVMA^n$	Gyártási maradék anyag betárolása
	GB _{gy1} GB _{gy7}	$GB_{gy_k}^n = \frac{\sum_{i=1}^{rg} lg^z}{GAG \times 3600} \times 2$	$rg_n = vGYMG^n$	Gyártási üres göngyöleg betárolása
	mKK _{k1} mKK _{kn}	$mKK_k^n = \frac{\sum_{h=1}^n \sum_{i=1}^{rmk,h} lmk_h^z}{mKAG_k \times 3600} \times 2$	$rmk_{h,n} = \frac{MMK^n}{H}$	Maradék késztermék kitarólasa
	gKK _{k1} gKK _{kn}	$gKK_k^n = \frac{\sum_{h=1}^H \sum_{i=1}^{rgk,h} l_g k_h^z}{gKAG_k \times 3600} \times 2$	$rgk_{h,n} = \frac{KGI^n}{H}$	Késztermék göngyöleg kitarólasa
	KB ₁ KB _n	$GB_{gy_k}^n = \frac{\sum_{i=1}^{rgk} lg k^z}{kKAG \times 3600} \times 2$	$rgy_k_n = vLKT^n$	Késztermék betárolása normál folyamat esetén
	Késztermék kitarólasai folyamatok			
	KKnormal	$KK_{normal}^n = \frac{\sum_{g=1}^{KK} \sum_{i=1}^{r_{kk,g}} I_g^z}{KAG_k \times 3600} \times 2$	$r_{kk,g,n} = \frac{vVM^n}{KK}$	Késztermék kitarólasai normal folyamat esetén

14. ábra Az anyagmozgatási költség teljesítményének és vezérlés módja közötti összefűgések [saját szerkesztés]

7.3. Raktári adatbázis

Raktári adatbázis elemei olyan statikus adatokat tartalmaznak, amelyek a raktári kapacitást, a raktár méreteit, inicializálási állapotát és a benne lévő anyagmozgató gépek képességét és költségvonzatát írják le.

Anyagmozgató eszközök adatbázisa:

- Anyagmozgató gépek adatbázisa. Az adatbázis meghatározza az anyagmozgató gépek számát és a folyamatokhoz való hozzárendelhetőségét.
- Anyagmozgató gépek tulajdonságainak adatbázisa. Az adatbázis az anyagmozgató gépek főbb paramétereit tartalmazza mint, gyorsulás, üzemi sebessége, használati idő, karbantartási idő.
- Anyagmozgató berendezések karbantartási adatbázisa. Az elvégzendő feladatok és azok járulékos költségeit tartalmazó adatbázis.
- Anyagmozgató berendezések szállítási kapacitásának adatbázisa
- Anyagmozgatósi útvonalak adatbázisa. Az anyagmozgatósi pontok közötti legrövidebb út útvonalát tartalmazza.

Emberi erőforrás adatbázisa:

- Az emberi adatok adatbázisa. Általános munkavállalói információkat tartalmazó adatbázis, mint munkaviszony kezdete, munkabér, személyes adatok.
- Munkarend adatbázisa. Meghatározza a dolgozók műszakbeosztását.

Tárolási rendszer adatbázisa:

- Raktározási rendszer méretadatai (befoglaló méretek, tárolási rekeszek mérete, közlekedési folyosók mérete stb.) adatbázisa.
- Tárhelyek foglaltsága, üres tárhelyek mátrixa.

$$TF = \begin{vmatrix} tf_{11} & \cdot & \cdot & rf_{1b} \\ \cdot & \cdot & & \\ \cdot & & & \\ tf_{n1} & & & rf_{nb} \end{vmatrix} \quad (7.59)$$

ahol,

- rf_{nb} - n. naptári napon (minden nap 24:00 időpontjában) b. bin foglaltsági szintje.

$rf_{nb} = 1$, ha a bin foglalt, $rf_{nb} = 0$, ha a bin üres.

- A tárhelyen lévő anyagok típusa.

Termék adatbázis:

- Induló készletek tárolási pozíciói terméktípusonként,
- Terméktípusok elhelyezési lehetőségei.

7.4. Igényvezérelt optimális raktári anyagmozgatási stratégia kiválasztását végző rendszer feltételei, célfüggvénnyé

A termelő vállalatok számára alapvető a költségek alacsony szinten tartása és fokozatos csökkentése. Ezért az optimális anyagmozgatási stratégia kiválasztásnak is alapját a költségek jelentik. Az optimalizálás során a betárolási (4 változat) és kitárolási (5 változat) stratégiák összehasonlítása az üzleti tervben szereplő vevők ellátáshoz szükséges késztermékek, különböző állapotú anyagainak mozgatása alapján történik. A költség alapját az üzleti tervben szereplő fix és változó költségek jelentik.

Feltételek meghatározása

- A raktári berendezések, gépek és emberi erőforrások inicializálási szintjének meghatározása. A raktári lokációk és kiszolgáló gépek számának és a szükséges emberi erőforrás igényének rögzítése.
- Az n. naptárra tervezett mozgatási műveleteket az n. napon belül végre kell hajtani. Abban az esetben, ha rendelkezésre álló kapacitás nem elég a műveletek végrehajtásához, az inicializálási szinten emelni kell, és az optimumkeresést újra el kell végezni.
- Az üzletei tervben szereplő vevői megrendelések kiszolgálása a naptári éveken belül simításra kerül, elkerülve a peak időszakokat.

Logisztikai mutatók meghatározásnak módjaLogisztikai anyagmozgatási költségmutató:

Megmutatja V. betárolás és kitérési stratégia által generált költségarányt a teljes költségre vonatkoztatva. A V. stratégia egy be- és kitérési stratégia azonosítója, amely a folyamat lépésekhez tartozó be- és kitérési stratégia kombinációját jelöli.

$$LG^V = \frac{\sum_{n=1}^{365} AMk_n + \sum_{n=1}^{365} GYMk_n + \sum_{n=1}^{365} KMk_n}{(ATk \times GYTk + KTk) \times 365} \quad (7.60)$$

ahol,

- AMk_n , n. naptári nap alapanyag-mozgatási költsége.
- ATk - alapanyag területköltsége (napra vetítve).
- $GYMk_n$ -n. naptári nap gyártási anyagmozgatási költsége.
- $GYTk$ - gyártási területköltsége (napra vetítve).
- KMk_n - n. naptári nap késztermék-mozgatási költsége.
- KTk - késztermék területköltsége (napra vetítve).

Logisztikai teljesítőképességi mutató:

Megmutatja V. betárolás és kitérési stratégia raktári teljesítőképességét:

$$LRT^V = \sum_{n=1}^{365} ATm_n \times GYTm_n \times KTM_n \quad (7.61)$$

ahol,

- ATm_n - n. naptári nap alapanyag betárolási teljesítőképessége.
- $GYTm_n$ - n. naptári nap gyártási anyagmozgatási teljesítőképessége.
- KTM_n - n. naptári nap kitérési teljesítőképessége.

Lekötött tőke költségmutató:

Megmutatja V. betárolás és kitérési stratégia esetén raktári lekötött tőke készlet értékét:

$$MKm^V = \sum_{n=1}^{365} AKé_n + KKé_n \quad (7.62)$$

- $AKé_n$ - n. naptári nap alapanyag-készletértéke.
- $KKé_n$ - n. naptári nap késztermék-készletértéke.

Készlet érték mutató:

Megmutatja V. betárolás és kitérési stratégia esetén raktári készletértékének arányát:

$$KÉM^V = \sum_{n=1}^{365} AÉm_n + KÉm_n \quad (7.63)$$

ahol,

- NMA_n - az n. napon nem betárolt alapanyagok raklap számának összege.
- KF - különfuvar egységdíja.

Adaptálhatósági mutató:

A raktári folyamatokhoz csatolt bevezethetőség szubjektív értékelése:

$$SZUB^V = \sum_{n=1}^{365} SZUB_n \quad (7.64)$$

ahol,

- $SZUB_n$ - az n. napon szubjektív értékelése.

Logisztikai mutatók normalizálásnak módja:Logisztikai anyagmozgatási költség mutató normalizálása:

$$Y_1^V = 1 - \frac{LG^V}{\max\{LG^v\}} \quad (7.65)$$

Logisztikai teljesítőképeségi mutató normalizálása:

$$Y_2^V = \frac{LRT^V}{\max\{LRT^v\}} \quad (7.66)$$

Lekötött tőkeköltség mutató normalizálása:

$$Y_3^V = \frac{MKm^V}{\max\{MKm^v\}} \quad (7.67)$$

Készletérték mutató normalizálása:

$$Y_4^V = \frac{KÉM^V}{\max\{mKÉM^v\}} \quad (7.68)$$

Adaptálhatóság normalizálása:

$$Y_5^V = \frac{SZUB^V}{\max\{SZUB^v\}} \quad (7.69)$$

Célfüggvény meghatározása:

A lenti összefüggésben meghatározott célfüggvény egyetlen paramétere az anyagmozgatási stratégiaváltozat azonosítója. Tulajdonképpen a célfüggvény az anyagmozgatási stratégiaváltozatokra meghatározott normalizált célfüggvény komponensek súlyozott összegei

alapján választja ki a legkedvezőbb változatot (Opt), és határozza meg annak célfüggvény értékét (C).

$$C = \min_v \left\{ \sum_{l=1}^5 w_l \cdot Y_l^V \right\}, \text{ ahol } 0 \leq w_l \leq 1 \text{ és } \sum_{l=1}^5 w_l = 1 \quad (7.70)$$

ahol,

- C: optimális anyagmozgatási stratégiaváltozathoz tartozó célfüggvény-érték,
- v : vizsgált anyagmozgatási stratégiaváltozat azonosítója,
- l : célfüggvény komponens azonosítója,
- w_l : l . célfüggvény komponens súlya,
- Y_l^V : V . változat l -edik célfüggvény komponensének értéke.

8. A feltárt összefüggések igazolása szimuláció alkalmazásával

A dolgozat keretein belül létrehozott modell gyakorlati alkalmazhatóságának és a kifejtett összefüggések helyességének bizonyítására szimulációs modellezést alkalmaztam. A szimuláció során létrehozásra került a vizsgálati rendszer struktúrája, és inicializálásra kerültek a szükséges adattáblák kiinduló értékei. A feltárt többlépcsős költségmodellen keresztül kiszámításra kerültek a fix és változó költségek anyagmozgatási stratégiákra vetített értékei. A kapott értékek felhasználásával végrehajtott optimalizálás után kiválasztásra került az optimális anyagmozgatási stratégia.

8.1. Az anyagmozgatási stratégia kiválasztását végző szimulációs program működési algoritmus

Az anyagmozgatási stratégia kiválasztását végző szimulációs folyamat szerkezetileg négy részre tagolható:

- A. Raktári rendszer struktúrájának meghatározása és a strukturális elemek adatainak meghatározása.
- B. Anyagmozgatási rendszer adatstruktúrájának feltöltése (a vizsgálati adatok rögzítéséből).
- C. Költség modell elemeinek felírása és kiszámolása.
- D. Optimalizálás elvégzése.

A. Raktári rendszer struktúrájának meghatározása és a strukturális elemek adatainak definiálás

- 3. ábrán látható raktározási rendszer struktúrájából ki kell választani azokat az elemeket melyekre a vizsgálatot el szeretnénk végezni.
- A kiválasztott vizsgálati elemek esetén meg kell határozni a raktári paramétereket
 - Kiválasztott raktár méretet.
 - A raktározási struktúrát.
 - A raktári jellemzők fizikális paraméterei (pl. Tárhelyek távolsága).

B. Anyagmozgatási rendszer adatstruktúrájának feltéteséből (a vizsgálati adatok rögzítéséből)

Fel kell tölteni a 7. fejezetben meghatározott adatbázisokat adatokkal.

Az üzleti terv adatbázis:

- Üzleti előrejelzések adatbázisa
- Beruházások adatbázisa
- Limitáció adatbázis

Az információs adatbázis adat tábla elemei:

- Darabszám és gyártási ütemezési adatbázis, betárolási folyamatok számára.
 - A vevői megrendelések alapanyag beépülési mátrixa
 - Megrendelendő alapanyag napi szintű alap adat mátrixa
 - Napi szinten megrendelendő alapanyagok információs vektora
 - Megrendelendő alapanyagok információs mátrixa
 - A csomagolási előírás vektora (Az alapanyagoként az egységtrakományokon belüli alapanyag darabszáma)
 - Megrendelendő alapanyagok raklapszámának mátrixa
 - Az alapanyagok beszállításának átfutási idejének mátrixa beszállítónként
 - Az alapanyagok beszállító teljesítőképességének mátrixa
 - Az gyártási átfutási idő mátrixa
 - A átlagos készletezési (tárolási) idő vektora
 - Az átlagos anyagkezelési idő átfutási mátrixa
 - Az alapanyagok beérkezésnek paletta szám mátrixa
 - Az alapanyag egységtrakományának fizikális dimenziójának vektora
- Darabszám és gyártási ütemezési adatbázis, kitérolási folyamatok számára
 - Gyártási finomterv mátrixa
 - Kitérolandó alapanyag napi szintű alap adat mátrixa
 - Napi szinten kitérolandó alapanyagok információs vektora
 - Kitérolandó alapanyagok információs mátrixa
 - Kitérolandó alapanyagok raklapszámának mátrixa
 - Kitérolandó alapanyagok kerekített raklapszámának mátrixa

- Maradék késztermék mátrixa
- Napi kitárolandó maradék késztermék vektora
- Késztermék göngyöleg vektora
- Kitárolandó göngyöleg alap adat mátrixa

Raktári adatbázis:

- Anyagmozgató eszközök adatbázisa
 - Anyagmozgató gépek adatbázisa.
 - Anyagmozgató gépek tulajdonságainak adatbázisa.
 - Anyagmozgató berendezések karbantartási adatbázisa.
 - Anyagmozgató berendezések szállítási kapacitásának adatbázisa.
 - Anyagmozgatási útvonalak adatbázisa.
- Emberi erőforrás adatbázisa
 - Az emberi adatok adatbázisa.
 - Munkarend adatbázisa.
- Tárolási rendszer adatbázisa
 - Raktározási rendszer méretadatainak adatbázisa.
 - Tárhelyek foglaltsága, üres tárhelyek mátrixa.
 - A tárhelyen lévő anyagok típusa.
- Termék adatbázis:
 - Induló készletek tárolási pozíciói terméktípusonként,
 - Terméktípusok elhelyezési lehetőségei.

C. Költség modell elemeinek felírása és kiszámolása

Meg kell határozni é ki kell számolni a 6. fejezetben meghatározott raktározási tevékenységet leíró költségeket.

1. **lépés:** Fel kell vázolni a raktár elrendezési modelljét.
2. **lépés:** Az első pontban meghatározott tétel elemek hozzárendelése a felvázolt raktári elrendezési modellhez.
3. **lépés:** Raktári folyamatok terhelésfüggvényeinek meghatározása. Ezen terhelésfüggvények segítségével határozható meg az elvégzett raktári folyamatok érték hozzáadó költsége.

4. **lépés:** A hatékonysági mutatók meghatározása historikus adatok alapján figyelembe véve a jövőre irányuló folyamatok hatékonyságát fejlesztő intézkedéseket.
5. **lépés:** Fajlagos költség függvények meghatározása klaszterezett egységnyi költség, a terhelésfüggvények, és a hatékonysági mutatók felhasználásával.
6. **lépés:** A logisztikai mutatók meghatározása a teljesítmény mérés érdekében.
7. **lépés:** Lekötött tőke készletértékének meghatározása.
8. **lépés:** Gazdasági mutatók meghatározása a pénzügyi teljesítmény mérése érdekében.

D. Optimalizálás elvégzése

Az 5.1 fejezetben meghatározott anyagmozgatási stratégia kiválasztását végző rendszer lépéseinek elvégzése.

1. A vizsgálati adatok rögzítése.
2. Intervallum adatok kiválasztása.
3. Intervallum adatainak inicializálása.
4. Szimulációs program elindítása.
5. Vizsgálati modell automatikus létrehozása.
6. Változók értékének inicializálása:
7. Logisztikai mutatók meghatározása a v-edik változat esetén.
8. Meghatározott logisztikai mutatók adatainak rögzítése.
9. Annak vizsgálata, hogy minden lehetséges variáció vizsgálata megtörtént –e?
10. Anyagmozgatási stratégiaváltozat azonosítójának inkrementálása.
11. Célfüggvény komponensek normalizálása.
12. Normalizált adatok rögzítése:
13. Optimális változat azonosítójának meghatározása.

8.2.A feltárt összefüggések igazolása matematikai szimuláció alkalmazásával

A bemutatott vizsgálati rendszer szimulációs környezetbe történő implementálása jelentős munkaráfordítást igényel, mely meghaladja a dolgozat kereteit. Ebből az okból kifolyólag a

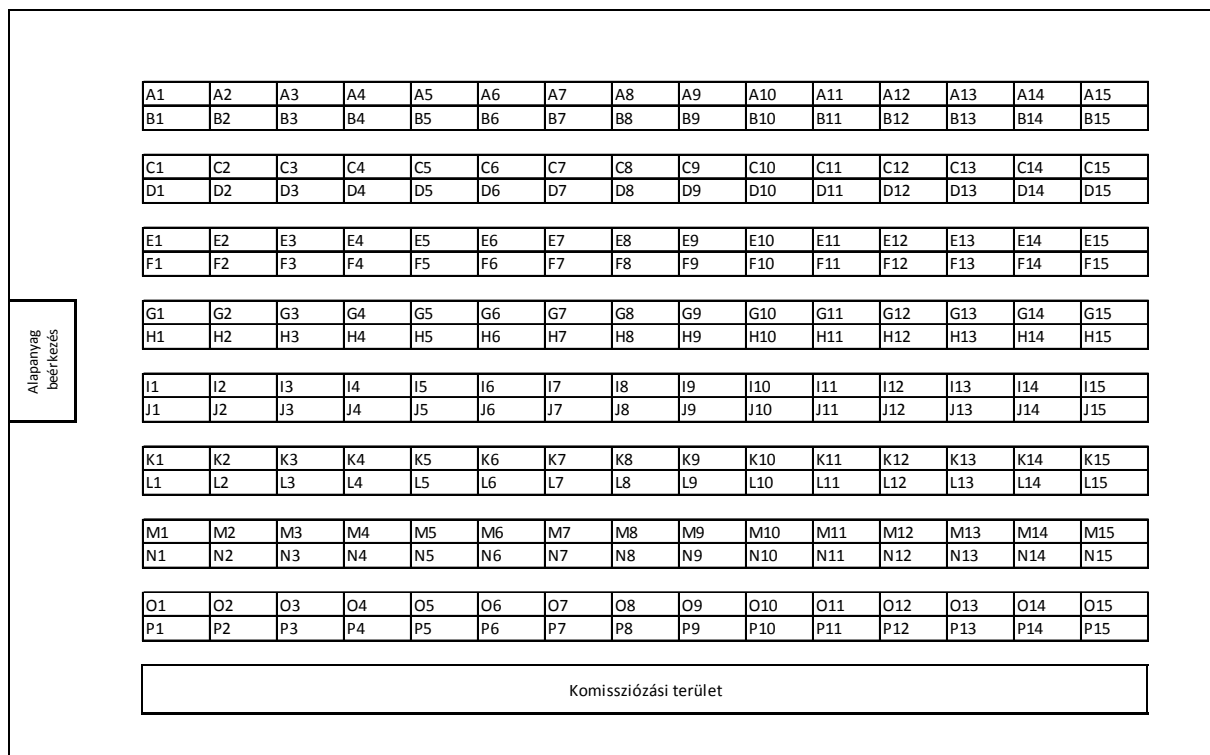
kutatási eredmények igazolása érdekében a vizsgálati környezet egyszerűsítésre kerül, melynek lehatárolása a következő:

- Vizsgálati időszak hossza: 1 nap.
- Raktár elhelyezkedése: Gyártó területéhez közvetlen csatolt.
- Raktár típusa: vegyes.
- Raktár száma: 1 raktár.
- Raktár tulajdonjoga: Saját.
- Raktár berendezéseinek tulajdonjoga: Saját.
- Operatív erőforrás: Saját.
- Anyagmozgatási lépések száma: 2 db.
 - Alapanyag betárolás normál folyamat esetén.
 - Alapanyag kitérítés kommissiózásra.

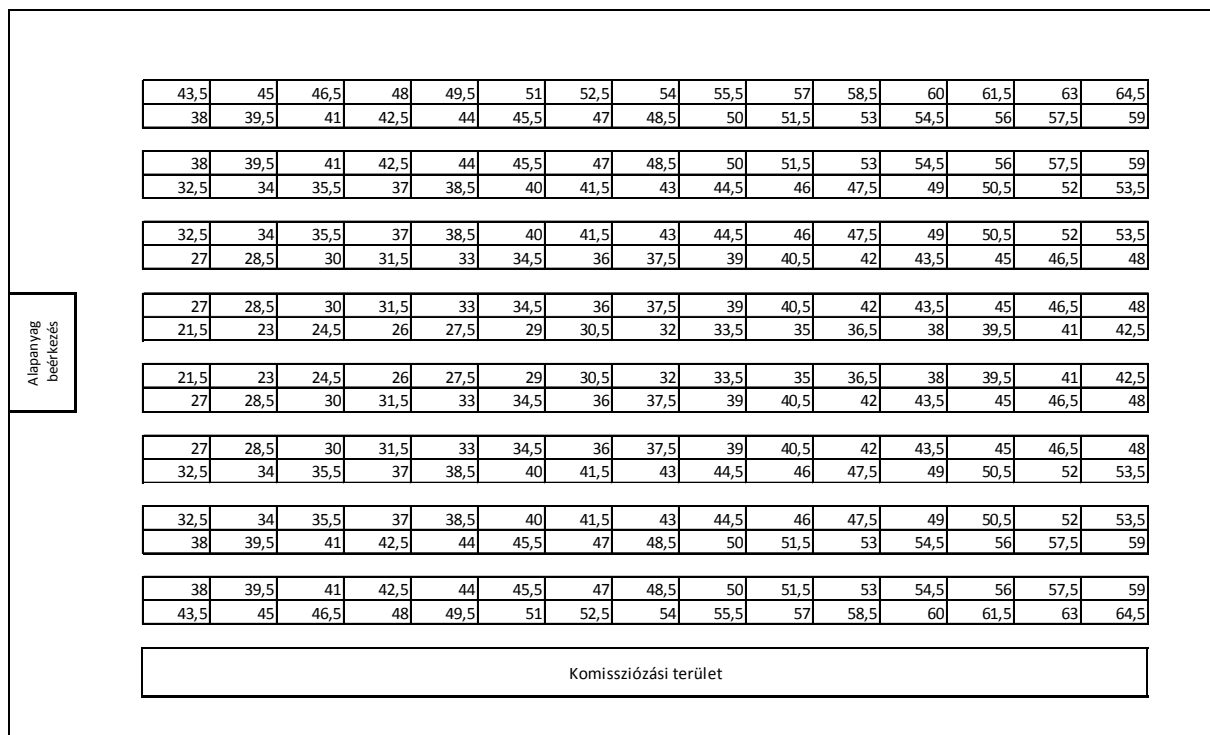
A vizsgálat során a két anyagmozgatási lépés során vizsgált kombináció száma 20. Az összes anyagmozgatási lépésre végzett vizsgálat esetén elérhető kombinációk száma maximális száma 640.000 db.

1.Lépés

Raktári elrendezés alapanyag beérkezés modellje a 15. ábrán látható. A földi lokációk száma 240db bin. Az alapanyag betárolás esetén az alapanyag beérkezési terület és a raktári binek közötti távolság a 16. ábrán látható. Az alapanyagok kitérítése esetén a raktári binek és a kommissiózási terület közötti távolság a 17. ábrán látható.



15. ábra Raktári elrendezés



16. ábra Beérkezési oldal és a raktári binek közötti távolság

Alapanyag beérkezés	105	103,5	102	100,5	99	97,5	96	94,5	93	91,5	90	88,5	87	85,5	84
	99,5	98	96,5	95	93,5	92	90,5	89	87,5	86	84,5	83	81,5	80	78,5
	99,5	98	96,5	95	93,5	92	90,5	89	87,5	86	84,5	83	81,5	80	78,5
	94	92,5	91	89,5	88	86,5	85	83,5	82	80,5	79	77,5	76	74,5	73
	94	92,5	91	89,5	88	86,5	85	83,5	82	80,5	79	77,5	76	74,5	73
	88,5	87	85,5	84	82,5	81	79,5	78	76,5	75	73,5	72	70,5	69	67,5
	88,5	87	85,5	84	82,5	81	79,5	78	76,5	75	73,5	72	70,5	69	67,5
	83	81,5	80	78,5	77	75,5	74	72,5	71	69,5	68	66,5	65	63,5	62
	83	81,5	80	78,5	77	75,5	74	72,5	71	69,5	68	66,5	65	63,5	62
	70	68,5	67	65,5	64	62,5	61	59,5	58	56,5	55	53,5	52	50,5	49
	70	68,5	67	65,5	64	62,5	61	59,5	58	56,5	55	53,5	52	50,5	49
	64,5	63	61,5	60	58,5	57	55,5	54	52,5	51	49,5	48	46,5	45	43,5
	64,5	63	61,5	60	58,5	57	55,5	54	52,5	51	49,5	48	46,5	45	43,5
	59	57,5	56	54,5	53	51,5	50	48,5	47	45,5	44	42,5	41	39,5	38
59	57,5	56	54,5	53	51,5	50	48,5	47	45,5	44	42,5	41	39,5	38	
53,5	52	50,5	49	47,5	46	44,5	43	41,5	40	38,5	37	35,5	34	32,5	
Kommissziós terület															

17. ábra A raktári binek és a kommissziós terület közötti távolság

A területeken belüli hozzárendelések:

- Alapanyag oldal
 - AK - Alapanyag oldali kapuk száma: 1 db
 - AGG - Alapanyag anyagmozgató gépek száma: 1 db
- Gyártási oldal
 - $GYAG$ - Gyártási anyagmozgató gépek száma kommissziós: 1 db

2.Lépés

Anyagmozgató költségek meghatározása.

$$ATk = \frac{AEEk + AGGk + ARBk + RÜk}{365} - \text{alapanyag terület költsége} = 1468 \text{ Eur}$$

$$GYTk = \frac{GyEEK + GyGGk + GyRBk + RÜk}{365} - \text{gyártási terület költsége} = 1879 \text{ Eur}$$

3.Lépés

Raktári folyamatok terhelésfüggvényeinek meghatározása. A raktári binek száma 240db. A raktáron belül 57db bin foglalt és 181db binre kerül alapanyag betárolás.

Alapanyag betárolás normál folyamat szerint:

1. táblázat Betárolási folyamat értékei

Betárolási folyamat	AB _{normal} [óra]	A legjobb időtől való eltérés [%]
Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	1,74200	0,00%
Fix tárhelyes betárolás	1,74578	0,22%
Osztály szerinti betárolás	1,75067	0,50%
Véletlen betárolás	1,75278	0,62%

Alapanyag kitárolási kommissiózásra:

2. táblázat Kitárolási folyamat értékei

Betárolási folyamat	Kitárolási folyamat	AK _k [óra]	A legjobb időtől való eltérés [%]
Véletlen betárolás	LIFO kitárolás	1,33533	
Osztály szerinti betárolás	LIFO kitárolás	1,34278	0,55%
Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	FIFO kitárolás	1,34600	0,79%
Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	FEFO kitárolás	1,35011	1,09%
Osztály szerinti betárolás	LOFO kitárolás	1,35233	1,26%
Véletlen betárolás	FEFO kitárolás	1,36322	2,05%
Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	HIFO kitárolás	1,36922	2,48%
Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	LIFO kitárolás	1,37867	3,14%
Fix tárhelyes betárolás	LOFO kitárolás	1,38700	3,73%
Fix tárhelyes betárolás	FEFO kitárolás	1,39111	4,01%
Véletlen betárolás	FIFO kitárolás	1,39189	4,06%
Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	LOFO kitárolás	1,39278	4,12%
Fix tárhelyes betárolás	HIFO kitárolás	1,39289	4,13%
Osztály szerinti betárolás	HIFO kitárolás	1,39678	4,40%
Fix tárhelyes betárolás	LIFO kitárolás	1,39711	4,42%
Fix tárhelyes betárolás	FIFO kitárolás	1,40378	4,88%
Osztály szerinti betárolás	FEFO kitárolás	1,41178	5,41%
Véletlen betárolás	HIFO kitárolás	1,41400	5,56%
Osztály szerinti betárolás	FIFO kitárolás	1,41556	5,67%
Véletlen betárolás	LOFO kitárolás	1,42667	6,40%

4.Lépés:

A hatékonysági mutatók meghatározása historikus adatok alapján.

Alapanyag hibák hatékonysági mutatója:

$$AH_m = 1 + \left(\frac{AHsz}{|\Theta_a^n|} \times 100 \right)$$

Gyártási hibák hatékonysági mutatója:

$$GYH_m = 1 + \left(\frac{GYH_{sz}}{|\Psi_a^n|} \times 100 \right) = 101,8$$

5.Lépés:

Fajlagos költség függvények meghatározása klaszterezett egységnyi költség, a terhelésfüggvények, és a hatékonysági mutatók felhasználásával.

Alapanyag mozgatósi költség:

3. táblázat Alapanyag mozgatósi költség értéke

Betárolási folyamat	AB _{normal} [óra]	ATk [Eur/nap]	AH _m	AMk _n
Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	1,74200	1 468 EUR	101,95%	108,63 EUR
Fix tárhelyes betárolás	1,74578	1 468 EUR	101,95%	108,87 EUR
Osztály szerinti betárolás	1,75067	1 468 EUR	101,95%	109,17 EUR
Véletlen betárolás	1,75278	1 468 EUR	101,95%	109,30 EUR

A két szélsőérték közötti eltérés: 1,95%

Gyártási anyag mozgatósi költség:

4. táblázat Gyártási anyag mozgatósi költség értékei

Betárolási folyamat	Kitárolási folyamat	AK _k [óra]	GYT _k [Eur/nap]	GYH _m	GYAM _k
Véletlen betárolás	LIFO kitárolás	1,33533	1 879 EUR	101,89%	106,52 EUR
Osztály szerinti betárolás	LIFO kitárolás	1,34278	1 879 EUR	101,89%	107,12 EUR
Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	FIFO kitárolás	1,34600	1 879 EUR	101,89%	107,37 EUR
Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	FEFO kitárolás	1,35011	1 879 EUR	101,89%	107,70 EUR
Osztály szerinti betárolás	LOFO kitárolás	1,35233	1 879 EUR	101,89%	107,88 EUR
Véletlen betárolás	FEFO kitárolás	1,36322	1 879 EUR	101,89%	108,75 EUR
Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	HIFO kitárolás	1,36922	1 879 EUR	101,89%	109,22 EUR
Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	LIFO kitárolás	1,37867	1 879 EUR	101,89%	109,98 EUR
Fix tárhelyes betárolás	LOFO kitárolás	1,38700	1 879 EUR	101,89%	110,64 EUR
Fix tárhelyes betárolás	FEFO kitárolás	1,39111	1 879 EUR	101,89%	110,97 EUR
Véletlen betárolás	FIFO kitárolás	1,39189	1 879 EUR	101,89%	111,03 EUR
Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	LOFO kitárolás	1,39278	1 879 EUR	101,89%	111,10 EUR
Fix tárhelyes betárolás	HIFO kitárolás	1,39289	1 879 EUR	101,89%	111,11 EUR
Osztály szerinti betárolás	HIFO kitárolás	1,39678	1 879 EUR	101,89%	111,42 EUR
Fix tárhelyes betárolás	LIFO kitárolás	1,39711	1 879 EUR	101,89%	111,45 EUR
Fix tárhelyes betárolás	FIFO kitárolás	1,40378	1 879 EUR	101,89%	111,98 EUR
Osztály szerinti betárolás	FEFO kitárolás	1,41178	1 879 EUR	101,89%	112,62 EUR
Véletlen betárolás	HIFO kitárolás	1,41400	1 879 EUR	101,89%	112,80 EUR
Osztály szerinti betárolás	FIFO kitárolás	1,41556	1 879 EUR	101,89%	112,92 EUR
Véletlen betárolás	LOFO kitárolás	1,42667	1 879 EUR	101,89%	113,81 EUR

A két szélsőérték közötti eltérés: 5,99%

Anyagmozgatósi költség:

5. táblázat Anyagmozgatási költség értékei

Verzió szám	Betárolási folyamat	Kitárolási folyamat	AMk	GYAMk	Ak
1	Véletlen betárolás	LIFO kitárolás	109,30 EUR	106,52 EUR	215,82 EUR
3	Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	FIFO kitárolás	108,63 EUR	107,37 EUR	216,00 EUR
2	Osztály szerinti betárolás	LIFO kitárolás	109,17 EUR	107,12 EUR	216,29 EUR
4	Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	FEFO kitárolás	108,63 EUR	107,70 EUR	216,33 EUR
5	Osztály szerinti betárolás	LOFO kitárolás	109,17 EUR	107,88 EUR	217,05 EUR
7	Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	HIFO kitárolás	108,63 EUR	109,22 EUR	217,85 EUR
6	Véletlen betárolás	FEFO kitárolás	109,30 EUR	108,75 EUR	218,05 EUR
8	Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	LIFO kitárolás	108,63 EUR	109,98 EUR	218,61 EUR
9	Fix tárhelyes betárolás	LOFO kitárolás	108,86 EUR	110,64 EUR	219,50 EUR
12	Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	LOFO kitárolás	108,63 EUR	111,10 EUR	219,73 EUR
10	Fix tárhelyes betárolás	FEFO kitárolás	108,86 EUR	110,97 EUR	219,83 EUR
13	Fix tárhelyes betárolás	HIFO kitárolás	108,86 EUR	111,11 EUR	219,97 EUR
15	Fix tárhelyes betárolás	LIFO kitárolás	108,86 EUR	111,45 EUR	220,31 EUR
11	Véletlen betárolás	FIFO kitárolás	109,30 EUR	111,03 EUR	220,34 EUR
14	Osztály szerinti betárolás	HIFO kitárolás	109,17 EUR	111,42 EUR	220,59 EUR
16	Fix tárhelyes betárolás	FIFO kitárolás	108,86 EUR	111,98 EUR	220,84 EUR
17	Osztály szerinti betárolás	FEFO kitárolás	109,17 EUR	112,62 EUR	221,79 EUR
19	Osztály szerinti betárolás	FIFO kitárolás	109,17 EUR	112,92 EUR	222,09 EUR
18	Véletlen betárolás	HIFO kitárolás	109,30 EUR	112,80 EUR	222,10 EUR
20	Véletlen betárolás	LOFO kitárolás	109,30 EUR	113,81 EUR	223,11 EUR

A két szélsőérték közötti eltérés: 3,38%

6.Lépés

A logisztikai mutatok meghatározása:

Alapanyag betárolási teljesítőképesség:

6. táblázat Alapanyag betárolási teljesítőképesség értékei

Betárolási folyamat	ATm
Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	7,400%
Fix tárhelyes betárolás	7,416%
Osztály szerinti betárolás	7,437%
Véletlen betárolás	7,446%

Cél a betárolási teljesítőképesség maximalizálása. Mivel a teljesítőképesség szintje nagyon alacsony ezért a bementi paraméterek módosítása után a modell újra futtatása ajánlott.

Gyártási anyagmozgatási teljesítőképesség:

Cél a betárolási teljesítőképesség maximalizálása. Mivel a teljesítőképesség szintje nagyon alacsony ezért a bementi paraméterek módosítása után a modell újra futtatása ajánlott.

7. táblázat Gyártási anyagmozgatási teljesítőképesség értékei

Betárolási folyamat	Kitárolási folyamat	GYTk [Eur/nap]	GYMk	GYTm
Véletlen betárolás	LIFO kitárolás	1 879 EUR	106,52 EUR	5,669%
Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	FIFO kitárolás	1 879 EUR	107,37 EUR	5,714%
Osztály szerinti betárolás	LIFO kitárolás	1 879 EUR	107,12 EUR	5,701%
Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	FEFO kitárolás	1 879 EUR	107,70 EUR	5,732%
Osztály szerinti betárolás	LOFO kitárolás	1 879 EUR	107,88 EUR	5,741%
Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	HIFO kitárolás	1 879 EUR	109,22 EUR	5,813%
Véletlen betárolás	FEFO kitárolás	1 879 EUR	108,75 EUR	5,787%
Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	LIFO kitárolás	1 879 EUR	109,98 EUR	5,853%
Fix tárhelyes betárolás	LOFO kitárolás	1 879 EUR	110,64 EUR	5,888%
Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	LOFO kitárolás	1 879 EUR	111,10 EUR	5,913%
Fix tárhelyes betárolás	FEFO kitárolás	1 879 EUR	110,97 EUR	5,906%
Fix tárhelyes betárolás	HIFO kitárolás	1 879 EUR	111,11 EUR	5,913%
Fix tárhelyes betárolás	LIFO kitárolás	1 879 EUR	111,45 EUR	5,931%
Véletlen betárolás	FIFO kitárolás	1 879 EUR	111,03 EUR	5,909%
Osztály szerinti betárolás	HIFO kitárolás	1 879 EUR	111,42 EUR	5,930%
Fix tárhelyes betárolás	FIFO kitárolás	1 879 EUR	111,98 EUR	5,960%
Osztály szerinti betárolás	FEFO kitárolás	1 879 EUR	112,62 EUR	5,994%
Osztály szerinti betárolás	FIFO kitárolás	1 879 EUR	112,92 EUR	6,010%
Véletlen betárolás	HIFO kitárolás	1 879 EUR	112,80 EUR	6,003%
Véletlen betárolás	LOFO kitárolás	1 879 EUR	113,81 EUR	6,057%

Cél a gyártási anyagmozgatási teljesítőképesség maximalizálása. Mivel a teljesítőképesség szintje nagyon alacsony ezért a bementi paraméterek módosítása után a modell újra futtatása ajánlott.

7.Lépés

Lekötött készlet érték meghatározása:

Alapanyag készletértéke:

8 táblázat Alapanyag készletértéke

Betárolási folyamat	Kitárolási folyamat	Alapanyag érték	Kitárolt kommissziózsár	AKé
Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	HIFO kitárolás	73 353,00 EUR	38 722,00 EUR	34 631,00 EUR
Fix tárhelyes betárolás	HIFO kitárolás	73 353,00 EUR	38 722,00 EUR	34 631,00 EUR
Osztály szerinti betárolás	HIFO kitárolás	73 353,00 EUR	38 722,00 EUR	34 631,00 EUR
Véletlen betárolás	HIFO kitárolás	73 353,00 EUR	38 722,00 EUR	34 631,00 EUR
Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	FIFO kitárolás	73 353,00 EUR	37 979,00 EUR	35 374,00 EUR
Véletlen betárolás	FIFO kitárolás	73 353,00 EUR	37 979,00 EUR	35 374,00 EUR
Fix tárhelyes betárolás	FIFO kitárolás	73 353,00 EUR	37 979,00 EUR	35 374,00 EUR
Osztály szerinti betárolás	FIFO kitárolás	73 353,00 EUR	37 979,00 EUR	35 374,00 EUR
Véletlen betárolás	LIFO kitárolás	73 353,00 EUR	36 844,00 EUR	36 509,00 EUR
Osztály szerinti betárolás	LIFO kitárolás	73 353,00 EUR	36 844,00 EUR	36 509,00 EUR
Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	LIFO kitárolás	73 353,00 EUR	36 844,00 EUR	36 509,00 EUR
Fix tárhelyes betárolás	LIFO kitárolás	73 353,00 EUR	36 844,00 EUR	36 509,00 EUR
Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	FEFO kitárolás	73 353,00 EUR	36 594,00 EUR	36 759,00 EUR
Véletlen betárolás	FEFO kitárolás	73 353,00 EUR	36 594,00 EUR	36 759,00 EUR
Fix tárhelyes betárolás	FEFO kitárolás	73 353,00 EUR	36 594,00 EUR	36 759,00 EUR
Osztály szerinti betárolás	FEFO kitárolás	73 353,00 EUR	36 594,00 EUR	36 759,00 EUR
Osztály szerinti betárolás	LOFO kitárolás	73 353,00 EUR	34 796,00 EUR	38 557,00 EUR
Fix tárhelyes betárolás	LOFO kitárolás	73 353,00 EUR	34 796,00 EUR	38 557,00 EUR
Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	LOFO kitárolás	73 353,00 EUR	34 796,00 EUR	38 557,00 EUR
Véletlen betárolás	LOFO kitárolás	73 353,00 EUR	34 796,00 EUR	38 557,00 EUR

Nem mozgó készlet értéke:

9. táblázat Nem mozgó készlet értéke

Betárolási folyamat	Kitárolási folyamat	NMKé
Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	HIFO kitárolás	7 699,94 EUR
Fix tárhelyes betárolás	HIFO kitárolás	7 699,94 EUR
Osztály szerinti betárolás	HIFO kitárolás	7 699,94 EUR
Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	FIFO kitárolás	7 699,94 EUR
Véletlen betárolás	HIFO kitárolás	7 699,94 EUR
Fix tárhelyes betárolás	FIFO kitárolás	7 699,94 EUR
Véletlen betárolás	FIFO kitárolás	7 699,94 EUR
Osztály szerinti betárolás	FIFO kitárolás	7 699,94 EUR
Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	LIFO kitárolás	7 699,94 EUR
Véletlen betárolás	LIFO kitárolás	7 699,94 EUR
Fix tárhelyes betárolás	LIFO kitárolás	7 699,94 EUR
Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	FEFO kitárolás	7 699,94 EUR
Osztály szerinti betárolás	LIFO kitárolás	7 699,94 EUR
Fix tárhelyes betárolás	FEFO kitárolás	7 699,94 EUR
Véletlen betárolás	FEFO kitárolás	7 699,94 EUR
Osztály szerinti betárolás	FEFO kitárolás	7 699,94 EUR
Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	LOFO kitárolás	7 699,94 EUR
Fix tárhelyes betárolás	LOFO kitárolás	7 699,94 EUR
Osztály szerinti betárolás	LOFO kitárolás	7 699,94 EUR
Véletlen betárolás	LOFO kitárolás	7 699,94 EUR

8.Lépés

Gazdasági mutatok meghatározása.

Alapanyag érték mutató:

10. táblázat Alapanyag érték mutató értékei

Betárolási folyamat	ÁKé	ÜAKé	AÉM
Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	73 353 EUR	100 000 EUR	73,35%
Fix tárhelyes betárolás	73 353 EUR	100 000 EUR	73,35%
Osztály szerinti betárolás	73 353 EUR	100 000 EUR	73,35%
Véletlen betárolás	73 353 EUR	100 000 EUR	73,35%

Késztermék érték mutató:

11. táblázat Késztermék érték mutató értékei

Betárolási folyamat	Kitárolási folyamat	KKé	ÜAKé	KÉm
Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	HIFO kitárolás	34 631,00 EUR	200 000,00 EUR	17,32%
Fix tárhelyes betárolás	HIFO kitárolás	34 631,00 EUR	200 000,00 EUR	17,32%
Osztály szerinti betárolás	HIFO kitárolás	34 631,00 EUR	200 000,00 EUR	17,32%
Véletlen betárolás	HIFO kitárolás	34 631,00 EUR	200 000,00 EUR	17,32%
Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	FIFO kitárolás	35 374,00 EUR	200 000,00 EUR	17,69%
Véletlen betárolás	FIFO kitárolás	35 374,00 EUR	200 000,00 EUR	17,69%
Fix tárhelyes betárolás	FIFO kitárolás	35 374,00 EUR	200 000,00 EUR	17,69%
Osztály szerinti betárolás	FIFO kitárolás	35 374,00 EUR	200 000,00 EUR	17,69%
Véletlen betárolás	LIFO kitárolás	36 509,00 EUR	200 000,00 EUR	18,25%
Osztály szerinti betárolás	LIFO kitárolás	36 509,00 EUR	200 000,00 EUR	18,25%
Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	LIFO kitárolás	36 509,00 EUR	200 000,00 EUR	18,25%
Fix tárhelyes betárolás	LIFO kitárolás	36 509,00 EUR	200 000,00 EUR	18,25%
Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	FEFO kitárolás	36 759,00 EUR	200 000,00 EUR	18,38%
Véletlen betárolás	FEFO kitárolás	36 759,00 EUR	200 000,00 EUR	18,38%
Fix tárhelyes betárolás	FEFO kitárolás	36 759,00 EUR	200 000,00 EUR	18,38%
Osztály szerinti betárolás	FEFO kitárolás	36 759,00 EUR	200 000,00 EUR	18,38%
Osztály szerinti betárolás	LOFO kitárolás	38 557,00 EUR	200 000,00 EUR	19,28%
Fix tárhelyes betárolás	LOFO kitárolás	38 557,00 EUR	200 000,00 EUR	19,28%
Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	LOFO kitárolás	38 557,00 EUR	200 000,00 EUR	19,28%
Véletlen betárolás	LOFO kitárolás	38 557,00 EUR	200 000,00 EUR	19,28%

Célfüggvény**Logisztikai mutatók meghatározásnak módja****Logisztikai anyagmozgatási költség mutató:**

12. táblázat Logisztikai anyagmozgatási költség mutató értékei

V-dik verzió szá	Betárolási folyamat	Kitárolási folyamat	Atk [Eur/nap]	GYTk [Eur/nap]	AMk	GYMk	KÉm	LG ^V
1	Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	HIFO kitárolás	1 468 EUR	1 879 EUR	108,63 EUR	106,52 EUR	17,32%	0,064282
3	Fix tárhelyes betárolás	HIFO kitárolás	1 468 EUR	1 879 EUR	108,86 EUR	107,37 EUR	17,32%	0,064605
2	Osztály szerinti betárolás	HIFO kitárolás	1 468 EUR	1 879 EUR	109,17 EUR	107,12 EUR	17,32%	0,064621
5	Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	FIFO kitárolás	1 468 EUR	1 879 EUR	108,63 EUR	107,70 EUR	17,69%	0,064634
4	Véletlen betárolás	HIFO kitárolás	1 468 EUR	1 879 EUR	109,30 EUR	107,88 EUR	17,32%	0,064888
6	Fix tárhelyes betárolás	FIFO kitárolás	1 468 EUR	1 879 EUR	108,86 EUR	109,22 EUR	17,69%	0,065158
7	Véletlen betárolás	FIFO kitárolás	1 468 EUR	1 879 EUR	109,30 EUR	108,75 EUR	17,69%	0,065147
8	Osztály szerinti betárolás	FIFO kitárolás	1 468 EUR	1 879 EUR	109,17 EUR	109,98 EUR	17,69%	0,065476
10	Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	LIFO kitárolás	1 468 EUR	1 879 EUR	108,63 EUR	110,64 EUR	18,25%	0,065513
9	Véletlen betárolás	LIFO kitárolás	1 468 EUR	1 879 EUR	109,30 EUR	111,10 EUR	18,25%	0,065852
13	Fix tárhelyes betárolás	LIFO kitárolás	1 468 EUR	1 879 EUR	108,86 EUR	110,97 EUR	18,25%	0,065680
15	Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	FEFO kitárolás	1 468 EUR	1 879 EUR	108,63 EUR	111,11 EUR	18,38%	0,065654
12	Osztály szerinti betárolás	LIFO kitárolás	1 468 EUR	1 879 EUR	109,17 EUR	111,45 EUR	18,25%	0,065916
14	Fix tárhelyes betárolás	FEFO kitárolás	1 468 EUR	1 879 EUR	108,86 EUR	111,03 EUR	18,38%	0,065699
11	Véletlen betárolás	FEFO kitárolás	1 468 EUR	1 879 EUR	109,30 EUR	111,42 EUR	18,38%	0,065947
16	Osztály szerinti betárolás	FEFO kitárolás	1 468 EUR	1 879 EUR	109,17 EUR	111,98 EUR	18,38%	0,066075
18	Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	LOFO kitárolás	1 468 EUR	1 879 EUR	108,63 EUR	112,62 EUR	19,28%	0,066104
19	Fix tárhelyes betárolás	LOFO kitárolás	1 468 EUR	1 879 EUR	108,86 EUR	112,92 EUR	19,28%	0,066263
17	Osztály szerinti betárolás	LOFO kitárolás	1 468 EUR	1 879 EUR	109,17 EUR	112,80 EUR	19,28%	0,066318
20	Véletlen betárolás	LOFO kitárolás	1 468 EUR	1 879 EUR	109,30 EUR	113,81 EUR	19,28%	0,066660

Logisztikai teljesítőképességi mutató:

13. táblázat Logisztikai teljesítőképesség mutató értékei

V-dik verzió szá	Betárolási folyamat	Kitárolási folyamat	ATm	GYTm	LRT ^V
1	Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	HIFO kitárolás	7,400%	5,669%	0,420%
2	Osztály szerinti betárolás	HIFO kitárolás	7,437%	5,714%	0,425%
3	Fix tárhelyes betárolás	HIFO kitárolás	7,416%	5,701%	0,423%
4	Véletlen betárolás	HIFO kitárolás	7,446%	5,732%	0,427%
5	Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	FIFO kitárolás	7,400%	5,741%	0,425%
6	Fix tárhelyes betárolás	FIFO kitárolás	7,416%	5,813%	0,431%
7	Véletlen betárolás	FIFO kitárolás	7,446%	5,787%	0,431%
8	Osztály szerinti betárolás	FIFO kitárolás	7,437%	5,853%	0,435%
9	Véletlen betárolás	LIFO kitárolás	7,446%	5,888%	0,438%
10	Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	LIFO kitárolás	7,400%	5,913%	0,438%
11	Véletlen betárolás	FEFO kitárolás	7,446%	5,906%	0,440%
12	Osztály szerinti betárolás	LIFO kitárolás	7,437%	5,913%	0,440%
13	Fix tárhelyes betárolás	LIFO kitárolás	7,416%	5,931%	0,440%
14	Fix tárhelyes betárolás	FEFO kitárolás	7,416%	5,909%	0,438%
15	Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	FEFO kitárolás	7,400%	5,930%	0,439%
16	Osztály szerinti betárolás	FEFO kitárolás	7,437%	5,960%	0,443%
17	Osztály szerinti betárolás	LOFO kitárolás	7,437%	5,994%	0,446%
18	Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	LOFO kitárolás	7,400%	6,010%	0,445%
19	Fix tárhelyes betárolás	LOFO kitárolás	7,416%	6,003%	0,445%
20	Véletlen betárolás	LOFO kitárolás	7,446%	6,057%	0,451%

Lekötött tőke költség mutató:

14. táblázat Lekötött tőke költség mutató értékei

V-dik verzió szá	Betárolási folyamat	Kitárolási folyamat	AKé	KKé	MKm ^V
1	Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	HIFO kitárolás	34 631,00 EUR	34 631,00 EUR	69 262,00 EUR
2	Osztály szerinti betárolás	HIFO kitárolás	34 631,00 EUR	34 631,00 EUR	69 262,00 EUR
3	Fix tárhelyes betárolás	HIFO kitárolás	34 631,00 EUR	34 631,00 EUR	69 262,00 EUR
4	Véletlen betárolás	HIFO kitárolás	34 631,00 EUR	34 631,00 EUR	69 262,00 EUR
5	Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	FIFO kitárolás	35 374,00 EUR	35 374,00 EUR	70 748,00 EUR
6	Fix tárhelyes betárolás	FIFO kitárolás	35 374,00 EUR	35 374,00 EUR	70 748,00 EUR
7	Véletlen betárolás	FIFO kitárolás	35 374,00 EUR	35 374,00 EUR	70 748,00 EUR
8	Osztály szerinti betárolás	FIFO kitárolás	35 374,00 EUR	35 374,00 EUR	70 748,00 EUR
9	Véletlen betárolás	LIFO kitárolás	36 509,00 EUR	36 509,00 EUR	73 018,00 EUR
10	Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	LIFO kitárolás	36 509,00 EUR	36 509,00 EUR	73 018,00 EUR
11	Véletlen betárolás	FEFO kitárolás	36 759,00 EUR	36 759,00 EUR	73 518,00 EUR
12	Osztály szerinti betárolás	LIFO kitárolás	36 509,00 EUR	36 509,00 EUR	73 018,00 EUR
13	Fix tárhelyes betárolás	LIFO kitárolás	36 509,00 EUR	36 509,00 EUR	73 018,00 EUR
14	Fix tárhelyes betárolás	FEFO kitárolás	36 759,00 EUR	36 759,00 EUR	73 518,00 EUR
15	Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	FEFO kitárolás	36 759,00 EUR	36 759,00 EUR	73 518,00 EUR
16	Osztály szerinti betárolás	FEFO kitárolás	36 759,00 EUR	36 759,00 EUR	73 518,00 EUR
17	Osztály szerinti betárolás	LOFO kitárolás	38 557,00 EUR	38 557,00 EUR	77 114,00 EUR
18	Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	LOFO kitárolás	38 557,00 EUR	38 557,00 EUR	77 114,00 EUR
19	Fix tárhelyes betárolás	LOFO kitárolás	38 557,00 EUR	38 557,00 EUR	77 114,00 EUR
20	Véletlen betárolás	LOFO kitárolás	38 557,00 EUR	38 557,00 EUR	77 114,00 EUR

Készlet érték mutató:

15. táblázat Készletet érték mutató értékei

V-dik verzió szá	Betárolási folyamat	Kitárolási folyamat	KÉM	AÉM	KÉM ^V
1	Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	HIFO kitárolás	17,32%	73,35%	12,70%
2	Osztály szerinti betárolás	HIFO kitárolás	17,32%	73,35%	12,70%
3	Fix tárhelyes betárolás	HIFO kitárolás	17,32%	73,35%	12,70%
4	Véletlen betárolás	HIFO kitárolás	17,32%	73,35%	12,70%
5	Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	FIFO kitárolás	17,69%	73,35%	12,97%
6	Fix tárhelyes betárolás	FIFO kitárolás	17,69%	73,35%	12,97%
7	Véletlen betárolás	FIFO kitárolás	17,69%	73,35%	12,97%
8	Osztály szerinti betárolás	FIFO kitárolás	17,69%	73,35%	12,97%
9	Véletlen betárolás	LIFO kitárolás	18,25%	73,35%	13,39%
10	Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	LIFO kitárolás	18,25%	73,35%	13,39%
12	Osztály szerinti betárolás	LIFO kitárolás	18,25%	73,35%	13,39%
13	Fix tárhelyes betárolás	LIFO kitárolás	18,25%	73,35%	13,39%
11	Véletlen betárolás	FEFO kitárolás	18,38%	73,35%	13,48%
14	Fix tárhelyes betárolás	FEFO kitárolás	18,38%	73,35%	13,48%
15	Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	FEFO kitárolás	18,38%	73,35%	13,48%
16	Osztály szerinti betárolás	FEFO kitárolás	18,38%	73,35%	13,48%
17	Osztály szerinti betárolás	LOFO kitárolás	19,28%	73,35%	14,14%
18	Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	LOFO kitárolás	19,28%	73,35%	14,14%
19	Fix tárhelyes betárolás	LOFO kitárolás	19,28%	73,35%	14,14%
20	Véletlen betárolás	LOFO kitárolás	19,28%	73,35%	14,14%

Szubjektív vélemény normalizálása:

A Szimuláció alatt az értéke 1.

Logisztikai mutatók normalizálásnak módja:

16. táblázat Logisztikai mutatók normalizálás utáni értékei

V-dik verzió szá	Betárolási folyamat	Kitárolási folyamat	LG ^V	LRT ^V	NMKé	ÚKAKé	MKm ^V	KÉM ^V	SZUB ^V
1	Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	HIFO kitárolás	0,064282	0,420%	7 699,94 EUR	20 000,00 EUR	69 262,00 EUR	12,70%	1
3	Fix tárhelyes betárolás	HIFO kitárolás	0,064605	0,424%	7 699,94 EUR	20 000,00 EUR	69 262,00 EUR	12,70%	1
2	Osztály szerinti betárolás	HIFO kitárolás	0,064621	0,424%	7 699,94 EUR	20 000,00 EUR	69 262,00 EUR	12,70%	1
4	Véletlen betárolás	HIFO kitárolás	0,064835	0,427%	7 699,94 EUR	20 000,00 EUR	69 262,00 EUR	12,70%	1
7	Véletlen betárolás	FIFO kitárolás	0,064888	0,427%	7 699,94 EUR	20 000,00 EUR	70 748,00 EUR	12,97%	1
6	Fix tárhelyes betárolás	FIFO kitárolás	0,065158	0,431%	7 699,94 EUR	20 000,00 EUR	70 748,00 EUR	12,97%	1
8	Osztály szerinti betárolás	FIFO kitárolás	0,065108	0,430%	7 699,94 EUR	20 000,00 EUR	70 748,00 EUR	12,97%	1
5	Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	FIFO kitárolás	0,065315	0,433%	7 699,94 EUR	20 000,00 EUR	70 748,00 EUR	12,97%	1
13	Fix tárhelyes betárolás	LIFO kitárolás	0,065582	0,437%	7 699,94 EUR	20 000,00 EUR	73 018,00 EUR	13,39%	1
10	Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	LIFO kitárolás	0,065651	0,438%	7 699,94 EUR	20 000,00 EUR	73 018,00 EUR	13,39%	1
14	Fix tárhelyes betárolás	FEFO kitárolás	0,065680	0,438%	7 699,94 EUR	20 000,00 EUR	73 518,00 EUR	13,48%	1
9	Véletlen betárolás	LIFO kitárolás	0,065854	0,440%	7 699,94 EUR	20 000,00 EUR	73 018,00 EUR	13,39%	1
12	Osztály szerinti betárolás	LIFO kitárolás	0,065916	0,441%	7 699,94 EUR	20 000,00 EUR	73 018,00 EUR	13,39%	1
15	Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	FEFO kitárolás	0,065630	0,437%	7 699,94 EUR	20 000,00 EUR	73 518,00 EUR	13,48%	1
11	Véletlen betárolás	FEFO kitárolás	0,065947	0,442%	7 699,94 EUR	20 000,00 EUR	73 518,00 EUR	13,48%	1
16	Osztály szerinti betárolás	FEFO kitárolás	0,066075	0,443%	7 699,94 EUR	20 000,00 EUR	73 518,00 EUR	13,48%	1
19	Fix tárhelyes betárolás	LOFO kitárolás	0,066173	0,444%	7 699,94 EUR	20 000,00 EUR	77 114,00 EUR	14,14%	1
17	Osztály szerinti betárolás	LOFO kitárolás	0,066355	0,447%	7 699,94 EUR	20 000,00 EUR	77 114,00 EUR	14,14%	1
20	Véletlen betárolás	LOFO kitárolás	0,066358	0,447%	7 699,94 EUR	20 000,00 EUR	77 114,00 EUR	14,14%	1
18	Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	LOFO kitárolás	0,066459	0,448%	7 699,94 EUR	20 000,00 EUR	77 114,00 EUR	14,14%	1

Célfüggvény meghatározása:

17. táblázat Célfüggvény értékei

V-dik verzió szá	Betárolási folyamat	Kitárolási folyamat	Y_1^V	Y_2^V	Y_3^V	Y_4^V	Y_5^V	C
1	Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	HIFO kitárolás	0,9672	0,9360	0,9360	0,8982	1	4,7374
3	Fix tárhelyes betárolás	HIFO kitárolás	0,9721	0,9455	0,9455	0,8982	1	4,7613
2	Osztály szerinti betárolás	HIFO kitárolás	0,9723	0,9459	0,9459	0,8982	1	4,7623
4	Véletlen betárolás	HIFO kitárolás	0,9756	0,9522	0,9522	0,8982	1	4,7781
7	Véletlen betárolás	FIFO kitárolás	0,9764	0,9538	0,9538	0,9174	1	4,8013
6	Fix tárhelyes betárolás	FIFO kitárolás	0,9804	0,9618	0,9618	0,9174	1	4,8215
8	Osztály szerinti betárolás	FIFO kitárolás	0,9797	0,9603	0,9603	0,9174	1	4,8177
5	Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	FIFO kitárolás	0,9828	0,9664	0,9664	0,9174	1	4,8329
13	Fix tárhelyes betárolás	LIFO kitárolás	0,9868	0,9743	0,9743	0,9469	1	4,8823
10	Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	LIFO kitárolás	0,9878	0,9762	0,9762	0,9469	1	4,8872
14	Fix tárhelyes betárolás	FEFO kitárolás	0,9883	0,9772	0,9772	0,9534	1	4,8960
9	Véletlen betárolás	LIFO kitárolás	0,9909	0,9824	0,9824	0,9469	1	4,9025
12	Osztály szerinti betárolás	LIFO kitárolás	0,9918	0,9842	0,9842	0,9469	1	4,9070
15	Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	FEFO kitárolás	0,9875	0,9756	0,9756	0,9534	1	4,8921
11	Véletlen betárolás	FEFO kitárolás	0,9923	0,9851	0,9851	0,9534	1	4,9159
16	Osztály szerinti betárolás	FEFO kitárolás	0,9942	0,9889	0,9889	0,9534	1	4,9253
19	Fix tárhelyes betárolás	LOFO kitárolás	0,9957	0,9917	0,9917	1,0000	1	4,9791
17	Osztály szerinti betárolás	LOFO kitárolás	0,9984	0,9971	0,9971	1,0000	1	4,9927
20	Véletlen betárolás	LOFO kitárolás	0,9985	0,9973	0,9973	1,0000	1	4,9930
18	Legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás	LOFO kitárolás	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1	5,0000

A dolgozatban bemutatásra kerülő eljárási modell alapján elvégzett számítások igazolják a felvázolt eljárás alkalmazhatóságát és szükségességét. A szimuláció során végzett számítások egyértelműen szemléltetik az anyagmozgatási stratégia okozta költséget és a különböző stratégiák közötti költség eltéréseket. Ennek igazolására a szimuláció leglátványosabb része a vizsgált be- és kitárolási stratégiák kombinációja során kapott anyagmozgatási költségek szélsőértéke közötti eltérés:

- Alapanyag mozgatási költség: 1,95%.
- Gyártási anyagmozgatási költség: 5,99%.
- Anyagmozgatási költség: 3,38%.

A szimuláció teljes egészére elmondható, hogy a vizsgálat során a számítási lépések között a be- és kitárolási stratégiák szekvenciája folyamatosan változik, ami alátámasztja a definiált logisztikai és gazdasági mutatók optimalizálásra gyakorolt hatását és szükségességét.

Elvégzett szimuláció alapján a legalacsonyabb költséget „1” (legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás – HIPO kitárolás) verzióval érhetjük el. A legmagasabb költséget pedig a „18” (legközelebbi nyitott tárhelyre betárolás – LOFO kitárolás) verzióval szemelteti.

A szimuláció eredményeként megállapítható, hogy dolgozatban létrehozott rendszer alkalmazható az igényvezérelt raktározási rendszer optimális anyagmozgatási stratégiájának kiválasztására.

A szimuláció eredményeként szintén igazolható, hogy az anyagmozgatási stratégia hatással van az anyagmozgatási költségekre és biztosítja a megfelelő költséghatékony stratégia kiválasztását jelentős költségmegtakarítás és tervezhetőséget biztosítva a modellt alkalmazó vállalatok számára.

9. Eredmények hasznosítása, továbbfejlesztési lehetőségek

Az ipari szereplők, vállalatok számára egyre nagyobb kockázatot jelent a piac hektikussága és a végfelhasználók keresletének nehéz és csak rövidtávú tervezhetősége. A legtöbb ipari szereplő a fenttarthatóság érdekében alkalmazkodik az új piaci környezethez és ezen alkalmazkodás a rendelkezésre álló pénzügyi keretek átcsoportosításaival, kiadások jelentős csökkentésével, megszorításokkal, és végső soron átszervezésekkel jár. Ezen felsorolt módszerek jelentős belső energiát kötnek le vállalaton belül. A vállalat belső problémáinak megoldásra koncentrálnak lemaradva a versenytársaktól. Minden átszervezés rövidtávon visszaveti a teljesítményt hiszen a korábban bevált információs csatornák megváltoznak és/vagy megszűnnek.

Jelentős segítség a vállalatok számára minden olyan módszer vagy eljárás, ami segít a rendelkezésre álló adatok alapján a várható költségek meghatározásában és tervezésében. A megváltozott igényekhez való alkalmazkodás egzakt adatok és módszer alapján elvégezhető.

A kidolgozott eljárás alkalmazható termelő vállalatok számára a költségre optimalizált raktározási stratégia kiválasztására, figyelembe véve az üzleti tervben szereplő lekötött tőke értékét és beruházási lehetőségeit. Tervezhetőséget és kiszámíthatóságot biztosítva a felmerülő költségek területén.

Az eredmények hasznosítása:

- A raktározási modell a termelő vállalatok számára egyénre szabható
- Kidolgozott eljárás igény vezérelt és ezen igények egyénre szabhatóak
- Az igények kiterjednek az alapanyag, gyártási, és késztermék kezelésére
- Az üzleti tervezésben felhasznált vevő előrejelzések darabszámát használja fő bemeneti adatként
- A kidolgozott több lépcsős költség felírási eljárás könnyen kivitelezhető
- Az optimalizálás bázisa az anyagmozgatás út
- A modell gyakran lefuttatható az optimum keresésére
- Az inicializálása állapot változtatásával lehetőséget biztosít a költségek csökkentésére az optimális stratégia kiválasztása mellett

A létrehozott rendszer az összetettség miatt számos továbbfejlesztési lehetőséget foglal magában. Az elsődleges lehetőség a modell leprogramozása és az ERP rendszerekbe való adaptálhatóságához szükséges kapcsoló felületek elkészítése. Ezen keresztül egy folyamatos és

online rendelkezésre álló optimumkeresésre nyúlik lehetőség. Természetesen ennek az igénynek a szükségességet meg kell vizsgálni hiszen napról napra nem lehet módosítani a be és a kitérolási stratégiát.

Jelentős továbbfejlesztési lehetőség a be- és kitérolás alatt felmerülő áttárolás lehetősége. Ez alatt azt értem, hogy a fix tárhelyes betárolás esetén a kitérolás utáni maradék anyag visszatárolása nem a kitérolás előtti tárhelyre kerül visszatárolásra. Ebben az esetben új fix tárhely kerül meghatározásra, ami például lehetőséget ad a mozgatási út csökkentésére és ez által a túlterhelt időszakok dinamikus simítására, a kidolgozott modell statikus simításával szemben. További költség optimalizálás elérése érdekében.

További fejlesztési lehetőségek:

- A modell kiterjesztése nem csatolt raktárral rendelkező termelő vállalatra
- Optimálás kiterjesztése az emberi kapacitás tervezésre
- Anyagmozgatási műveltek számának növelése (több mint 10)
- A statikus előre simítás elkerülése
- Automata rakatárra való alkalmazhatóság

10. Az értekezés tézisei

I. Tézis: Kidolgoztam az igényvezérelt raktározási rendszerek optimális anyagmozgatási stratégiájának kiválasztását végző vizsgálati rendszer koncepcióját, melynek alkalmazásával hatékonyabb működés válik elérhetővé a belső raktározási folyamatok tekintetében. A tézishoz kapcsolódóan az alábbi eredményeket értem el [S1; S2; S7]:

- I.1. Feltártam a vizsgálható raktári anyagmozgatási stratégiák típusait a vizsgálati rendszer vonatkozásában.
- I.2. Kidolgoztam az optimális raktári anyagmozgatási stratégia kiválasztását végző rendszer felépítését, meghatároztam annak rendszerlemeit és a közöttük lévő kapcsolatokat.
- I.3. Meghatároztam az optimális raktári anyagmozgatási stratégia kiválasztását végző rendszer működési mechanizmusait.

II. Tézis: Feltártam az igényvezérelt raktározási rendszerek optimális anyagmozgatási stratégiájának kiválasztására szolgáló rendszer költségmodelljét, melynek segítségével a raktári anyagmozgatási stratégiák költségszempontról összehasonlítása lehetővé válik [S5].

III. Tézis: Meghatároztam az igényvezérelt raktározási rendszer optimális anyagmozgatási stratégiájának kiválasztását támogató vizsgálati rendszer szimulációs programjának működési algoritmusát, adatmodelljét, feltételeit, célfüggvényeit. A tézishoz kapcsolódóan az alábbi eredményeket értem el [S3; S4]:

- III.1. Feltártam a szimulációs vizsgálat elvégzéséhez szükséges adatstruktúrákat.
- III.3. Meghatároztam az optimális raktári anyagmozgatási stratégia kiválasztását végző rendszer feltételeit, célfüggvényeit.
- III.3. Kidolgoztam az optimális anyagmozgatási stratégia kiválasztását végző szimulációs program működési algoritmusát, melynek helyességét a legkomplexebb vizsgálati típusra alkalmazott matematikai szimulációval igazoltam.

11. Jelölésrendszer

C- optimális anyagmozgatási stratégiaváltozathoz tartozó célfüggvény-érték

g - késztermék oldali kapuk indexe

H - kommissiózási területek száma

h - kommissiózási területek indexe

l_{ak}^z - a k . kapu z . bin-tól való legrövidebb út távolsága

l : célfüggvény komponens azonosítója

n - naptári napok indexe

$r_{ak,n}$ - ak . kapuról n . napon betárolandó tételek száma

v - anyagmozgató berendezés sebessége

V- vizsgált anyagmozgatási stratégia változat azonosítója

w_i : l . célfüggvény komponens súlya

Y^l - Logisztikai mutatók normalizálásnak módja

z - tároló bin indexe

$|\Theta_a^n|$ - n . naptári napon a . beérkezési folyamat által kezelt tételek éves szintű számossága

$|\Psi_a^n|$ - n . naptári napon a . gyártási anyagmozgatási folyamat által kezelt tételek számossága

$|\Lambda_a^n|$ - n . naptári napon a . kiszállítási anyagmozgatási folyamat által kezelt tételek éves szintű számossága

AB_{normal} - Alapanyag betárolás normál folyamat szerinti idő vektora

AB - maradék anyag visszatárolásának időszükséglete kommissiózásról

$Aé_{kn}$ - k . kapuról n . napon betárolandó tételek értéke

ak – alapanyag oldali kapuk indexe

AK - alapanyag kitárolási folyamat idő vektora

AK - anyagmozgatási költség

KB - késztermék betárolási normál folyamatok esetén

$Ké_n^{be}$ - k . kapuról n . napon betárolandó tételek értéke

$Ké_n^{be}$ - k . kapuról n . napon betárolandó tételek értéke

$Ké_{gn}$ - g . kapura n . napon kitárolandó késztermékek száma

KG - késztermék göngyöleg vektora

KK - késztermék oldali kapuk száma

KK_{normal} - késztermék kitárolási normál folyamatok esetén

$lg̃$ - a maradék alapanyag betárolási terület és z . bin közötti legrövidebb út távolsága

LG^V - logisztikai költség mutató

MK - kitárolandó maradék késztermék mátrixa

rg_n - az n . naptári napon betárolandó üres göngyölegek száma

TF - tárhelyek foglaltsága, üres tárhelyek mátrixa

VE - vevői előrejelzések mátrixa

VM - vevői megrendelések mátrixa

AAG_{ak} - k . kapuhoz rendelt anyagmozgató gépek száma

$ABÁi^k$ - alapanyagok beszállításának átfutási idejének mátrixa beszállítónként

ABk - alap bérköltség

ABT - alapanyagok beszállító teljesítőképességének mátrixa

vektora

AES - előre szállítás vektora

$AÉm_n$ - alapanyag érték mutató

AFD - alapanyag egységgrakományának fizikális dimenziójának vektora

AGG - alapanyag anyagmozgató gépek száma kapunkét

$AHsz$ - alapanyag beérkezési hibák tételeinek szórása

AHm - alapanyag hibák hatékonysági mutatója

$AIé_n$ - n . naptári nap kezdeti alapanyag készlet értéke

$AK_{/}$ - rendelésnél kevesebb alapanyag beérkezése vektora

$AKα$ - alapanyag oldali kapuk száma

$AKé$ - alapanyag készletértéke

$AKé_{hn}^{ki}$ - h . kommissiózási területre az n . naptári napon kitárolandó tételek értéke

$AKé_{hn}^{bc}$ - h . kommissiózási területről az n . naptári napon betárolandó tételek értéke

AKI - időjárás miatti szállítás késő beérkezéseinek vektora

aKi - átlagos készletezési (tárolási) idő vektora

$AMé_n^{bc}$ - az n . naptári napon betárolandó maradék gyártási alapanyag tételeinek értéke

AMk - alapanyag mozgatási költség:

ATm_n - alapanyag betárolási teljesítőképesség

ATk - alapanyag terület költség

CSe - csomagolási előírás vektora

EKK^n - előre szállítandó késztermék oszlopvektora

GAG - gyártási anyagmozgató gépek száma üres göngyöleg betárolására

GYF - gyártási finomterv mátrixa

gKK - üres késztermék göngyöleg kitárolási időszükséglete

JBk - járulék jellegű bérköltségek

KAA^n - kitárolandó alapanyag napi szintű alap adat mátrixa

KAG - késztermék anyagmozgató gépek száma

KAG_k - k . kapuhoz rendelt anyagmozgató gépek száma

KAi - kitárolandó alapanyagok információs mátrixa

KAr - kitárolandó alapanyagok raklapszámának mátrixa

$KÉm_n$ - késztermék érték mutató

KGA - kitárolandó göngyöleg alap adat mátrixa

KGi^n - napi szinten kitárolandó göngyöleg információs vektora

KHm - kiszállítási hibák hatékonysági mutatója

$KHsz$ - kiszállítási hibák tételeinek szórása

$KIé_n$ - n . naptári nap kezdeti késztermék készlet értéke

$KKé$ - késztermék készletértéke

KMk - késztermék mozgatási költség:

KTF- technikai problémák miatt nem kitárolt tételek vektora

KTm_n - kitárolási teljesítőképesség

KTk - késztermék terület költség

lam^z - a maradék alapanyag betárolási terület és z. bin közötti legrövidebb út távolsága

lg_{k_h} - h. kommissiózási terület z. bin-tól való legrövidebb út távolsága

lkk_g^z -g. kapu z. bin-tól való legrövidebb út távolsága

lko_h - h. kommissiózási terület z. bin-tól való legrövidebb út távolsága

lmk_h - h. kommissiózási terület z. bin-tól való legrövidebb út távolsága

LRT^V - logisztikai teljesítőképességi mutató

MAA^n - megrendelendő alapanyag napi szintű alap adat mátrixa

MAi - megrendelendő alapanyagok információs mátrixa

MAB- gyártási maradék anyag betárolási idősükséglete

MAG - anyagmozgató gépek száma

MAI- megrendelendő alapanyagok raklapszámának mátrixa

MBk - műszakpótlék bérköltsége

mKK - maradék késztermék kitárolási idősükséglete

MKK^n - napi kitárolandó maradék késztermék vektora

MKm^V - lekötött tőke költség mutat

NBA^n – nem betárolt alapanyagok oszlopvektora

ram_n - az n. naptári napon betárolandó maradék gyártási alapanyag tételek száma

$rgk_{h,n}$ - h. kommissiózási területre az n. naptári napon kitárolandó tételek száma

$rk_k_{g^n}$ - g. kapura n. napon kitárolandó késztermékek száma

$rko_{h,n}$ - h. kommissiózási területre az n. naptári napon kitárolandó tételek száma

$rmk_{h,n}$ - h. kommissiózási területre az n. naptári napon kitárolandó tételek száma

RÜk- gyártás releváns raktári üzemeltetési költség

TBk- teljesítményalapú – bónusz – bérköltségek

VM_r - visszatárolandó maradék alapanyagok doboz száma mátrixa

ABAk - alapanyag berendezések amortizációs költsége

ABKk - alapanyag berendezések karbantartási költsége

ABTp - beszállító oldalán fellépő technikai probléma miatti alapanyag késői bérezésének költsége

ABÜk - alapanyag berendezések üzemeltetési költsége

AEEk - emberi erőforrás éves költség - alapanyag terület releváns

AGAk - alapanyag mozgató gépek amortizációs költsége

AGGk - alapanyag mozgató gépek költsége

AGKk - alapanyag mozgató gépek karbantartási költsége

AGÜk - alapanyag mozgató gépek üzemeltetési költsége

ARBk - raktári berendezések költsége

GBgy - gyártási üres göngyöleg betárolási időszükséglete

gKAG - gyártási anyagmozgató gépek száma késztermék göngyöleg kitérítésére

GYAG - gyártási anyagmozgató gépek száma komissiózás

GYAG_h - h. komissiózási területhez rendelt anyagmozgató gépek száma

GYAi - az gyártási átfutási idő mátrixa

GYHm - gyártási hibák hatékonysági mutatója

GYHsz - gyártási hibák tételeinek szórása

GYKK - gyártási üzemzavar miatt kiesett késztermék tételeinek vektora

GYTk - gyártási terület költség elemei

GYKT - túlgyártás miatt keletkezett késztermék tételek vektora

GYMG - gyártási maradék göngyöleg mátrixa

GYTA - kevesebb gyártás miatt felhasználás nélküli visszatárolandó többlet alapanyagok vektora

GYTm_n - gyártási anyagmozgatási teljesítőképesség

GYTU - gyártás oldalon fellépő probléma miatti tétel ugrás esetén felhasználás nélküli visszatárolandó alapanyag tételeinek vektora

KAAiⁿ - napi szinten kitérítendő alapanyagok információs vektora

KAKr - kitérítendő alapanyagok kerekített raklapszámának mátrixa

- KEEK*- emberi erőforrás éves költség - késztermék terület releváns
- KFSZ* - fuvarszervezési probléma miatt nem kitárolt tételek vektora
- KJIT* - JIT kiszállítás miatti kevesebb kitárolás tételeinek vektora
- KGGk* - késztermék mozgató gépek költsége
- kKAG* - hyártási anyagmozgató gépek száma késztermék betárolására
- KRBk*- késztermék berendezések költsége
- $lkov_h^z$ - *h.* kommissiózási terület *z.* bin-tól való legrövidebb út távolsága
- LKTr*- legyártott késztermék raklapszámának mátrixa
- mKAG* - gyártási anyagmozgató gépek száma maradék késztermék kitárolására
- NMKé* - nem mozgó készlet értéke
- NMKé*¹⁸⁰ - az optimalizációs időszak utáni 180. napon a 90 napja nem mozgott tételek értéke
- NMKé*²⁷⁰ - az optimalizációs időszak utáni 180. napon a 90 napja nem mozgott tételek értéke
- NMKé*³⁶⁵ - az optimalizációs időszak utáni 180. napon a 90 napja nem mozgott tételek értéke
- RÉAk* - raktár épület amortizációs költségei
- RÉFk* - raktár épület fejlesztési költségei
- RÉKk* - raktár épület karbantartási költségei
- RÉRk* - raktár épület rezszi költségei
- $rgyk_n$ - az *n.* naptári napon betárolandó késztermékek száma
- $rkov_{h,n}$ - *h.* kommissiózási területről az *n.* naptári napon betárolandó tételek száma
- SCSe* - sorra tölthető csomagolási egység alapanyagokénti darabszámának vektora
- SZUB*^V - szubjektív vélemény normalizálása
- ÚBBk* - új berendezések beszerzésének költsége
- ÚGBk* - új gépek beszerzésének költsége
- BKMA*- betárolandó kommissiózás utáni maradék alapanyag raklap számának mátrixa
- GYAMk* - gyártási anyag mozgatási költség
- GyEEK* - emberi erőforrás éves költség – gyártási terület releváns
- GyGGk* - gyártási alapanyag mozgató gépek költsége

GyRBk -gyártás releváns raktári berendezések költsége

ABeérkezés - alapanyagok beérkezésnek paletta szám mátrixa:

Kkitárolás - késztermék kiszállítása mátrixa és ez által a kitárolási folyamatok igénye megegyezik a vevői megrendelések mátrixával

mABeérkezés - alapanyagok módosított beérkezésnek paletta szám mátrixa

mKitárolás - módosított késztermék kiszállítási mátrix

VMABeépülés - vevői megrendelések alapanyag beépülési mátrixa

12. Irodalomjegyzék

Saját irodalom:

- [S1] Dobos P. Illes B. Tamás P., Conception for selection of adequate warehouse material handling strategy, *ADVANCED LOGISTIC SYSTEMS: THEORY AND PRACTICE* 9 : 1 pp. 53-60. , 8 p. (2015)
- [S2] Dobos P. Illes B. Tamás P, Optimális raktári anyagmozgatási stratégia kiválasztásának koncepciója, *GÉPGYÁRTÁS* 55 : 2 pp. 63-67. Paper: ISSN 0016-8580 , 5 p. (2016)
- [S3] Dobos P. Illes B. Tamás P, Decision method for optimal selection of warehouse material handling strategies by production companies, *IOP CONFERENCE SERIES: MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING* 161 pp. 1-7. , 7 p. (2016)
- [S4] Dobos P. Illes B. Tamás P, Raktári anyagmozgatási stratégia optimális kialakításának döntési módszere termelő vállalatoknál, *Alkalmazott Tudományok III. Fóruma : Konferenciakötet* , Budapest, Magyarország : Budapesti Gazdasági Egyetem, (2016) pp. 169-178. , 10 p.
- [S5] Dobos P., Illés B., Tamás P., Igényvezérelt raktározási rendszerek optimális anyagmozgatási stratégiájának kiválasztására szolgáló rendszer működési koncepciójának költségmodellje, *Multidiszciplináris tudományok*, (2020)
- [S6] Tamás P, Dobos P. Illés B., Examination of improvement possibilities in warehouse management systems, *LOGISTICS JOURNAL* 1 pp. 1-6. , 6 p. (2017)
- [S7] Tamás P, Dobos P. Illés B., SELECTION METHOD FOR WAREHOUSE MATERIAL HANDLING STRATEGY SUPPORTED BY OPTIMIZED RUNNING OF DEMAND-DRIVEN STORAGE SYSTEM, *Transport & Logistics*, Vol 20 No. 48 (2020)

Felhasznált irodalom:

- [1] Doron Nissim, EBITDA, EBITA, or EBIT?, *Columbia Business School Research Paper No.* 17-71, 2019
- [2] Marcus Ang, Yun Fong Lim, How to optimize storage classes in a unit-load warehouse, *European Journal of Operational Research*, Volume 278, Issue 1, 1 October 2019, Pages 186-201
- [3] B. Bahrami, H. Piri, and E. H. Aghezzaf, "Class-based storage location assignment: an overview of the literature," in *Proceedings of the 16th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics*, Prague, Czech Republic, July 2019.
- [4] Changhong Pan, Shaozheng Yu, Xiaojing Du, Optimization of warehouse layout based on genetic algorithm and simulation technique, *2018 Chinese Control And Decision Conference (CCDC)*, 2018, Page(s): 3632 - 3635
- [5] Michael Eder, Analytical model to estimate the performance of shuttle-based storage and retrieval systems with class-based storage policy, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* volume 107, 2091–2106, 2020
- [6] Michał Kłodawski*, Marianna Jacyna, Konrad Lewczuk, Mariusz Wasiak, The Issues of Selection Warehouse Process Strategies, *10th International Scientific Conference Transbaltica 2017: Transportation Science and Technology*
- [7] BÁNYAI, T., CSELÉNYI, J. (szerkesztők): *Logistics Networks –Models and Applications*, Miskolci Egyetem, 2005.

- [8] BENKŐ, J.:Logisztika II., Felsőfokú Logisztikai Tanfolyam tankönyve, Szent István Egyetem, Gödöllő, 2007.
- [9] BENKŐ, J.:Periodikus készletfigyelésű modell megoldása dinamikus programozással általános feltételek mellett, Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, Gödöllő, 2002.
- [10] CSELÉNYI, J., ILLÉS,B.:Logisztikai rendszerek I. Tankönyv, Miskolci Egyetemi Kiadó, 2004.
- [11] CSELÉNYI, J., ILLÉS, B.: Anyagáramlási rendszerek tervezése és irányítása I., Miskolci Egyetemi Kiadó, 2006.
- [12] CSELÉNYI, J., ILLÉS,B., KOVÁCS, L.:Kis teherbírású modulokból felépülő számítógépes irányítású tárolórendszerek optimális kialakítási lehetőségei és működtetési stratégiái, Anyagmozgatás-Logisztika, Tudomány a gyakorlatban, Transpack folyóirat válogatott tanulmányai ISBN: 9630608480.
- [13] CSELÉNYI, J., ILLÉS,B., BÁLINT, R.:Mikor és milyen mértékben válhat gazdaságossá egy hálózatszerűen működő, karbantartást végző vállalat logisztikai tevékenységének az outsourcing-ja, Miskolci Egyetem 109 Anyagmozgatási és Logisztikai Tanszék, tanszéki jelentés, Miskolc 2006.
- [14] CSELÉNYI, J., BÁNYAINÉ, T. Á.:Termelő vállalatoknál jelentkező logisztikaifeladatok optimális outsourcingjának meghatározására szolgáló modellek, Magyar Közlekedési Kiadó, Logisztikai Évkönyv 2000, pp. 20-29
- [15] P. Baker, M. Canessa, Warehouse design: A structured approach, European Journal of Operational Research 193(2) (2009) 425–436
- [16] Establish Inc. / Herbert W. Davis & Co., 2005. Logistic Cost and Service 2005, presented at Council of Supply Chain Managers Conference 2005
- [17] ELA European Logistics Association / A T Kearney Management Consultants, 2004.Differentiation for Performance, Deutscher Verkehrs-Verlag GmbH, Hamburg.
- [18] Baker, P., 2004. Aligning distribution center operations to supply chain strategy. International Journal of Logistics Management 15 (1), 111-123.
- [19] <https://www.statista.com/statistics/873492/total-number-of-warehouses-united-states/>
- [20] Frost & Sullivan, 2001. European Automated Materials Handling Equipment Markets 3947-10, Frost & Sullivan Ltd, London.
- [21] B. Rouwenhorst, B. Reuter, V. Stockrahm, G.J. van Houtum, R.J. Mantel, W.H.M. Zijm, Warehouse design and control: Framework and literature review, European Journal of Operational Research 122 (2000) 515-533
- [23] B. Duve, R. Mantel. Logitrace: A decision support system for warehouse design, in: Progress in Material Handling Research, The Material Handling Industry of America, Charlotte, NC, 1996, pp. 111±124.
- [23] Heskett, J., Glaskowsky, N., Ivie, R., 1973. Business Logistics, Physical Distribution and Materials Handling (2nded.). Ronald Press, New York
- [24] Apple, J., 1977. Plant Layout and Material Handling (3rded.). John Wiley, New York.
- [25] Ashayeri, J. and Gelders, L.F. (1985), "Warehouse design optimization", European Journal of Operational Research, Vol. 21, pp. 285-294
- [26] Muther, R. (1987), Systematic Layout Planning, Management & Industrial Research Publications, Georgia, USA.
- [27] R muther, "Systematic Layout Planning", McGraw, 1995.
- [28] Md. Riyad Hossain, Md. Kamruzzaman Rasel, Subrata Talapatra, Increasing Productivity through Facility Layout Improvement using Systematic Layout Planning Pattern Theory, Global Journal of Researches in Engineering: J, General Engineering Volume 14 Issue 7 Version 1.0 Year 2014

- [29] Kostrzewski M, The Procedure of Warehouses Designing as an Integral Part of The Warehouses Designing Method and The Designing Software, INTERNATIONAL JOURNAL OF MATHEMATICAL MODELS AND METHODS IN APPLIED SCIENCES, 2012
- [30] Firth D., Apple J., Denham R., Hall J., Inglis P., Saïpe A.: Profitable Logistics Management. McGraw-Hill Ryerson, Toronto, 1988
- [31] Hatton G.: Designing a warehouse or distribution center, Gattorna, J.L. (Ed.), The Gower Handbook of Logistics and Distribution Management, fourth ed. Gower Publishing, Aldershot, p. 175–193, 1990
- [32] Gray, A.E., Karmakar ,U.S. and Seidmann, A. (1992), “Design and operation of an order-consolidation warehouse: models and application”,EuropeanJournal of Operational Research, Vol. 58, pp. 14-36.0
- [33] By Mazen Saghir* and Gunilla JoËnson; Packaging Handling Evaluation Methods In The Grocery Retail Industry; PACKAGING TECHNOLOGY AND SCIENCE;Packag. Technol. Sci. 2001; 14: 21-29 DOI:10.1002/pts.523
- [34] Mulcahy, D., 1994. Warehouse Distribution and Operations Handbook. McGraw-Hill, NewYork.
- [35] Oxley J.: Avoiding inferior design, Storage Handling and Distribution 38, p. 28–30, 1994
- [36] Govindaraj T., Blanco E., Bodner D., Goetschalckx L., McGinnis L., Sharp P.: Design of warehousing and distribution systems: An object model of facilities, functions and information, IEEE Intern. Conference on Systems, Man and Cybernetics, Nashville, Tennessee, USA, p. 1099–1104, 2000
- [37] Rushton, A., Croucher, P., Baker, P., 2006. The Handbook of Logistics and DistributionManagement (3rded.). Kogan Page, London
- [38] Goetschalckx, M., McGinnis, L., Sharp, G., Bodner, D., Govindaraj, T., and Huang, K. (2001), “A framework for systematic warehouse design”, available at: <http://www2.isye.gatech.edu/~mgoetsch/cali/Warehousing%20Systems%20Design/Framework%20for%20Systematic%20Warehouse%20Design%20Version%20E.pdf>(accessed 01 September 2015).
- [39] Hassan M.: A framework for the design of warehouse layout, Facilities 20 (13/14), p. 432–440, 2002
- [40] Waters D.: Logistics: An Introduction to Supply Chain Management, Palgrave Macmillan, NY, 2003
- [41] Bodner, D., Govindaraj, T., Karathur, K.N., Zerangue, N.F., McGinnis, L.F.: A process model and support tools for warehouse design, 02 NSF Design, Service and Manufacturing Grantees and Research Conference, 2002
- [42] Rushton A., Croucher P., Baker P.: The Hand-book of Logistics and Distribution Manage-ment, third ed. Kogan Page, London, 2006
- [43] Josip Habazin, Antonia Glasnović, Ivona Bajor, Order Picking Process in Warehouse: Case Study of Dairy Industry in Croatia, Promet - Traffic&Transportation, Vol. 29 No. 1, 2017.
- [44] de Koster,R., Le-Duc,T. and Roodbergen,K.J. (2007), “Design and control of warehouse order picking: aliterature review”,EuropeanJournal of Operational Research, Vol.187, pp.481-501.
- [45] Cselényi J., Illés B.: Logisztikai rendszerek I. Tankönyv, Miskolci Egyetemi Kiadó, 2004.
- [46] Dr. Cselényi József, Dr. Illés Béla, Anyagáramlási rendszerek tervezése és irányítása I. Tankönyv, Miskolci Egyetemi Kiadó, 2006
- [47] J. Gu, M. Goetschalckx, L. F. McGinnis, Research on warehouse design and performance evaluation: A comprehensive review, European
- [48] R. Manzini, Warehous in the Global Supply Chain, Springer 2012, 31-51 (2012)

- [50] Lu Chen, André Langevin, Diane Riopel, A tabu search algorithm for the relocation problem in a warehouse system, *Int. J. Production Economics*, 147-156 (2011)
- [51] Sásvári János, *Logisztikai rendszerek I. Online jegyzet*, www.bdf.hu(2008)
- [52] Lu Chen, André Langevin, Diane Riopel, The storage location assignment and interleaving problem in an automated storage/retrieval system with shared storage. *International Journal of Production Research* 45 (4), 991-1011 (2010)
- [53] Lu Chen, André Langevin, Diane Riopel, Minimizing the peak load in a shared storage system based on the duration-of-stay of unit loads. *International Journal of Shipping and Transport Logistics* 1, 20-36 (2009)
- [54] Michał Kłodawski, Konrad Lewczuk, Ilona Jacyna-Gołda, Jolanta Żak, *DECISION MAKING STRATEGIES FOR WAREHOUSE OPERATIONS, ARCHIVES OF TRANSPORT, Volume 41, Issue 1, 2017*
- [55] Juan José Rojas Reyesa, Elyn Lizeth Solano-Charrisa, Jairo Rafael Montoya-Torres, The storage location assignment problem: A literature review, *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 10 (2019) 199–224
- [56] Francesco Longo, Giovanni Mirabelli, Enrico Papoff, *Material Flow Analysis and Plant Lay-Out Optimization of a Manufacturing System, 2005 IEEE Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications*, 2005
- [57] A. Goienetxea Uriarte, A. H. C. Ng, E. Ruiz Zúñiga, M. Urenda Moris, Improving the material flow of a manufacturing company via lean, simulation and optimization, *2017 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, 2017
- [58] J.P. van den Berg, W.H.M. Zijm, Models for warehouse management: Classification and examples, *Int. J. Production Economics* 59 (1999) 519–528
- [59] Michael ten Hompel, Thorsten Schmidt, *Warehouse Management*, Fraunhofer-Institut für Materialfluß und Logistik, (2007)
- [60] RM Abrams, *The successful business plan: secrets & strategies*, (2003)
- [61] Benson Honig, Tomas Karlsson, Institutional forces and the written business plan, *Journal of management*, (2004)
- [62] M. Jacyna, K. Lewczuk, M. Kłodawski, Technical and organizational conditions of designing warehouses with different functional structures. *Journal of KONES Powertrain and Transport, Institute of Aviation (Aeronautics) BK* 22(3) (2015) 49–58.
- [63] Shiva Abdoli, Sami Kara, Designing warehouse logical architecture by applying object oriented model based system engineering, *26th CIRP Design Conference*, 713 – 718 (2016)

13. Ábrajegyzék

1. ábra. Kidolgozott modell főbb részei [saját szerkesztés]	7
2. ábra Anyagáramlási lépések [saját szerkesztés]	16
3. ábra Raktározási rendszer struktúrája [saját szerkesztés]	28
4. ábra Be- és kitárolási folyamatok és be- és kitárolási stratégia közötti összefüggés [saját szerkesztés]	32
5. ábra Optimális vizsgálati modell tömbösített formája [saját szerkesztés]	34
6. ábra Igényvezérelt optimális anyagmozgatási stratégia kiválasztásának koncepciója [saját szerkesztés]	35
7. ábra Optimális anyagmozgatási stratégia kiválasztását végző rendszer adatstruktúrája [saját szerkesztés]	39
8. ábra Információs adatbázison belüli összefüggések [saját szerkesztés]	40
9. ábra Raktári elrendezési modell [saját szerkesztés]	47
10. ábra Költség elemek és összefüggései [saját szerkesztés]	49
11. ábra A terhelésfüggvények sematikus felépítése [saját szerkesztés]	53
12. ábra Igényvezérelt optimális stratégia költség elemek és összefüggései [saját szerkesztés] ..	71
13. ábra Igényvezérelt optimális raktározási rendszer adatbázis struktúrája [saját szerkesztés] ..	75
14. ábra Az anyagmozgatási költség teljesítményének és vezérlés módja közötti összefüggések [saját szerkesztés]	97
15. ábra Raktári elrendezés	109
16. ábra Beérkezési oldal és a raktári binek közötti távolság	109
17. ábra A raktári binek és a kommissiózási terület közötti távolság	110

14. Táblázat jegyzék

1. táblázat Betárolási folyamat értékei	111
2. táblázat Kitárolási folyamat értékei	111
3. táblázat Alapanyag mozgatási költség értéke	112
4. táblázat Gyártási anyag mozgatási költség értékei	112
5. táblázat Anyagmozgatási költség értékei	113
6. táblázat Alapanyag betárolási teljesítőképesség értékei.....	113
7. táblázat Gyártási anyagmozgatási teljesítőképesség értékei.....	114
8. táblázat Alapanyag készletértéke	114
9. táblázat Nem mozgó készlet értéke.....	115
10. táblázat Alapanyag érték mutató értékei	115
11. táblázat Késztermék érték mutató értékei.....	116
12. táblázat Logisztikai anyagmozgatási költség mutató értékei.....	116
13. táblázat Logisztikai teljesítőképesség mutató értékei	117
14. táblázat Lekötött tőke költség mutató értékei.....	117
15. táblázat Készletet érték mutató értékei.....	118
16. táblázat Logisztikai mutatók normalizálás utáni értékei	118
17. táblázat Célfüggvény értékei	119

