



**MISKOLCI**  
EGYETEM  
UNIVERSITY OF MISKOLC

GÉPÉSZMÉRNÖKI ÉS INFORMATIKAI KAR

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

**PhD értekezés tézisei**

Készítette:

**DOBOS PÉTER**

okleveles műszaki menedzser

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

Doktori iskola vezetője:

**Prof. Dr. SZIGETI JENŐ**

egyetemi tanár

Tématerület vezető:

**Prof. Dr. ILLÉS BÉLA**

egyetemi tanár

Témavezető:

**Prof. Dr. ILLÉS BÉLA**

egyetemi tanár

Társ-témavezető:

**Dr. TAMÁS PÉTER**

gazdasági és fejlesztési dékánhelyettes  
intézetigazgató egyetemi docens

Miskolc, 2020

## A Bíráló Bizottság tagjai

### *Elnök:*

**Prof. Dr. Kovács László**

Miskolci Egyetem,  
intézeti tanszékvezető, egyetemi tanár

### *Titkár és tag:*

**Dr. Telek Péter**

Miskolci Egyetem, egyetemi docens

### *Tagok:*

**Dr. habil. Bíró István**

Szegedi Tudományegyetem,  
dékán, intézetvezető, egyetemi docens

**Dr. Czap László**

Miskolci Egyetem, egyetemi docens

**Dr. Gubán Ákos**

Budapesti Gazdasági Egyetem,  
főiskolai tanár

### *Opponensek:*

**Dr. Bányainé dr. Tóth Ágota**

Miskolci Egyetem, egyetemi docens

**Dr. Hartványi Tamás**

Széchenyi István Egyetem, egyetemi  
docens

# Tartalom

1. Bevezetés .....	1
2. A kutatási tevékenység előzményei módszertana és célkitűzései .....	3
3. A témához kapcsolódó szakirodalom áttekintése .....	6
3.1. Történeti áttekintés .....	6
3.2. Időrendi áttekintés .....	7
4. A kutatás során elért eredmények rövid összefoglalása .....	11
4.1. Megfelelő anyagmozgatási stratégia kiválasztásnak lépései .....	11
4.2. Igényvezérelt raktározási rendszer kiválasztását és működtetését támogató költségmodell .....	16
4.3. Az anyagmozgatási stratégia kiválasztását végző szimulációs program működési algoritmusa .....	17
5. Új tudományos eredmények .....	18
6. New scientific results .....	20
7. A kialakított eljárás felhasználási, valamint továbbfejlesztési lehetőségeinek ismertetése .....	22
8. Az értekezés témájában megjelent tudományos közlemények .....	24
9. Felhasznált és áttekintett irodalom .....	25



# 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 priorizált előkészítési időcsökkentő anyag kitarolása 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 ismertetett problémákon túl jelentős hiányosságként jelentkezik, hogy a raktározási rendszerek működtetésének felülvizsgálata nem, vagy csak hosszabb időszakonként történik meg, melyek következményeként sok esetben nem kerül sor a szezonális hatások miatt szükségessé vált változtatások érvényesítésére [5].

A kutatási céloom egy olyan vizsgálati módszer kidolgozása, amely lehetővé teszi a teljes értékáramot átfogó optimális anyagmozgatási stratégia kiválasztását.

A kidolgozott módszer vázát a gyártási területek igényeinek kiszolgálását biztosító jól ismert be- és kitérési stratégiák összehasonlíthatósága adja. Az értékáramon belüli anyagmozgatási lépések mindegyikében kiértékelésre kerül a be- és kitérési 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 KUTATÁSI TEVÉKENYSÉG ELŐZMÉNYEI, MÓDSZERTANA ÉS CÉLKITŰZÉSEI**

Jelentős mennyiségű kutatás foglalkozik a cégeken belüli értékáram tervezéssel, illetve az anyagáram „kaputól kapuig” történő elemzésével [6;7;8]. 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.

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.

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 száma 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. 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.

A raktári beruházások nagy értéket képviselnek a vállalat életében és ezen döntések stratégia fontosságúak. Mivel a beruházás értéke egyszeri költséget 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.

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 segített a folyamat fejlesztésében és a gyártási mélység változásával lehetőséget ad az időszakos optimum keresésére.

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.

### **3. A TÉMÁHOZ KAPCSOLÓDÓ SZAKIRODALOM ÁTTEKINTÉSE**

#### **3.1. 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 [9;10;11;12;13;14;15;16;17]. Logisztikai rendszerek ezek mellet kritikus jelentőségűek a termelő vállalaton belül elfoglalt szerepük szerint is, mivel a lekötött tőke szempontjából jelentős értéket képviselnek [18]. Az USA-ra vonatkozó adatok azt mutatják, hogy a raktárak tőke- és működési költségei a logisztikai költségek körülbelül 22% -át teszik ki [19], míg Európára vonatkozó adatok hasonlóan 25% -ot mutatnak [20].

Az Egyesült Királyságban végzett tanulmány kimutatta, hogy az új nagyraktárak száma folyamatosan növekedett az 1995 és 2018 közötti időszakban [21;22]. A raktározási tevékenységgel foglalkozó vállalkozások száma Európa szerte hasonló növekedési tendenciát mutat a 2000 és 2018 közötti időszakban [22]. Ezek a raktárak jelentős beruházásokat jelentenek a vállalatok számára. A raktár automatizálására fordított kiadások folyamatosan növekedtek Európában [23], 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 [18].

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 [24].

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 [18].

### **3.2. Időrendi áttekintés**

Raktártervezéssel kapcsolatos irodalmak időrendi sorrendben kerülnek bemutatása [18;25].

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

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 [27].

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 [28].

1987: Muther szisztematikus elrendezésének tervezése 5 lépést tartalmaz [29;30;31].

1988: Firth, Apple, Denham, Hall, Inglis, Saipé 4 lépésből álló modellt definiál [32;33].

1990: Hatton tervezési modell részei: feladatok meghatározása, termék mennyiségek elemzése, termék mozgásának elemzése, lehetséges javaslatok kidolgozása, irányítási rendszer fejlesztése [32;34].

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 [35].

1994: Brynzer tervezési modell részei: 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 [18;36].

1994: Mulcahy tervezési modell részei: adatok gyűjtése, adatok elemzése, tervezési paraméterek meghatározása, azonosítani az adminisztratív feladatokat, területeket, layout alternatívák létrehozása [37].

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 [38].

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 [18].

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 [39].

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 [18;40].

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. Ezeket keresztül azonosítva a stratégiai, taktikai és operatív döntéseket. Javasolják, hogy ezt a három döntéscsoportot egymás után vizsgálják meg [25].

2001: Goetschalckx keret rendszert ad a szisztematikus raktári tervezéshez egy matematikai modell kidolgozásához [41].

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 [42;43].

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 [44].

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 [45].

2012: Kostrzewski korábbi modellek összegzésével és továbbfejlesztésével egy 22 lépésből álló modellt határoz meg [32].

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 [46].

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 előrejelzésként, 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 [32]. 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 [26].

## 4. A KUTATÁS SORÁN ELÉRT ERERMÉNYEK RÖVID ÖSSZEGZÉSE

A fejezetben összefoglaló jelleggel bemutatásra kerülnek a kidolgozott eljárások, rendszerek, összefüggések érintve annak legfontosabb építő elemeit.

### 4.1. Megfelelő anyagmozgatási stratégia kiválasztásnak lépései

#### 1. A vizsgálati adatok rögzítése:

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

Az információs adatbázis elemeinek 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 lépésen keresztül a raktári anyagmozgatási stratégiaváltozat kiértékelésére (4 db betárolási és 5 db kitérési 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 kitarólasági stratégia által generált anyagmozgatási költség arányát a teljes raktári költségre vonatkoztatva.
- c. Adaptálhatósági mutató: Anyagmozgatási stratégiaváltozatról alkotott összbemutató (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 kitarólasági stratégia raktári teljesítőképességét, amely a raktári berendezések és gépek kihasználtságát jelenti.
- e. Lekötött tőke költség mutató: Megmutatja a betárolás és kitarólasági stratégia esetén raktári lekötött tőke készlet értékét.
- f. Készlet érték mutató: Megmutatja a betárolás és kitarólasági stratégia esetén a raktári készlet értékét.

## **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):**

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

### **Maximalizálendő célfüggvény komponensek normalizálása (logisztikai raktárterheltségi mutató, szubjektív tényező):**

1. vesszük a maximalizálendő logisztikai jellemzők középértékét,
2. a minimum érték és a középérték, valamint a maximum érték és a középérték közötti részt 5-5 intervallumra osztjuk,
3. a vizsgált változatok értékeit a kapott skála segítségével pontozzuk (1-10 pont),
4. egységes kezelhetőség érdekében a maximalizálendő célfüggvények transzformációját el kell végezni (11-ből kivonva minimalizálendő célfüggvény komponenssé alakul át),
5. a transzformáció után elérhető, hogy a maximalizálendő 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.

## **4.2. Igényvezérelt raktározási rendszer kiválasztását és működtetését támogató költségmodell**

A raktározási tevékenységet leíró költségek meghatározásnak lépései következnek.

**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.

### **4.3. 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.

## **5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK**

**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 költség szempontú 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 [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.

## **6. NEW SCIENTIFIC RESULTS**

**I. Thesis: I have worked out a concept for an investigation system making selection for an optimal material handling strategy regarding demand-driven storage systems. Applying this concept, a more effective operation is available regarding internal storage processes. In connection to the thesis, I have reached results listed below [S1; S2; S7]:**

I.1. I have revealed storage material handling strategy types that can be investigated regarding investigation system.

I.2. I have worked out a system structure for making a selection for an optimal storage material handling strategy. I have determined elements of this system and also the relation between these elements.

I.3. I have determined operating mechanisms for a system making for an optimal storage material handling strategy selection.

**II. Thesis: I have revealed a cost model for the system making selection for an optimal material handling strategy regarding demand-driven storage systems. Applying this model, storage material handling strategies can be comparable from cost point of view [S5].**

**III. Thesis: I have determined operational algorithms, data model, conditions, objective functions for the simulation program running in the investigation system to support strategy selection for an optimal material handling strategy regarding demand-driven storage systems [S3; S4]:**

III.1. I have revealed a data structure needed to execute the simulation investigation.

III.3. I have determined conditions, objective functions for the system making selection for optimal storage material handling strategy.



III.3. I have worked out an operational algorithm of the simulation program for optimal material handling strategy selection. I have proved the operational algorithm correctness by executing a mathematical simulation applied for the most complex investigation type.

## **7. A KIALAKÍTOTT ELJÁRÁS FELHASZNÁLÁSI, VALAMINT TOVÁBBFEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEINEK ISMERTETÉSE**

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 fentarthatóság 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 problémának megoldásra koncentrálna 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 összetettségé 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 kitérési stratégiát.

Jelentős továbbfejlesztési lehetőség a be- és kitérés alatt felmerülő áttérési lehetőség. Ez alatt azt értem, hogy a fix tárhelyes betérési esetén a kitérés utáni maradék anyag visszatérési nem a kitérés előtti tárhelyre kerül visszatérésre. 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
- Optimalizálás kiterjesztése az emberi kapacitás tervezésre
- Anyagmozgatási műveletek számának növelése (több mint 10)
- A statikus előre simítás elkerülése
- Automata rakatásra való alkalmazhatóság

## **8. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMÁJÁBAN MEGJELENT TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK**

[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)

## 9. FELHASZNÁLT ÉS ÁTTEKINTETT 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] 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
- [7] J.P. van den Berg, W.H.M. Zijm, Models for warehouse management: Classification and examples, *Int. J. Production Economics* 59 (1999) 519–528
- [8] Michael ten Hompel, Thorsten Schmidt, *Warehouse Management*, Fraunhofer-Institut für Materialfluß und Logistik, (2007)

- [9] 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
- [10] BÁNYAI, T., CSELÉNYI, J. (szerkesztők): Logistics Networks – Models and Applications, Miskolci Egyetem, 2005.
- [11] BENKŐ, J.:Logisztika II., Felsőfokú Logisztikai Tanfolyam tankönyve, Szent István Egyetem, Gödöllő, 2007.
- [12] BENKŐ, J.:Periodikus készletfigyelésű modell megoldása dinamikus programozással általános feltételek mellett, Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, Gödöllő, 2002.
- [13] CSELÉNYI, J., ILLÉS,B.:Logisztikai rendszerek I. Tankönyv, Miskolci Egyetemi Kiadó, 2004.
- [14] CSELÉNYI, J., ILLÉS, B.: Anyagáramlási rendszerek tervezése és irányítása I., Miskolci Egyetemi Kiadó, 2006.
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] CSELÉNYI, J., BÁNYAINÉ, T. Á.:Termelő vállalatoknál jelentkező logisztikaifeladatok optimális outsourcingjának meghatározására szolgáló modellek, Magyar Közlekedési Kiadó, Logisztikai Évkönyv 2000, pp. 20-29

- [18] P. Baker, M. Canessa, Warehouse design: A structured approach, European Journal of Operational Research 193(2) (2009) 425–436
- [19] Establish Inc. / Herbert W. Davis & Co., 2005. Logistic Cost and Service 2005, presented at Council of Supply Chain Managers Conference 2005
- [20] ELA European Logistics Association / A T Kearney Management Consultants, 2004. Differentiation for Performance, Deutscher Verkehrs-Verlag GmbH, Hamburg.
- [21] Baker, P., 2004. Aligning distribution center operations to supply chain strategy. International Journal of Logistics Management 15 (1), 111-123.
- [22] <https://www.statista.com/statistics/873492/total-number-of-warehouses-united-states/>
- [23] Frost & Sullivan, 2001. European Automated Materials Handling Equipment Markets 3947-10, Frost & Sullivan Ltd, London.
- [24] 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
- [25] 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.
- [26] Heskett, J., Glaskowsky, N., Ivie, R., 1973. Business Logistics, Physical Distribution and Materials Handling (2nded.). Ronald Press, New York
- [27] Apple, J., 1977. Plant Layout and Material Handling (3rded.). John Wiley, New York.
- [28] Ashayeri, J. and Gelders, L.F. (1985), "Warehouse design optimization", European Journal of Operational Research, Vol. 21, pp. 285-294
- [29] Muther, R. (1987), Systematic Layout Planning, Management & Industrial Research Publications, Georgia, USA.

- [30] R muther, “Systematic Layout Planning”, McGraw, 1995.
- [31] 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
- [32] 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
- [33] Firth D., Apple J., Denham R., Hall J., Inglis P., Saipe A.: Profitable Logistics Management. McGraw-Hill Ryerson, Toronto, 1988
- [34] 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
- [35] 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
- [36] 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
- [37] Mulcahy, D., 1994. Warehouse Distribution and Operations Handbook. McGraw-Hill, NewYork.
- [38] Oxley J.: Avoiding inferior design, Storage Handling and Distribution 38, p. 28–30, 1994
- [39] 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

[40] Rushton, A., Croucher, P., Baker, P., 2006. The Handbook of Logistics and Distribution Management (3rd ed.). Kogan Page, London

[41] 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).

[42] Hassan M.: A framework for the design of warehouse layout, Facilities 20 (13/14), p. 432–440, 2002

[43] Waters D.: Logistics: An Introduction to Supply Chain Management, Palgrave Macmillan, NY, 2003

[44] 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

[45] Rushton A., Croucher P., Baker P.: The Hand-book of Logistics and Distribution Management, third ed. Kogan Page, London, 2006

[46] 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.