

BUDAPESTI CORVINUS EGYETEM
ÉLELMISZERTUDOMÁNYI KAR

ÉLELMISZERLOGISZTIKAI FOLYAMATOK
OPTIMALIZÁLÁSA

Hajnal Éva

DOKTORI ÉRTEKEZÉS

Budapest

2007

A doktori iskola

megnevezése: Élelmiszertudományi Doktori Iskola

tudományága: Élelmiszertudományok

vezetője: Dr. Fodor Péter,
tanszékvezető egyetemi tanár, DSc
Budapesti Corvinus Egyetem
Élelmiszertudományi Kar
Alkalmazott Kémia Tanszék

Témavezető: Dr. Kollár Gábor
egyetemi tanár, CSc
Áruekezelési és Áruforgalmazási Tanszék
Élelmiszertudományi Kar
Budapesti Corvinus Egyetem

A jelölt a Budapesti Corvinus Egyetem Doktori Szabályzatában előírt valamennyi feltételnek eleget tett, a műhelyvita során elhangzott észrevételeket és javaslatokat az értekezés átdolgozásakor figyelembe vette, ezért az értekezés védési eljárásra bocsátható.

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

A Budapesti Corvinus Egyetem Élettudományi Területi Doktori Tanácsának 2007. 12. 11.-ki határozatában a nyilvános vita lefolytatására az alábbi bíráló Bizottságot jelölte ki:

BÍRÁLÓ BIZOTTSÁG:

Elnök: Fekete András, DSc

Tagok:

Molnár Sándor, CSc

Vörös József, DSc

Balla Csaba, PhD

Szenteleki Károly, CSc

Opponensek:

Kemény Sándor, DSc

Dióspatonyi Ildikó, PhD

Titkár: Podruzsik Szilárd, PhD

Tartalomjegyzék

1.	BEVEZETÉS.....	5
2.	IRODALMI ÁTTEKINTÉS	7
2.1	LOGISZTIKA.....	7
2.1.1	A logisztika definíciója és területei	7
2.1.2	Outsourcing	8
2.1.3	Logisztikai szolgáltatók.....	9
2.1.4	Logisztika környezetterhelése	10
2.1.5	Logisztikai tendenciák.....	12
2.1.6	Ellátási lánc	13
2.1.6.1	<i>Bizonytalanság az ellátási láncban</i>	14
2.1.6.2	<i>Élelmiszer ellátási láncok</i>	15
2.1.6.3	<i>Ellátási lánc teljesítménye</i>	17
2.2	FOLYAMATKÖZPONTÚSÁG	18
2.2.1	Elektronikus adatcsere.....	19
2.3	STATISZTIKAI MINTAVÉTELES ELLENŐRZÉS	20
2.3.1	Mintavétel.....	21
2.3.2	Mintavételi/ellenőrzési terv.....	21
2.3.3	Átvételi jelleggörbe	23
2.4	DÖNTÉSTÁMOGATÓ RENDSZEREK	24
2.5	PULTONTARTHATÓSÁGI IDŐ	25
2.5.1	Folyamatos lejáratí idő monitoring	26
2.5.2	Idő-Hőmérséklet-Indikátorok (TTI).....	27
2.6	SZIMULÁCIÓ.....	29
2.6.1	A szimuláció definíciója.....	29
2.6.2	A modellezés illetve szimuláció osztályozása	30
2.6.3	Szimulációs alapfogalmak.....	31
2.6.4	Miért és mikor szimuláljunk?.....	32
2.6.5	Szimuláció a logisztikában.....	34
2.6.6	Speciális követelmények az élelmiszer ellátási lánc modelljei esetén	35
2.6.7	Szimulációs modellezés folyamata	35
2.6.7.1	<i>Projekt kezdeményezés</i>	36
2.6.7.2	<i>Adatgyűjtés és modellépítés</i>	37
2.6.7.3	<i>Modell verifikálás és validálás</i>	38
2.6.7.4	<i>Szimulációs kísérlet, elemzés, eredmények bemutatása</i>	40
2.6.8	A szimuláció előnyei és hátrányai, lehetőségei és korlátai	42
2.6.9	Szimulációs eszközök áttekintése	43
2.7	SORBANÁLLÁSI RENDSZEREK	43
3	CÉLKITŰZÉSEK.....	47
4	ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK.....	49
4.1	A VIZSGÁLT LOGISZTIKAI KÖZPONT	49
4.2	MINTAVÉTELES ELLENŐRZÉS	50
4.2.1	Mintavételi alap.....	50
4.2.2	Hibák és hibás rakatok	51
4.2.3	Ellenőrzési terv.....	51
4.3	FOLYAMATSZIMULÁCIÓ ALAPJAI.....	52
4.3.1	A vizsgált logisztikai központ kulcsfolyamatai	52

4.3.2	Teljesítménymutatók	53
4.3.3	Szimulációs szoftver	53
4.3.4	Modellek verifikálása	54
4.3.5	Modellek validálása	54
4.3.6	Kapcsolódás az Almásy folyamatszimuláló-szoftver fejlesztő csoporthoz	54
4.4	SORÁLLÁSI MODELL	56
4.5	ERŐFORRÁS MODELL	58
4.6	ELLÁTÁSI LÁNC MODELL	61
5	EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK	65
5.1	MINTAVÉTELES ELLENŐRZÉS	65
5.2	SORÁLLÁSI MODELL	69
5.3	ERŐFORRÁS MODELL	74
5.4	ELLÁTÁSI LÁNC MODELL	79
6.	KÖVETKEZTETÉSEK.....	87
7.	ÖSSZEFOGLALÁS.....	92
8.	MELLÉKLETEK.....	100
	1. Irodalomjegyzék	100
	2. Logisztikai központ környezetterhelése	108
	3. Adatáramlás az ellátási lánc modellnél	109

Rövidítések jegyzéke

AMB	Ambient
AOQ	Average Outgoing Quality
AOQL	Average Outgoing Quality Limit
AQL	Acceptable Quality Level
BPR	Business Process Reengineering
CHL	Chilled
cPPTD	Cost of one Pedestrian pallet truck driver
cRTD	Cost of one Reach truck driver
cWHK	Cost of one Warehouse Keeper
DEFO	Dynamic Expiry First Out
EDI	Electronic Data Interchange
f_{con}	Elfogyasztott pultontarthatósági idő
FEFO	First Expired First Out
FIFO	First In First Out
FRZ	Frozen
GIGO	Garbage In Garbage Out
$h_j(e_i, t)$	i-edik alfolyamatból a j-edik alfolyamatba ható potenciál
InPalNum	Incoming Pallet Number
IPP	Income per Pallet
IT	Information Technology
LIFO	Last In First Out
$L_{i,j}$	i-edik alfolyamat entitás-átviteli együtthatója
LQ	Limiting Quality
PPTD	Pedestrian pallet truck driver
PPTDnum	Number of Pedestrian pallet truck drivers
LTPD	Lot Tolerance Percent Defective
QMS	Quality Management System
RTD	Reach truck driver
RTDnum	Number of Reach truck drivers
RST	Rakodási, Szállítási és Tárolási műveletek összesége
SCM	Supply Chain Management
SKU	Stock Keeping Unit
TQM	Total Quality Management
TTI	Time Temperature Indicator
TTT	Time/Temperature/Tolerance
$v_i(t)$	Környezeti áram vektor
WHK	Warehouse Keeper
WHKnum	Number of Warehouse Keepers
θ	Pultontarthatósági idő
$\Delta e_i(t)$	i-edik alfolyamat entitás-vektor áramának Δt -hez tartozó megváltozása

1. BEVEZETÉS

Napjainkban a fogyasztók egyre jobban odafigyelnek az elfogyasztott élelmiszerek minőségére, biztonságosságára, vagy a szükséges kapcsolódó információk meglétére. Ugyanakkor az élelmiszeripar szereplői egyre inkább globálisan gondolkodnak, az élelmiszeripar egy szorosan összefüggő rendszerré válik, komplex kapcsolatok egész hálózataival.

Az élelmiszerek előállításával foglalkozó cégek a szoros versenyhelyzetben, úgy tudnak helyzeti előnyhöz jutni, ha a rosszabb hatékonysággal végzett munkákat kiszervezik, ezáltal teremtik meg a racionálisabb működés feltételeit. Ebből a megfontolásból a cégek egyre gyakrabban helyezik ki saját logisztikai tevékenységüket külső alvállalkozóknak. A külső logisztikai szolgáltató központ önálló gazdálkodási egységként áll kapcsolatban a kiszervező vállalattal, amelynek fő célkitűzése a területen végzett logisztikai feladatok gazdaságilag hatékony megoldása.

Alapvető az a felismerés, hogy a termékek és szolgáltatások minőségét csak a megfelelően kialakított folyamatokban lehet biztosítani. Folyamatalapú megközelítéssel vizsgálva az élelmiszerlogisztikát kiragadhatunk a logisztikai szolgáltató vállalat határait át nem lépő folyamatokat, és az ellátási lánc koncepciót alapul véve ennél összetettebb folyamatokat is. Ez utóbbi esetben a folyamatok túlnyúlnak a vállalat határain, sőt gyakran az iparág határait is átlépik. Ahhoz, hogy az élelmiszerek elosztása kellően hatékony legyen, ezeket a folyamatokat kell optimálisan kialakítani és működtetni.

A folyamatok optimalizálásának egyik módszere lehet olyan kidolgozott, szabványosított módszerek alkalmazása, mint a statisztikai alapú mintavételezés, amely bizonyos feltételek mellett akár ki is válthatja a hagyományosan alkalmazott költséges és időigényes 100%-os ellenőrzést.

A piacon tapasztalható gyors változások arra kényszerítik a menedzsmentet, hogy döntéseiket a korábbinál rövidebb idő alatt, kevesebb információ birtokában és súlyosabb következményeket maga után vonva hozzák meg. A döntés bizonytalansága növekedett arra vonatkozóan, hogy a lehetséges döntéseknek milyen hatásai lehetnek, viszont jelentősen csökkenthető, ha több információ és ellenőrzési lehetőség van a döntéshozók kezében. Mindezek miatt olyan döntéstámogató rendszerekre van szükség, amelyek gyors és pontos információkat szolgáltatva segítenek a döntési bizonytalanság csökkentésében. Ilyen eszköz lehet a szimulációs technika.

A valós jelenségeket leíró folyamatok tanulmányozására, bonyolult rendszerek tervezésére, ezek módosításainak vizsgálatára vagy célszerű beavatkozások begyakorlására számos olyan módszer alakult ki, amelyek a szakirodalomban szimulációs módszerek néven terjedtek el. A szimulációs vizsgálatok igen jelentős hányadában a szimulált rendszer viselkedését leíró eredmények számértékénél sokkal nagyobb jelentőségű az a betekintés, amit rajtuk keresztül nyerhetünk a vizsgált rendszerről, illetve az abban lezajló jelenségek lényegéről.

Kutatásaim során az elosztási logisztikával foglalkoztam egy olyan logisztikai szolgáltató központban, amely három hőmérsékleti intervallumban fogad és kezel élelmiszereket. Vizsgálataimat két témakörben végeztem. Az első a statisztikai alapú mintavételes ellenőrzés alkalmazhatóságának vizsgálata, a másik pedig a folyamatszimuláció. Az első esetben arra kerestem választ, hogy a logisztikai központ historikus adatait megvizsgálva lehetséges lenne-e a hagyományos kiszállítás előtti 100%-os ellenőrzést az ISO 2859 szabványban kidolgozott statisztikai alapú mintavételezéssel helyettesíteni. A második részt három központi szimulációs modell köré építettem, amelyből kettő kizárólag az általam vizsgált logisztikai központ belső folyamatait veszi alapul. Itt a környezeti hőmérsékletű, hűtött és fagyasztott élelmiszerek kezelésének folyamatát együtt modelleztem, és azt szerettem volna megtudni, hogy vajon a napi operációs döntési szituációkban is hatékony segítséget tud-e nyújtani a szimulációs technika. A harmadik modellel egy konkrét gyorsfagyasztott gyümölcs ellátási láncát vizsgáltam a feldolgozástól a logisztikai központból történő kiszállításig. Itt azt szerettem volna nyomon követni, hogy a hátralévő pultontarthatósági idő hogyan alakul a központból történő kiszállításig, és van-e olyan kiszállítás előtti rendezési szabály, amellyel élelmiszerek esetén hatékonyan lehet helyettesíteni a hagyományos FIFO vagy FEFO rendezési elvet.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Munkám elején azoknak a területeknek az irodalmát tekintetem át, melyek a disszertációmban bemutatott munka egyes részeihez kapcsolódnak. Elsőként magára a logisztikára koncentráltam, és annak vizsgált témámhoz csatlakozó részeit tartalmazó irodalmat tanulmányoztam. Utána az élelmiszerlogisztikában használatos statisztikai alapú mintavételes eljárásokat és az élelmiszeripari logisztikai központokban történő napi döntési szituációkban alkalmazható szimulációs lehetőségek irodalmát tekintetem át. Végezetül annak az irodalmát dolgoztam fel, hogy miként modellezhető a gyorsfagyasztott számóca polcontarthatósági idejének csökkenése az élelmiszer-láncban előforduló hőmérséklet/idő viszonyok között.

2.1 Logisztika

A logisztika alkalmazásának a hadseregnél már komoly története van, amely egész az időszámításunk előttre nyúlik vissza. Akkori feladata a csapatok ellátásának megszervezése volt.

A gazdasági szférába a hadiszállításoknak köszönhetően a második világháború után került át. Az első komoly tanulmány a gazdasági logisztika területén 1955-ben jelent meg Oskar Morgenstern tollából. Mai, széles körű elterjedését az informatika, a számítástechnika fejlődésének köszönheti (*Szegedi, 1999*).

2.1.1 A logisztika definíciója és területei

Napjainkban a logisztikát sokféleképpen határozzák meg. Az egyik legelfogadottabb definíciót az Egyesült Államok Logisztikai Tanácsa fogalmazta meg:

„...a logisztika alapanyagok, félkész- és késztermékek, valamint a kapcsolódó információk származási helyről felhasználási helyre történő hatásos és költséghatékony áramlásának tervezési, megvalósítási és irányítási folyamata, a vevői elvárásoknak történő megfelelés szándékával.”

Más szemléletet tükröz az un. készletáramlási megközelítés. Eszerint a logisztika: „az anyagok mozgatásának és tárolásának hatékony irányítása”. Ez a megfogalmazás a szállításra (és a kapcsolódó folyamatokra: szállítmányozás, rakodás, átrakás stb.), valamint a készletgazdálkodásra (és a kapcsolódó folyamatokra: raktározás, komissiózás, csomagolás stb.) szűkíti le a logisztikát, ami bizonyos esetekben megfelelő lehet, hiszen a vállalat

áramlási folyamatainak legfontosabb területeit valóban a mozgatás és a tárolás jelenti (Szegedi, 1999).

A vállalati logisztikai feladat egy másik, több szerző által elfogadott elmélet szerint az úgynevezett 9M, azaz a logisztika a következő kilenc feltételt köteles biztosítani (Kelemen, 2004): a megfelelő információ, anyag, energia, és személyek eljuttatása a megfelelő mennyiségben, minőségben, időpontban, helyre és költséggel.

Láthatjuk, hogy ezen értelmezés szerint a Logisztika az összes olyan feladatot átfogja, mely a vállalati értéktöbblet előállításához szükséges. Újdonság az eddigi értelmezéshez képest az a kibővítés, miszerint nemcsak az anyagáramlás megtervezése és szabályozása, hanem az ehhez szükséges energia, információ, és személyek „áramlásának” megtervezése és megvalósítása is ide tartozik.

A logisztikát a szakirodalom három nagy területre osztja (Prezenszki, 1995; Benkő, 2000).

- Az **ellátási logisztika** azért felelős, hogy a szervezet fő tevékenységéhez szükséges alap-, segéd- és üzemanyagok, alkatrészek rendelkezésre álljanak. Ez jelenti az áruk beszerzését, rendelését, a különböző földrajzi pontok közötti mozgatását a beszerzés helyétől a gyártó vagy feldolgozó helyig, illetve a beszerzési helytől a nagykereskedelmi vagy kiskereskedelmi raktárig.
- A **termelési logisztika** az alapanyagraktártól a termelési folyamat különböző fázisain át a késztermékraktárig terjedő anyagáramlást, tárolást tervezi, szervezi és irányítja, tehát az anyagok és késztermékek vállalaton belüli mozgatásáért, tárolásáért és készletezéséért felelős.
- Az **elosztási logisztika** (fizikai disztribúció) felelős azért, hogy a termelőhelytől a fogyasztóhoz kerüljön a késztermék. Feladata a késztermék raktártól a felhasználóig, fogyasztóig terjedő termék- és információáramlás tervezése, szervezése, irányítása és ellenőrzése.

2.1.2 Outsourcing

A termelés individualizálódása nyomán az ipari vállalkozások a szűkebb értelemben vett termelésre koncentrálnak, míg az erőforrások biztosítását, a termelés feltételeinek megteremtését, a termékek értékesítését és más inputokat mint szolgáltatást vásárolják meg az arra szakosodott vállalkozásoktól. A kihelyezés (kiszervezés vagy outsourcing) lényege, hogy olyan tevékenységet bíz egy cég külső vállalkozóra, amelyet eddig saját maga végzett, ám ez nem képezi szorosan a fő tevékenységét. Előrejelzések szerint egyes cégek 2010-ig akár

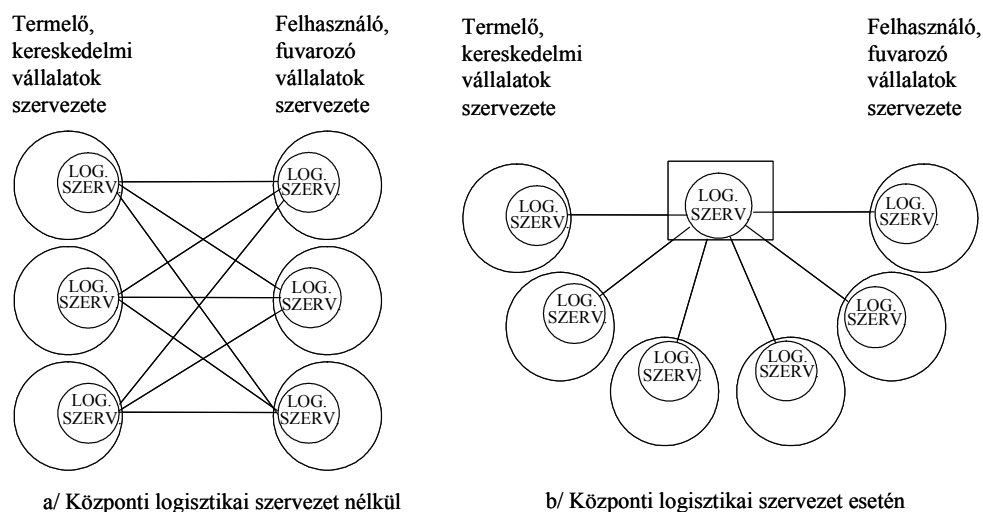
tevékenységük 60 százalékát is kiadják majd, csak azt a tevékenységet fogják megtartani, amire saját know-how-juk van. A kiszervezés alkalmával csorbulhat a működési biztonság és a helyismeret, ezzel szemben javulhat a költséghatékonyság és a szakszerűség. A fejlett gazdaságokban jóval korábban, évtizedekkel ezelőtt megkezdődött a termelés szegmentálódása, logisztikai megközelítésű specializációja (Szegedi, 1999).

2.1.3 Logisztikai szolgáltatók

A logisztikai szolgáltató központok egy része az infrastrukturális szolgáltatásban betöltött szerepét tekintve mikro és/vagy középtérési feladatokat lát el, azaz regionális vagy interregionális jellegű. Egy másik, intermodális funkciókat ellátó része pedig egy magasabb, európai szintű szerveződéshez is tartozik.

A központokat jelentős belső és nagy volumenű külső árumozgás jellemzi, az áruáramlatok megszervezésében meghatározó az egymodalitású rendszer, amikor az adott telephelyet közúton szolgálnak ki, s a kis távolságú terítést szintén közúton végzik (Szegedi, 1999).

A logisztikai központ és a logisztikát kiszervező vállalatok kapcsolata különböző formában valósulhat meg attól függően, hogy a központ milyen logisztikai funkciókat vállal át a vállalatoktól. A logisztikai központokba való integrálás a résztvevők hatékony együttműködését tételezi fel (1. ábra).



1. ábra.: Vállalati logisztikai szervezetek kapcsolati rendszere (Prezenszki, 2001)

A logisztikai központ olyan önálló gazdálkodási egységként áll kapcsolatban a többi vállalattal, amelynek fő célkitűzése a területen végzett logisztikai feladatok gazdaságilag

hatékony megoldása. Ennek érdekében az egyre nagyobb mértékben átvállalt feladatokkal a saját információs szervezete növekszik, a kiszolgált vállalatoknál viszont karcsúsítható az e célra létrehozott irányító és adminisztrációs szervezet. A szoros versenyhelyzetben csak azok a szolgáltatók maradnak fenn, amelyek szolgáltatásaikat valamilyen szűk területen magas szintre képesek fejleszteni. Ezek az irányzatok a logisztikai szervezet teljes átalakulásához vezetnek.

Az új megközelítésben *Prezenszki (2001)* a logisztikai szolgáltatók 4 szintjét (szektorát) különbözteti meg:

- 1PL: First Party Logistics Provider, első szektorbeli logisztikai partnerek. Ezek hozzáértése a fizikai folyamatra korlátozódik (hagyományos RST szolgáltatások).
- 2PL: Second Party Logistics Provider, második szektorbeli logisztikai partnerek. Az RST folyamatok szervezésével, elszámolásával, ügyvitelével foglalkozó társulások (pl. szállítmányozók) tartoznak ide.
- 3PL: Third Party Logistics Provider, harmadik szektorbeli logisztikai partnerek. A megrendelők teljes ellátási és elosztási logisztikai tevékenységeinek hálózatos integrációját ágazati szinten végző szolgáltatók.
- 4PL: Fourth Party Logistics Provider, negyedik szektorbeli logisztikai partnerek. Olyan magas szintű IT szolgáltatók, amelyek ágazat-független hálózatos szolgáltatást nyújtanak nemzeti vagy kontinens szintű logisztikai rendszerekben. Ide tartoznak a nagy szoftverházak, illetve távközlési szolgáltatók.

2.1.4 Logisztika környezetterhelése

Nemzetközi összehasonlításban Magyarország környezetének állapota közepesnek mondható. Az elmúlt 10-15 évben lejátszódott gazdasági átalakulások kedvezően hatottak a környezetre. Az Országgyűlés által 1997-ben elfogadott első Nemzeti Környezetvédelmi Program az első olyan átfogó hazai környezetvédelmi program, amely kijelölte a magyar környezetpolitika általános - az EU környezetpolitikájával összhangban lévő - céljait és cselekvési irányait.

A 2003-2008. közötti időszakra szóló második Nemzeti Környezetvédelmi Program kidolgozásának egyik alappillért az NKP-I. végrehajtása során felhalmozott tapasztalatok alkotják. Az NKP-II. részletezi azokat a hazai problémákat, amiknek megoldása nagyrészt egybeesik az EU-ban vállalt környezetpolitikai célkitűzéseinkkel és az egyéb nemzetközi

egyezményekből eredő kötelezettségeinkkel is (*NKP-I., 2003; NKP-II., 2003; OP, 2002*).

Ezek a következők:

- A gazdasági fejlődésben a környezeti szempontok érvényesítése. A gazdasági fejlődést úgy kell megvalósítani, hogy a növekvő jólét csökkenő környezetterheléssel járjon együtt. Fontos szempont az integrált szennyezés csökkentés (bármilyen ipari létesítmény, gazdasági tevékenységet folytató üzem környezetvédelmi berendezéseinek az EU-előírások szerint az elérhető leginkább környezetbarát technológia alapján kell működnie).
- A környezeti folyamatokkal, hatásokkal, valamint a környezet- és természetvédelemmel kapcsolatos ismeretek, tudatosság és együttműködés erősítése.
- Közlekedési eredetű szennyezőanyag-kibocsátások mérséklése.
- Az élelmiszerbiztonság javítása.
- A zaj elleni védelem javítása. Ide elsősorban közlekedési eredetű (közúti, vasúti, légi) zaj elleni védelem tartozik, de jelentős az ipari és kereskedelmi létesítmények által keltett zaj csökkentése is.
- Hulladékgazdálkodás fejlesztése. A csomagolóanyagok újrafelhasználási arányának növelése (az Európai Unió előírásai szerint a csomagolási hulladék legalább felét újra fel kell használni, fel kell dolgozni, vagy újra kell hasznosítani). A jövőben azonban a hulladék mennyiségi növekedésének elkerülése, a megelőzés is jelentős erőfeszítéseket és speciális intézkedéseket igényel. A képződő hulladékok jellemző kezelése a lerakás, a hasznosítási arány Magyarországon nem éri el a 30%-ot.

A többnyire logisztikai szolgáltató bevonásával, disztribúciós központon keresztül végzett áruelosztás hazánkban egy viszonylag fiatal terület, érdemes megvizsgálni gazdasági és környezetvédelmi szempontból is az előnyeit, és hasznát. A fenti felsorolás szinte minden pontja értelmezhető ezen a területen is, az integrált szennyezéscsökkentésre való törekvés pedig tömören összefoglalja az irányt.

Ha összehasonlítjuk a hagyományos áruterítést és a központosított logisztikát, könnyen igazolhatjuk ez utóbbi hatékonyabb, ezzel együtt környezetkímélőbb voltát, az erőforrások optimalizálása azonban itt is kiemelten fontos. A telephelyen belül, és a szállítási útvonalak mentén a szállító járművek mozgó légszennyező forrást képviselnek. A központosításból és a gyűjtőhelyről történő kiszállításból adódóan abszolút értékben kevesebb megtett kilométer

árán jutnak el a termékek a gyártótól a fogyasztóig, ezáltal a szállítással járó légszennyezés csökken.

Külön ki kell emelni a hűtőkamionokat. Ezek várakozáskor is járó motorral kénytelenek állni, hiszen a hűtést csak így tudják biztosítani az élelmiszereknek. Fontos tehát a raktári tevékenységek hatékony megszervezése, a várakozási idők minimalizálása.

Emellett Magyarországon is számos esetben megfigyelhető, hogy a logisztikai szolgáltatók teljes körű szolgáltatást nyújtanak esetleg több partnernek is („több-felhasználós” logisztikai központ). Így könnyebben megtalálhatják és kihasználhatják a szinergiákat, hatékonyabban tárolhatnak, kezelhetik az árut és szállíthatnak, az egész operáció dinamikusabb és rugalmasabb lesz. A kiegészítő tevékenységek (pl.: vámraktározás, vámkezelés, export, import hatósági ellenőrzés, csomagolás stb.) logisztikai központban történő elvégzése pedig szintén azt eredményezi, hogy a termék útja a legrövidebb a gyár és a fogyasztó között.

A szállítmányozás optimalizálása ezen kívül a megfelelő járattervezéssel valósítható meg, aminek eredményeképpen kiálláskor, és a szállítási címen csak keveset kell várakoznia a gépjárműnek. Emellett a szállítás során olyan szinergiákat kell keresni, ami biztosítja, hogy a gépkocsik raktere mindig ki legyen használva.

2.1.5 Logisztikai tendenciák

Az Európai Unió felmérései szerint a Nyugat- és Kelet-Európa közötti áruforgalom 1999-ben a világkereskedelem hat százalékát tette ki, ami az integrációs folyamatok következtében 2010-2015 között körülbelül tizenhat százalékra növekszik. A tradicionális közlekedési folyosók jelentősége, szerepe tehát nagymértékben megnő.

Az eurologisztikai folyamatok tendenciát tekintve a logisztikai szolgáltatásokat a funkcionális partikularizálódás, míg az árutovábbítást az áramlati koncentráció jellemzi.

A világkereskedelem meghatározó áruforgalmi csatornái mentén, a legjellemzőbb tranzit útvonalakon, illetve közúti/vasúti korridorok csatlakozási pontjain, továbbá a nagy árufeladó, illetve –gyűjtő és –elosztó helyek közelében olyan „közlekedésaffin” logisztikai szolgáltató központok jönnek létre, amelyek a világkereskedelemben, a nemzetközi termeléssel és elosztással összefüggő munkamegosztásban vesznek részt, s ezzel egyben az eurologisztikai hálózat részeként is funkcionálnak.

Magyarországot a legjelentősebb nemzetközi áruforgalmi folyosók érintik. Ezt a potenciális gazdasági lehetőséget akkor lehet kihasználni, ha megfelelő a környezet, ha az európai

normának megfelelő feltételek rendelkezésre állnak, és a közlekedéssel, szállítmányozással összefüggő logisztikai szolgáltatások magas színvonalúak.

A klasszikus tranzit országok közül elsősorban azok értékelődnek fel, amelyek a haladó európai normák szerint az emberi élettér védelme érdekében a környezetbarát, a hatékonyabb közlekedésgazdálkodást lehetővé tevő közlekedési módok komplex feltételeit megteremtik (Szegedi, 1999).

2.1.6 Ellátási lánc

A végső fogyasztó számára előállított érték általában több vállalat összekapcsolódó tevékenységeinek eredménye. A cégek egyre inkább egy ellátási lánc tagjaként küzdenek más ellátási láncokkal, mint különálló cégeként a többi céggel. Az értéklánc így nemcsak egy vállalatra, hanem egy-egy, néhány céget magában foglaló vállalati láncolatra is értelmezhető (Christopher, 1992; Szegedi és Prezenszki, 2003).

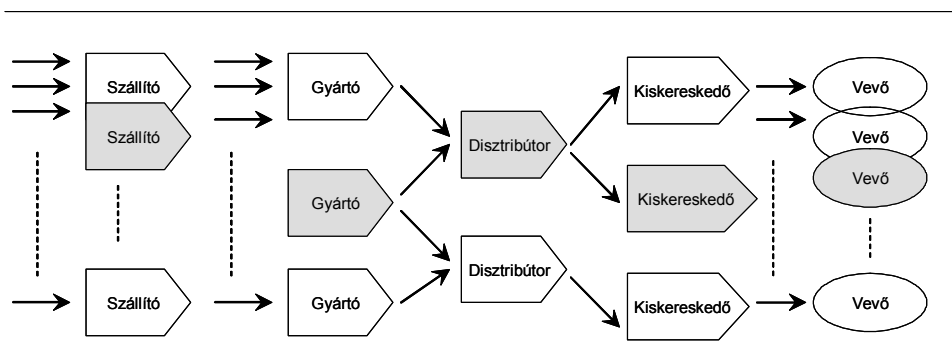
Kulcsár (1998) szerint a logisztika elsőrendű célja, hogy a vásárlókat igényeik szerint szolgálják ki az ellátási láncok kiépítése révén. Ezek a láncok kapcsolják össze az értékesítési piacot a vállalati funkciókon keresztül a beszerzési piaccal. A vállalati értékláncok ilyen módon történő összekapcsolódása alkotja a logisztika „kibővítésének”, az *ellátási lánc-koncepció* elméletének az alapjait. Mindezt az Egyesült Államokbeli Supply Chain Council 1997-ben az alábbi módon fogalmazta meg (Komáromi, 2006):

„Az ellátási lánc minden olyan tevékenységet magában foglal, amely a termék előállításával és kiszállításával kapcsolatos, a beszállító beszállítójától kezdve a végső fogyasztóig bezárólag. A négy fő folyamat – a tervezés, a beszerzés, a gyártás, a kiszállítás – amely az ellátási láncot meghatározza, magában foglalja a kereslet-kínálat menedzselését, az alapanyagok és alkatrészek beszerzését, a gyártást, az összeszerelést, a készletezést, a rendelés-feldolgozást, a disztribúciót és a végső fogyasztóhoz való kiszállítást”.

Ellátási Lánc Menedzsmentnek (SCM) nevezzük azt, amikor az ipari partnerek összefognak és közös irányítású, még hatásosabb és hatékonyabb ellátási láncokat formálnak (Christopher, 1998). Ez nem egyszerű feladat a különféle politikák, ütköző célok és az üzleti környezet megbízhatatlansága miatt (Alfieri és Brandimarte, 1997; Barratt és Oliveira, 2001; Terzi és Cavalieri, 2004). Mindezek ellenére valóban nem lehet a teljes ellátási lánc teljesítményét optimalizálni, ha a vezetők csak saját cégük eredményeit optimalizálják és nem egyeztetik céljaikat és tevékenységüket a lánc többi szereplőjével (Lambert et al., 1998; Cooper et al. 1997). Ez különösen igaz az élelmiszerellátási láncok esetén, hiszen kényszerként jelentkezik

a termékek lejáratí idejének folyamatos figyelése és a vevők növekvő igénye a környezet- és állapotbarát gyártási módszerek iránt (Boehlje et al. 1995). A láncban bármelyik szereplő könnyedén semmissé teheti a többiek termékminőség megőrzése érdekében tett erőfeszítéseit (Forrester, 1961; Stevens, 1989).

A 2. ábra egy általános ellátási láncot jelöl az ellátási hálózaton belül. Minden cég minimum egy ellátási láncba tartozik, aminek általában több beszállítója és vevője van. A legtöbb szervezetnél az ellátási lánc inkább egy gyökerestől kiszakított fára hasonlít, mint egy láncra, a lombja és gyökere a vevők és szállítók extenzív hálójára. (Lambert & Cooper, 2000).



2. ábra: Egy általános ellátási lánc az ellátási hálózaton belül (Van der Vorst, Beulens, & Van Beek, 2000)

2.1.6.1 Bizonytalanság az ellátási láncban

Számos szervezeti és stratégiai teória központi eleme volt mindig is a bizonytalanság fogalma. March és Simon (1958) a szervezeti viselkedés kulcselemként azonosította a bizonytalanságot. Thompson (1967) azt sugallta, hogy egy szervezet fő kihívása a környezeti bizonytalanságokkal való megbirkózás, elsősorban az egyes feladatok környezetében. Daft és Lengel (1986) kétfajta bizonytalanságot különböztet meg: események előfordulásával kapcsolatos ismerethiányból származó bizonytalanság, vagy egy bekövetkezett eseményre történő reakció nem ismeretéből eredő bizonytalanság. A bizonytalanság fogalmának megalkotásában még nincs konszenzus (Omta és De Leeuw, 1997), az irodalmakban számos definíció található.

Az ellátási lánc bizonytalansága a döntéshozatali helyzetekhez kapcsolódik a láncban, amikor a döntéshozó kezében nincsenek hatásos ellenőrző tevékenységek, vagy képtelen pontosan előre jelezni, a lehetséges ellenőrző tevékenységek hatását. A bújtatott felismerés itt az, hogy ha nem volna az ellátási láncban bizonytalanság, akkor a lánc teljesítménye optimális lenne (Van der Vorst, 2000).

Ahhoz, hogy a döntéshozatali folyamat bizonytalanságát csökkenteni lehessen, azonosítani kell az ellátási láncban jelenlévő bizonytalanságok típusait. Logisztikai szempontból *Persson (1995)*, *Sheombar (1995)*, és *Donselaar (1989)* a tevékenységek négyféle bizonytalanságát különbözteti meg:

1. keresleti bizonytalanság: a vevői igényekkel kapcsolatos bizonytalanság; ez a keresleti előrejelzés és termékválaszték egyfajta kombinációja,
2. kínálati bizonytalanság: a nyersanyagok vagy csomagolóanyagok időben történő szállítása megfelelő mennyiségben, minőségben és árban,
3. folyamat bizonytalanság: a termelőtevékenységhez kapcsolható bizonytalanság, például egy bizonyos termék előállításához szükséges kapacitás, vagy megfelelő alapanyag megléte,
4. tervezési és ellenőrzési bizonytalanság: a tervezéssel és információközléssel kapcsolatos bizonytalanság, például pontos-e a készletszint, vagy vajon a vevői igények megfelelően lettek-e figyelembe véve. Ez magába foglalja az információk rendelkezésre állását, pontosságát és az információhoz való hozzájutás idejét is.

2.1.6.2 Élelmiszer ellátási láncok

Az élelmiszer ellátási láncok olyan szervezeteket egyesítenek, amelyek növényi és állati eredetű termékek előállításáért és elosztásáért felelősek. Napjainkban a fogyasztók egyre jobban odafigyelnek az élelmiszerek olyan velejáróira, mint a minőségi garancia, sértetlenség, biztonságosság, változatosság és a kapcsolódó információs szolgáltatások. Ugyanakkor az élelmiszeripar szereplői egyre inkább globálisan gondolkodnak. Ez megnyilvánul a cégek méretében, a készletek határokat átívelő mozgásában és a nemzetközi kapcsolatokban. Az élelmiszeripar egyre inkább egy szorosan összefüggő rendszerré válik, komplex kapcsolatok egész hálójátával. A láncok sajátosságai nyersanyagainak és késztermékeinek tulajdonságaiból következnek (*Van der Vorst et al., 2005*).

Az élelmiszer-termelést *Gergely (1998)* három nagy csoportba sorolja:

1. kampányszerűen (idényszerűen) az év egyes részeiben termelő, amely a mezőgazdasági termékek idényszerű jelentkezéséből, illetve a nyersanyag romlandóságából adódik,
2. egész éven át, de idényszerű hullámmzással termelő, ami adódhat a nyersanyagellátás idényszerű hullámmzásából (pl. a húsiparban), a fogyasztás idényszerű hullámmzásából

(pl. üdítőital-gyártásban), vagy a két tényező együttes hatásából (pl. a tejiparban), illetve

3. állandó jellegű, egyenletes üzemelésű termelési ágak.

Van der Vorst és társai (2005) általánosságban két fő ellátási lánc típust különböztetnek meg:

- 1 *Friss mezőgazdasági termékek ellátási lánc.* Alapvetően a lánc lépcsői a termesztett vagy gyártott termékek belső jellemzőit érintetlenül hagyják. Ilyen termékek esetén a fő folyamatok az árukezelés, tárolás, csomagolás, szállítás, és árusítás.
- 2 *Feldolgozott élelmiszertermékek ellátási lánc.* Ezekben a láncokban a mezőgazdasági termékek, mint nyersanyagok szerepelnek, amikből fogyasztási cikket állítanak elő, magasabb hozzáadott értékkel. Legtöbb esetben a tartósítási és kondicionálási folyamatok megnövelik az ilyen termékek eltarthatóságát.

Rijn és Schijns (1993), Rutten (1995), Den Ouden és társai (1996) és Van der Vorst (2000) az élelmiszer ellátási láncok speciális folyamat- és termékjellemzőit a következőképpen összegezte:

- Szezonális a termelésben, ami globális készletezést igényel.
- A folyamatoknak minőségben és mennyiségben is különböző a hozamuk, ami a biológiai eltéréseknek, szezonálisnak, és az időjárás, betegségek és más biológiai veszélyekből eredő véletlen faktoroknak köszönhető.
- A nyersanyagok, félkész és késztermékek lejárati ideje egyre közelebb kerül, minősége pedig folyamatosan romlik, miközben az ellátási láncon keresztül megy. Előfordulhat hogy a termék lejár, vagy a minőségcsökkenés olyan mértékű, hogy azt ki kell venni a raktári készletből.
- Szükségesek olyan eszközök, amelyek biztosítják az ellenőrzött körülményeket a szállítás és tárolás során (pl.: hűtés).
- A sarzsok nyomomonkövethetősége szükséges minőségi és környezeti okok és a termékfelelősség miatt.
- Az élelmiszerszektorban a termelési érték 70%-a az alapanyagok költségéből adódik.

Az elosztási lánc szereplői tisztában vannak azzal, hogy az eredetileg magas minőséget képviselő termékek is ki vannak téve a romlásnak az elosztási láncban való tartózkodásuk

ideje alatt, és a romlás mértéke nagyban függ a környezeti változóktól (*Van der Vorst et al., 2005*).

Csakúgy mint más élelmiszerek esetén, a gyorsfagyasztott **termékek** is romlási folyamaton mennek keresztül életciklusuk alatt. Ilyen körülmények között azonban nem a mikrobák jelentik a veszélyt, hanem az enzimek, amik zöldségeknél és gyümölcsöknél ízváltozást, húsoknál pedig felgyorsult romlási folyamatokat eredményeznek (*1. táblázat*). Fagyasztás során a sejtfalak sérülése, valamint a fehérje és a keményítő reakciója olvadáskor csöpögést és puhulást eredményez. Az elszíneződést okozhatja nem-enzimes barnulás, fagyási sérülés stb. A C vitamin lebomlása szintén nagy probléma gyorsfagyasztott zöldségek esetén. A változó hőmérséklet gyakran okoz olyan fizikai változásokat, mint a jegesedés, nedvességtartalom csökkenése, emulzió szétesése vagy a cukor és jég újrakristályosodása (*Labuza és Fu, 1997*).

1. táblázat: Gyorsfagyasztott élelmiszerek romlása (Labuza és Fu, 1997, módosítva)

Gyorsfagyasztott termékek	Romlás módja
Vöröshús, szárnyas, tengeri gyümölcs	Avasodás Fehérje denaturáció Elszíneződés Kiszáradás
Gyümölcs és zöldség	Tápanyag lebomlás Szerkezeti változás Ízváltozás Szövet nedvességtartalmának csökkenése Elszíneződés
Gyümölcslé koncentrátumok	Tápanyag lebomlás Ízváltozás Zavarosodás Elszíneződés Élesztőgomba szaporodás
Tejtermékek (fagylalt, joghurt stb.)	Jegesedés Laktóz kristályosodás Ízváltozás Emulzió szétesése

2.1.6.3 Ellátási lánc teljesítménye

A logisztikában a teljesítménymérés és a tevékenységek ellenőrzésének célja, hogy képet adjon arról, hogyan teljesültek a tervek, illetve, felismerhetővé válnak a teljesítménynövekedési lehetőségeket (*Bowersox és Closs, 1996*). A teljesítményeket pénzübeli és természetes teljesítménymutatók segítségével értékelhetjük.

Az ellátási lánc teljesítménye egy kumulatív mutató, ami a lánc egyes elemeinek teljesítményétől függ. *Slack és társai (1995)* meghatározása alapján az ellátási lánc teljesítménye annak a mértéke, hogyan tudja a lánc a végfelhasználó igényeit teljesíteni bármelyik időpillanatban a releváns teljesítménymutatók és költségek tekintetében.

A jól megválasztott teljesítménymérők rendszere segít benchmark-okat találni és időről időre értékelni a változásokat. *Östele (1995)*, valamint *Van der Vorst és társai (2005)* szerint a teljesítménymutatók olyan folyamatjellemzők, amelyek összevetik egy rendszer hatékonyságát és/vagy hatásosságát egy normál vagy célértékkel.

Konrad és Mentzer (1991) valamint *Caplice és Sheffi (1994)* egyetértenek abban, hogy háromféle mérési módszer használható, hogy egy folyamat teljesítményét meghatározzuk:

- a kihasználtságon (aktuális input/normál input),
- a termelékenységen (aktuális output/aktuális input), és
- a hatékonyságon (aktuális output/normál output) alapuló.

A tendencia azt mutatja, hogy egyre inkább az integrált teljesítménymérők kerülnek előtérbe, amelyekkel egész folyamatok illetve a funkcionális területeken keresztülfutó folyamatok sora mérhető. Az integrált teljesítménymérők használata segít elkerülni az optimalizálási problémákat, és nagyobb mértékű ellenőrzést engednek meg az ellátási láncban, mivel a vezetőknek olyan mérőszámaik lesznek, amelyek számos funkcionális területen keresztülfutó tevékenységek eredményét mutatják (*Bechtel és Jayaram, 1997*). Ezek a folyamatorientált mérőszámok jelzik a lehetséges problémákat a folyamaton belül.

Az áruáramlási folyamathoz kapcsolódó mutatószámrendszereket a különböző logisztikai alrendszerekhez kötve csoportosíthatjuk. Eszerint beszélhetünk a szállításhoz, a készletezéshez, a tároláshoz, a disztribúcióhoz stb. kapcsolódó mutatószámokról (*Kelemen, 2004*).

Élelmiszerek esetén elengedhetetlen termékjellemző a termék minősége. Az a mód, amellyel az elosztási láncban a termék minőségét ellenőrzik és biztosítják, az elosztási lánc teljesítménye szempontjából elsőrendű fontosságú. Magán a teljesítménymérésen kívül a termék minősége közvetlen kapcsolatban van más élelmiszer-jellemzővel is, úgymint sértetlenség és biztonságosság. Összességében az egyik kulcs az élelmiszeriparban a logisztika és termékminőség integrált kezelése (*Van der Vorst et al., 2005*).

2.2 Folyamatközpontúság

Az értékteremtő tevékenységek hosszabb összefüggő láncolatot képeznek, amelyeket folyamatoknak nevezünk (*Kelemen, 2004*).

Christopher (1992, 1998) szerint a logisztikát sokkal inkább folyamatként, mint egyedi események sorozataként kell kezelni, ha magasabb teljesítmény elérésére törekszünk. A

logisztikai problémák funkcionális megközelítése eltolódott a folyamatalapú megközelítés felé. A fő különbség a hagyományos funkcionális és a folyamatalapú megközelítés között az, hogy ez utóbbinál minden folyamat a vásárlói igények kielégítésére fókuszál, és a cég e folyamatok köré épül. Így az értékteremtő folyamatok (Value Adding Processes) meghatározása a logisztikai láncban kulcsfontosságú és ezek kapcsolatai szintén kritikusak.

Ahogy *Davenport (1993)* mondta, a folyamatok alkotják azt a struktúrát, amellyel egy szervezet értéket teremt a vásárlónak. *A folyamat strukturált, mérhető tevékenységek sorozata, amelyet úgy terveztek, hogy meghatározott vásárlók vagy piac igényeinek megfelelő outputot produkáljon.*

Az anyagi folyamatokhoz tartozik a termék vagy a szolgáltatás áramlása a beszállítótól a végső fogyasztóig, valamint a fordított irányú termékáramlás (pl. javítás, újrahasznosítás, hulladékfeldolgozás), az információs folyamathoz pedig többek között a rendelésfeladás, -továbbítás, -feldolgozás, míg a pénzügyi folyamatokhoz a számlakiegyenlítés, a számlaforgalom intézése, a hitelnyújtási és fizetési feltételek stb.

A folyamatok sokszor túlnyúlnak a vállalat határain, sőt gyakran az iparág határait is átlépik. Az ellátáslánc-menedzsment megközelítés azt hangsúlyozza, hogy lényeges feladat a tevékenységek, folyamatok vállalaton belüli és vállalatok közötti oly módon történő integrációja és koordinációja, hogy a folyamatok a vállalatok határain minél simábban lépjenek át (*Kelemen, 2004*).

A folyamatközpontúság nagy hangsúlyt fektet arra, hogy a munkavégzés HOGYAN történik egy szervezeten belül, ellentétben a termékre való fókuszálással, ahol a hangsúly a MIT kérdésen van (*Van der Vorst, 2000*).

A *minőségügyi rendszerek* területén már a korábbi években is tapasztalható volt egy egyértelmű elmozdulás a folyamatközpontú minőségügyi rendszerek irányába. A nagyobb szervezetek számos, egymással kapcsolatban lévő folyamatot alakítanak ki, irányítanak és hajtanak végre. Ezeknek a folyamatoknak a szisztematikus felmérése, kézben tartása, szabályozása, egymásra hatásának felismerése jelenti a folyamatorientált minőségbiztosítást.

2.2.1 Elektronikus adatcsere

A logisztikai folyamatok optimális irányításához integrált információs rendszer kiépítése szükséges. A megvalósítás követelménye, hogy a logisztikai folyamatokban érintett szervezetek ne önálló, saját adatkommunikációs megoldásokat keressenek, hanem az ENSZ ajánlásai, a világszabványok (ISO) és az európai normák alapján a kompatibilitás igényével

fejlesszék információs rendszerüket, elsősorban a papír nélküli elektronikus adatátviteli rendszer irányába (Halász, 1992).

Az EDI az adatoknak olyan elektronikus továbbítása, ahol a műveletek és az üzenet adatainak szerkesztésére egyezményes szabványt használnak. Már évtizedekkel ezelőtt felismerték, hogy a nemzetközi kereskedelem, valamint a kapcsolódó szállítási és egyéb kiegészítő folyamatok többnyire szabványosítható funkcionális intézkedések és dokumentumok sorából állnak (pl. megrendelés, helyfoglalás, szerződés, számla stb.). Az EDI alapvetően és elsődlegesen a külső kommunikáció elektronizálását, bizonylatmentes lebonyolítását célozza, amely a belső intézkedések, árumozgások és szolgáltatások szervezésére, irányítására valamint ellenőrzésére kialakított számítógépes rendszerhez kapcsolódik.

Az ellátás, a szállításszervezés, az elosztás és a folyamatos árukövetés on-line elektronikus adatáramlással oldható meg komplexen a gyártótól a fogyasztóig, illetve felhasználóig, itt ugyanis számos ismétlődő, szabványosítható intézkedés, munkaelem van (Prezenszki, 2001; Szabó, 1994).

Az elektronikus adatsere előnye lehet többek között a nagyobb pontosság, gyakoribb rendelési lehetőség a sebesség megnövekedése miatt, csökkenő kezelési költségek, szorosabb kapcsolat a vevővel és beszállítóval, hiszen a rendszerbe való közös befektetés szorosabb partnerkapcsolatot eredményez (Evans et al., 1995).

2.3 Statisztikai mintavételes ellenőrzés

A statisztikai mintavételes ellenőrzés célja a költségeket is csökkentve a teljes körű ellenőrzés kiváltása, ezzel együtt a kiszállítási idő lerövidítése, miközben az átvadó és átvadó kockázatát megfelelő szinten tartjuk. Az összekészített raklapok kiszállítás előtti végső ellenőrzése egyfajta biztonságot ad arról, hogy maga az összekészítési folyamat megfelelő volt, ezért fontos része a teljes kiszállítási folyamatnak.

E technika szabványos módszerei - Military Standard 105D és Military Standard 414 - világszabvánnyá váltak (ISO 2859, ISO 3951), őket már Magyarországon is honosították (MSZ 247/1, MSZ 213).

A statisztikai minőségellenőrzés jellemzője, hogy a döntések, vizsgálatok, elemzések alapját a teljes sokaságból megfelelő módszerekkel kiemelt minták képzik, melyeknek mintavételi és matematikai alapjai azonosak. A minta a sokaság azon része, amelyen konkrétan elvégezzük azokat a méréseket, vizsgálatokat, melyek vonatkozásában a sokaságot meg akarjuk ismerni.

A minőség-ellenőrzés alapproblémája, hogy az esetek döntő többségében a viszonylag jelentős számú sokaságra vonatkozó ismereteinket ehhez képest kis elemszámú minta közvetlen vizsgálata, elemzése alapján szerezhettük meg. Míg a mintavétel módszere lényegében szakmai kérdés, addig a következtetés inkább matematikai számítások, és megfontolások kérdése (Szabó et al., 2005; Kemény és Deák, 1998).

2.3.1 Mintavétel

A művelet során olyan mintamennyiségről kell gondoskodni, amely megfelelően képviseli a tételt; fontos, hogy a sokaság valamennyi egyedének azonos esélye legyen arra, hogy bekerülhessen a mintába; a tétel homogén legyen; és biztosítva legyen a mintavétel véletlenszerűsége.

A mintából való következtetés lehetséges hibáinak ill. megbízhatóságának, erősségének és a minta nagyságának logikai összefüggése a 3. ábrán látható:

minta (n)	sokaság (N)	
	jó	rossz
jó	nincs hiba ε	hiba! β
rossz	hiba! α	nincs hiba e

3. ábra : A minta-sokaság alapvető ellentmondásának hibalehetőségei (Szabó et al., 2005)

Itt : α = az elsőfajú hiba, vagy kockázati szint,
 ε = megbízhatósági vagy szignifikancia szint,
 β = másodfajú hiba,
e = erősség,
n = a minta nagysága, elemeinek száma.

2.3.2 Mintavételi/ellenőrzési terv

A matematikai - statisztikai mintavételes vizsgálathoz ellenőrzési tervet kell készíteni. A cél olyan ellenőrzési terv készítése, amely az érdekelt felek kockázatát megfelelő szinten tartja és gazdaságos is. A terv készítéséhez szükség van az átadó elvárásainak (jó tétel esetén nagy esély az átvétel valószínűségére) és az átvevő elvárásainak (rossz tétel esetén kicsi esély az átvétel valószínűségére) számszerű meghatározására (ISO 2859).

A mintavételi terveket négy tényező határozza meg: az átadásra, vizsgálatra kerülő tétel nagysága, a megállapodott átlagos selejt arány (AQL), a szigorúsági fokozat és a tervtípus. A

terv ezután megadja a minta nagyságát és az elfogadáshoz vagy elutasításhoz szükséges selejtes tételek számát.

Tétel nagyság

A tétel nagyság növekedésével nő a vizsgálandó minták száma is, kisebb tétel nagyság arányaiban nagyobb mintanagyságot igényel.

Átvételi hibaszint (AQL)

Az a megengedett legnagyobb hibaszint (egyedi tétel esetén), illetve az az átlagos hibaszint (sorozat-tételek esetén), amely a termék átvétele céljából még megfelelő. Ha az AQL értéket valamely paraméterre vagy paraméterek csoportjára meghatározzuk, akkor az ellenőrizendő tételek többségét a megválasztott ellenőrzési mintavételi terv szerint át fogják venni, ha ezeknek a tételeknek az átlagos hibaszintje nem nagyobb, mint az AQL.

Az átvételi hibaszint megadható a hibás egységek százalékában

$$AQL = \frac{\text{hibás egységek száma}}{\text{vizsgált egységek száma}} * 100$$
, vagy a 100 egységre eső hibák számában

$$AQL = \frac{\text{hibák száma}}{\text{vizsgált egységek száma}} * 100$$
.

Ellenőrzési tervtípus

Többfajta ellenőrzési tervtípust különböztetünk meg: egylépéses/egyszeres (egy minta alapján hozunk döntést), kétszeres (csak a biztos elfogadást, vagy elutasítást döntjük el, ha az eredmény a bizonytalan sávban van, a 2. minta alapján döntünk a tételről), többszörös (ugyanaz az elv, mint a kétszeresnél) és szekvenciális (addig történik a mintavétel, míg döntés nem születik, vagy az előre meghatározott mintavételi számot el nem érjük).

Ellenőrzési/szigorúsági fokozat

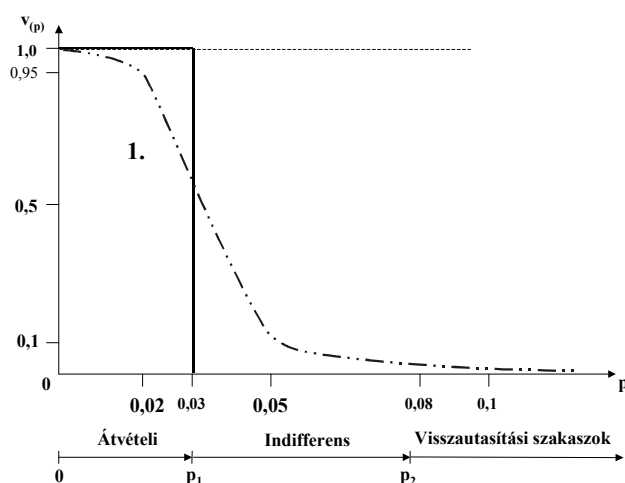
A mintanagyság növekedhet, ha nagyobb biztonsággal akarjuk az összekészítés pontosságát meghatározni. A II. ellenőrzési fokozat az általánosan használt. A III. ellenőrzési fokozatot akkor használjuk, ha a követelményeknek meg nem felelő tétel átvétele nagy veszteséget okozna, vagy az ellenőrzés költsége alacsony, az I. ellenőrzési fokozatot pedig akkor, ha az ellenőrzési költségek alapján a II. és III. fokozatok használata nem indokolt, vagy az olyan tételek elfogadása, amelyeknek a hibás egységek százaléka nagyobb mint az AQL, nem okoz lényeges veszteséget.

Ellenőrzés fajtái

Háromfajta ellenőrzést különböztetünk meg (normál, szigorított és enyhített), ezek között a különböző áttérési szabályok segítségével lehet váltani. A normális ellenőrzést az alapvető és rendszerint a termék első tételének ellenőrzésére használják, ha az illetékesek nem döntenek másként. Addig használják, amíg nem merül fel a szigorított vagy enyhített vizsgálatra való áttérés szükségessége.

2.3.3 Átvételi jelleggörbe

Az átvételi jelleggörbe (4. ábra) mintavételi terv esetén a tétel átvételének valószínűségét (V_p) mutatja a tételben lévő hibás egységek (p) számának függvényében és felhasználható az átadó és az átvevő kockázatának meghatározására.



p_1 = az elfogadott nem megfelelőségi érték (pl.: ppm, %)

p_2 = a megtűrt (felső) nem megfelelőségi érték (pl.: ppm, %)

p_t = a tényleges, az adott mintán mért nem megfelelőségi érték (pl.: ppm, %)

4. ábra : Átvételi jelleggörbe (ISO 2859)

A jelleggörbének három tartománya van (Szabó et al., 2005):

Átvételi szakasz. Ezen a szakaszon a tételek nem-megfelelőségi arányai kisebbek, mint a p_1 = az elfogadott nem megfelelőségi (AQL) érték, ezért itt a tétel jobb az elfogadottnál, így az átvétel valószínűsége nagy.

Indifferens, diszkriminálni (elválasztani) rosszul képes szakasz, amely p_1 -től p_2 -ig tart, azaz ebben a már tulajdonképpen rossz megfelelőségű tartományban az átvétel valószínűsége igen „labilis”. Ebben a tartományban tehát igen veszélyes dolgozni.

Visszaautasítási szakasz. Ezen a szakaszon a tételek nem-megfelelőségi arányai nagyobbak, mint a p_2 = megtűrt nem megfeleléségi/selejt érték, ezért itt a tétel rosszabb az elfogadottnál, így az átvétel valószínűsége kicsi.

2.4 Döntéstámogató rendszerek

Döntéshozatalnak hívjuk azt a konverziós folyamatot, mely során az információkat tevékenységekre fordítjuk le (*Simon, 1976*). *Mintzber és társai* szerint (1976) a döntési folyamat olyan tevékenységek és dinamikus tényezők rendszere, ami a tevékenység szükségességének felismerésével kezdődik, és egy tevékenység iránti elkötelezettséggel végződik. A döntéshozatalt speciális implicit és explicit szabályok kontrollálják, amiken keresztül a rendelkezésre álló információk átszűrődnek.

A döntéstámogató rendszerek megértéséhez az emberi döntéshozatali folyamatok két jellemzőjét fontos megérteni. Először is, a döntéshozatal nem egy pontszerű esemény, hanem valójában folyamat. *Simon (1976)* megfigyelte, hogy az emberek hibásan gyakran azt gondolják, hogy a döntéshozatal kizárólag a választás pillanatában történik. Tény azonban az, hogy a döntéshozatal sokkal inkább különálló tevékenységek bonyolult sorozata az időben. Másodszor pedig, a döntéshozatal nem egységes. Számos különféle útvonalon lehet eljutni a döntéshez. Sokszor az útvonal kiválasztása sokkal fontosabb és nehezebb, mint a végrehajtása.

A piac, termékek, technológiák és versenytársak tekintetében tapasztalható gyors változások arra kényszerítik a menedzsmentet, hogy döntéseiket rövidebb idő alatt, kevesebb információ birtokában és súlyosabb következményeket maga után vonva hozzák meg, mint a múltban. A döntés bizonytalansága növekedett arra vonatkozóan, hogy milyen fejlesztésekre kell reagálniuk a vezetőknek illetve, hogy a lehetséges döntéseknek milyen hatásai lehetnek. Az ellátási lánc tagjai közötti falakat ledöntve a döntési bizonytalanság erősen csökken, hiszen több információ és ellenőrzési lehetőség kerül a döntéshozók kezébe minden lépcsőben (*Handfield és Nichols, 1999*).

Az élelmiszer ellátási láncok a speciális termék és folyamat jellemzők következményeként tovább növelik a döntések bizonytalanságát (*Van der Vorst és Beulens, 2002*). Mindezek miatt eszközként olyan döntéstámogató rendszereket kellene használniuk a vezetőknek az ellátási láncban, amelyek gyors és pontos információkat szolgáltatva segítenek a döntési bizonytalanság csökkentésében. Ilyen eszköz lehet a szimulációs technika.

2.5 Pultontarthatósági idő

Miután a dolgozatban egy gyorsfagyasztott termék pultontarthatósági idejének változását is modellezem ahogy az keresztülhalad az ellátási láncon, most kitérek egy kicsit ennek a modellnek a matematikai hátterére, azaz a hátralévő pultontarthatósági idő kiszámítására.

Egy élelmiszer pultontarthatósági ideje az az idő, amin belül az élelmiszer biztonságosan fogyasztható és/vagy a fogyasztó által elfogadható minőségű. A pultontarthatósági idő különösen fontos az értékesítés során. Ez az idő nem lehet rövidebb a termék fogyasztóhoz történő eljuttatásának idejénél, azaz a disztribúciós időnél.

Bármilyen gyorsfagyasztott termék esetén elmondható, hogy annak pultontarthatósági ideje függ a termék jellemzőitől (nyersanyag, összetevők, összeállítás), a fagyasztás előtti kezeléstől, a fagyasztási folyamattól, a csomagolóanyagtól és a csomagolási folyamattól és természetesen a tárolás körülményeitől. A minőségi romlást és a lehetséges veszélyeket általában súlyosbítja vagy tovább bonyolítja a tárolás során fluktuáló idő-hőmérsékleti környezet (pl.: fagyasztási/olvasási ciklus).

Általában jellemző, hogy a pultontarthatósági idő tesztelése az időben leggyorsabban romló tulajdonság kiválasztásával kezdődik, majd következik a változás matematikai modellezése (*Labuza és Fu, 1997*).

A gyorsfagyasztott élelmiszerek gyakran változó környezeti hőmérsékletnek vannak kitéve. A változó múltbeli hőmérsékleti értékek alapján dolgozták ki *Van Arsdel és társai* 1969-ben az Idő/Hőmérséklet/Tolerancia (Time/Temperature/Tolerance-TTT) modellt a hátralévő pultontarthatósági idő kiszámítására. Ez feltételezi, hogy a termék hőmérsékleti múltja ismert. Így a pultontarthatósági idő bizonyos időpillanatig felhasznált hányada (f_{con}) egyenlő minden egyes hőmérsékleti sávban eltöltött idő (t_i) osztva az adott hőmérsékleten értelmezett pultontarthatósági idővel (θ_i).

$$f_{con} = \sum (t_i / \theta_i)$$

A hátralévő pultontarthatósági idő egy bizonyos referencia hőmérsékleten egyenlő:

$$(1 - f_{con}) * \theta.$$

Az egyenlet mutatja, hogy az additivitás szabálya érvényes a gyorsfagyasztott termékekre, ami azt jelenti, hogy a hátralévő pultontarthatósági idő vagy a minőség csökkenése kiszámítható a korábbi idő-hőmérséklet adatokból, amiknek a termék ki volt téve. Ez azt is jelenti, hogy a múltbeli idő-hőmérséklet epizódok sorrendjének nincs jelentősége. Ha az

additivitás szabálya érvényes, akkor az idő-hőmérséklet integrátorok (TTI) használata megbízható eredményeket kell adjon a hátralévő pultontarthatósági időről.

Vannak azonban olyan esetek, amikor a különböző hőmérsékleteknek az együttes hatása nem független azok előfordulási sorrendjétől vagy a múltbeli hőmérsékletek természetétől. Például fagyási sérülések, vagy csomagoláson belüli kiszáradás esetén (*July, 1984*), illetve ahol a termék kolloid jellege is érintett. Szintén ez a szabály érvényes a mikrobák növekedésére is (*Fu et al, 1991*).

Az élelmiszernek a változó környezeti hőmérsékletre adott válaszreakciója függ egyrészt a hőmérséklet változásától, másrészt az élelmiszerek hőátadó képességétől, harmadrészt pedig a csomagolástól (*Cairns és Gordon, 1976; Dagerskog, 1974*). A pultontarthatósági idő kalkulációknál azt feltételezzük, hogy az élelmiszer azonnal reagál a környezeti hőmérséklet változására. Ez igaz is akkor, amikor a felszíni romlási folyamat meghatározza az élelmiszerminőséget, pl. a penészek szaporodásánál. *Zuritz és Sastry (1986)* a jégkrémeket tanulmányozva arra a megállapításra jutott, hogy a csomagolásban lévő levegőréteg hatékony védelmül szolgált a hőingadozások hatásának kivédésében.

Egy tipikus gyorsfagyasztott termék eltarthatósági idejének egy részét tömbtárolásban tölti, majd hűtőkocsiban vagy konténerben, logisztikai központban, nagy- és kiskereskedések fagyasztóiban, bizonyos időt hűtés nélkül útban a háztartások felé, majd fogyasztásig a háztartások hűtőszekrényében.

2.5.1 Folyamatos lejáratí idő monitoring

Ideális esetben az lenne szükséges, hogy a termékek hőmérsékletét mindvégig a megfelelő értéken kellene tartani, vagy a teljes disztribúció során egyenként megfigyelni az élelmiszerek hőmérsékleti viszonyait. Ha ezek egyike megvalósul, akkor lehet beszélni hatékony minőségellenőrzésről, optimális készletforgásról, a selejt hatékony csökkentéséről csakúgy mint a termékek fennmaradó pultontarthatósági idejének pontos meghatározásáról. Ez jelentené a teljes ellenőrzést a raklapok, a kartonok és a termékek felett. A raklapok ellenőrzését a gyártó számítógépes rögzítő rendszere biztosítja a tömbtárolást végző létesítménnyel összehangoltan. A kartonok feletti ellenőrzés Európában a standard formátumban kötelezően a kartonokra nyomtatott lejáratí idővel történik. Az egyedi fogyasztói csomagolások ellenőrzésére fejlesztették ki az Idő-Hőmérséklet-Indikátorokat (TTI), amik más célokra is alkalmasak (*Labuza et al., 1991*).

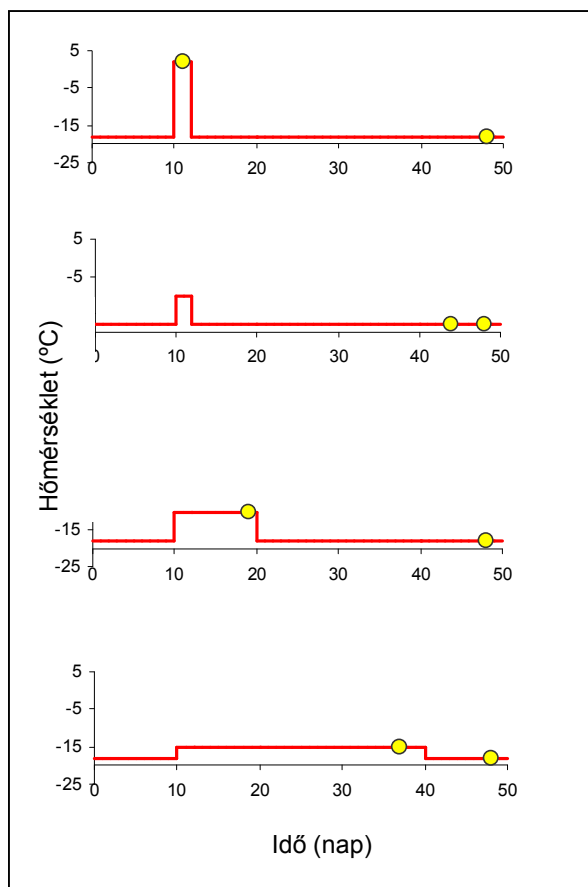
2.5.2 Idő-Hőmérséklet-Indikátorok (TTI)

Általánosságban a TTI olyan eszköz vagy címke, amely nyomon tudja követni az összegződő idő-hőmérséklet körülményeket, amik a romlandó élelmiszert érik a gyártástól a fogyasztó asztaláig. A TTI-k mechanikus, kémiai vagy enzimatis folyamatokon alapulnak. Hőmérséklet hatására aktiválásuktól kezdve irreverzibilis mechanikus vagy színbeli változást szenvednek. Az alábbi csoportokba lehet őket sorolni (*Labuza és Fu, 1997*):

1. hőmérséklet indikátor- akkor jelez, ha a hőmérséklet bizonyos előre meghatározott érték felett van (*Billet, 1983*),
2. hőmérsékleti visszaéléseket jelző indikátor – ha bármikor az aktiválás után a terméket 0 °C-ot meghaladó hőmérséklet éri, akkor a csomagoláson elhelyezett jelzés elmosódik, vagy eltűnik,
3. hőmérsékleti visszaéléseket összegző integrátor – olyan szerkezet, amely integrálja a hőmérsékletet és azt az időt, amíg a termék ki volt annak téve pl.: a küszöbérték feletti hőmérséklet (F) és idő (min) szorzatának összege (*July, 1984*),
4. elektronikus vagy mechanikus idő-hőmérséklet integrátorok – az összegyűjtött adatok letölthetők, és egy bizonyos élelmiszerre vonatkoztatva átszámítja ezek összegzett hatását a pultontarthatósági időre (*Olley, 1976*),
5. kémiai idő-hőmérséklet integrátorok – fizikai vagy színváltozással jeleznek, és hasonló a hőérzékenyséjük, mint annak az élelmiszernek, amit figyelnek.

Ezeknek a szenzoroknak a hasznossága az élelmiszer minőségének monitorozására attól függ, hogy milyen pontosan tudják utánozni a minőségváltozást. Tény az, hogy nincs publikált adat arra vonatkozóan, hogy a TTI előrejelzése mennyire felel meg az élelmiszerek valódi minőségváltozásának (*Labuza et al., 1991*).

Az 5. ábra négy példán keresztül mutatja be a TTI működését. A vörös vonal a hőmérséklet profilt mutatja, aminek az élelmiszer ki van téve. Az ordinátán lévő utolsó jelölés az optimális feltételek melletti tárolás esetén mutatja az indikátor színváltozását, a pultontarthatósági idő végét. Az előtte lévő jelölések mind a négy ábrán az optimálistól eltérő hőterhelés eredményeként korábban jelentkező színváltozást, azaz megrövidült pultontarthatósági időt jelentik.



5. ábra: TTI működése gyorsfagyasztott termékek esetén (www.vitsab.hu, 2005)

2.6 Szimuláció

A modellek alkotása az ember egyik legősibb tevékenysége, és gondolkodásának alapvetően fontos részét képezi. Maga a fogalomalkotás is lényegében ilyennek tekinthető; ahol a valóságban megtalálható dolgok lényeges tulajdonságait absztraháljuk oly módon, hogy annak modelljéhez juthassunk, amellyel a továbbiakban dolgozhatunk.

2.6.1 A szimuláció definíciója

A szimuláció során mindig egy rendszer modelljét készítjük el, és kísérleteket végzünk vele annak érdekében, hogy ismereteket szerezzünk a vizsgált valóságos, vagy hipotetikus rendszerre vonatkozólag. A szimuláció tehát alapvetően empirikus módszer (Jávor, 2000).

Korunkban az egyre bonyolultabb rendszerek vizsgálatára elkerülhetetlen egy olyan nagy teljesítőképességű eszköznek, mint a számítógépnek a modellalkotásnál való felhasználása. A számítógépes szimuláció kezdeteként tulajdonképpen a Neumann, Ulam és Fermi által végzett Monte-Carlo módszeres vizsgálatokat szokták megjelölni (Mize és Cox, 1968).

Általánosan minden olyan módszert Monte-Carlo-módszernek nevezünk, amely a probléma megoldásához sztochasztikus modelleket és számítógépet használ fel (Kulcsár, 1998).

A szimuláció kimondottan formális meghatározását Churchman (1963), valamint Naylor és társai (1966) adták meg.

Az, hogy "x szimulálja y-t" akkor és csak akkor igaz, ha a) x és y formális rendszerek, b) y-t tekintjük a valóságos rendszernek, c) x a valóságos rendszer közelítése, d) az x-re vonatkozó érvényesség szabályai nem hibamentesek.

Kevésbé formális, de a szimuláció lényegének gyakorlati oldalát talán jobban megvilágító meghatározásokkal sűrűbben találkozhatunk az irodalomban. Az ipari-gazdasági rendszerek szimulációja területéről származik a Shubik (1960) által javasolt meghatározás.

Egy rendszer vagy szervezet szimulációján egy modell vagy szimulátor működését értjük, ami a rendszer vagy szervezet reprezentációja. A modellen olyan műveletek hajthatók végre, amelyeket lehetetlen, túl drága vagy célszerűtlen lenne a leképzett elemen végrehajtani. A modell működését tanulmányozhatjuk és következtetéseket vonhatunk le belőle a rendszerre vagy alrendszerére vonatkozólag.

McLeod (1968) a következőképpen definiálta a szimulációt: *A szimuláció a valóságos világ néhány aspektusának számokkal vagy szimbólumokkal való reprezentálása oly módon, hogy azok könnyen manipulálhatók legyenek, lehetővé téve tanulmányozásukat.*

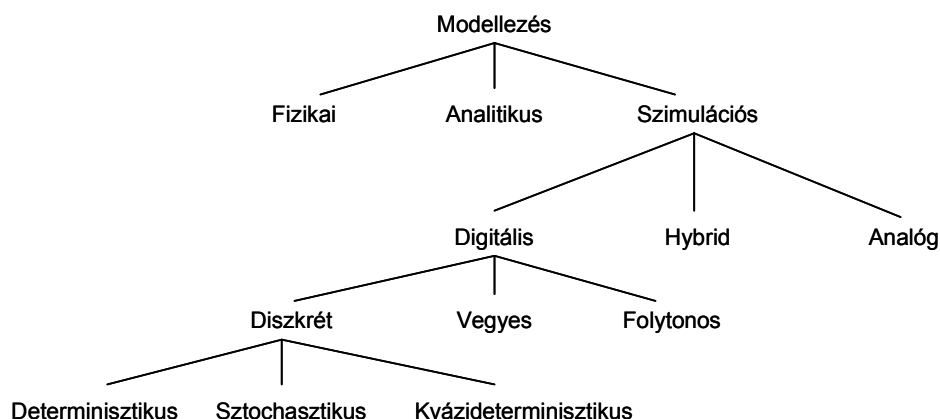
Illetve egy másik meghatározása szerint a szimuláció: *Modellek készítése és használata létező vagy hipotetikus rendszerek tanulmányozására.*

A többé-kevésbé eltérő nézetek miatt a viták elkerülésére számos mű szerzője előre meghatározza, hogy az adott műben mit kell érteni szimuláción.

A fentiek szintéziseként adhatjuk még a következő meghatározást: *A szimuláció modellek kidolgozása és azon végzett kísérletek létező vagy hipotetikus dinamikus rendszerek vizsgálatára, amelynek során a vizsgált rendszer egyes aspektusait számokkal vagy szimbólumokkal reprezentálhatjuk oly módon, hogy azok könnyen kezelhetők legyenek és elősegítsék a rendszerek tanulmányozását és kiértékelését (Jávor és Benkő, 1979).*

2.6.2 A modellezés illetve szimuláció osztályozása

A 6. ábra a modellezés illetve szimuláció osztályozását ábrázolja.



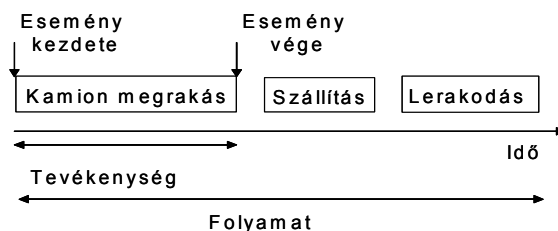
6. ábra.: A modellezés illetve szimuláció osztályozása (www.rit.bme.hu, 2006)

A folytonos modellek homogén értékek egyenletes áramlását írják le; az idő egyenlő léptékekben telik, az értékek változása pedig közvetlenül az idő változásán alapul. Az értékek tükrözik a modellezett rendszer állapotát bármely időpillanatban és a szimulációs idő egyenletesen telik az egyik időlépésről a másikra.

A diszkrét modellek egyetlen és egyedi entitást –egyedet– követnek végig. Ezek az entitások akkor váltanak állapotot, amikor egy esemény bekövetkezik a szimulációban. A modell állapota csak akkor változik, amikor ezek az események bekövetkeznek; pusztán az idő

múlásának nincs közvetlen hatása. Diszkrét szimuláció esetén a szimulációs idő előrehaladása egyik eseményről a másikra történik, és a két esemény között eltelt idő csak kis valószínűséggel egyenlő (*Imagine That, 2004*).

A diszkrét szimuláció sémáját egy logisztikai példán keresztül a 7. ábra mutatja.



7. ábra.: Diszkrét szimuláció sémája (Pidd, 1992)

Az olyan modelleket, amelyeknek nincsenek véletlen bemeneti paraméterei, determinisztikus modelleknek, az olyanokat pedig, amelyeknek egy vagy több bemeneti paramétere véletlen, sztochasztikus modelleknek nevezzük.

Egy determinisztikus modell futtatása mindig ugyanazt az eredményt fogja szolgáltatni, de kicsi az esélye annak, hogy pontos képet adjon egy rendszerről vagy folyamatról, mivel a való világban a rendszerek a véletlen bizonyos elemeit általában tartalmazzák.

Ha bizonyos véletlenszerűséget adunk egy determinisztikus modellnek, akkor sztochasztikus, vagy Monte-Carlo modellt kapunk. Fontos, hogy a véletlenszerűség előfordulása nem jelenti azt, hogy a folyamat viselkedése nem meghatározható, vagy előre jelezhető. A véletlen változók statisztikai alapon változnak, bizonyos eloszlásnak megfelelően, ami azt jelenti, hogy a tartomány és a valószínű értékük becsülhető. A modelleknek az a tulajdonsága, hogy véletlenszerűséget tartalmaznak és időben dinamikusak, az egyik legnagyobb értéke a szimulációs kísérleteknek (*Imagine That, 2004*).

A legtöbb esetben a diszkrét szimuláció a megfelelő módja az elosztási láncok tanulmányozásának, mivel összetettségük meggátolja az analitikai kiértékelést (*Ridall et al, 2000, Huang et al, 2003*).

2.6.3 Szimulációs alapfogalmak

Egy diszkrét modell az **állapot**, **esemény**, **tevékenység** és **folyamat** fogalmakat veszi alapul. Az idő kritikus tényező. Egy diszkrét modellben az állapotok csak diszkrét időkben változnak.

A modell **állapota** egy vektor, ami olyan értékek sora, amelyek képesek leírni a rendszer teljes állapotát bármely időpillanatban.

Az **esemény** egy azonnali történés, ami megváltoztatja a modell állapotát. Példaként lehet felhozni egy logisztikai központnál a kamionok érkezésének eseményét és a kiszolgálás befejezésének eseményét. A **tevékenység** egy időintervallum, mint amilyen a kiszolgálási idő vagy a beérkezési időköz, amit egy esemény idéz elő egy bizonyos állapotban lévő modelleknél.

Primer (elsődleges) események azok, amiket adatok vezérelnek, szekunder (másodlagos) események azok, amiket egy belső modell logika alapján generálnak.

Az **entitás/egyed** egy modell objektum. Dinamikus entitásokat hoznak létre az érkezési események zéró vagy más időpillanatban. A dinamikus entítások valódi objektumokat szimbolizálnak, amik végighaladnak a rendszeren. Például ilyenek az autók egy szállítmányozási modellben vagy a raklapok egy raktár modellben. Az entításoknak vannak standard és kiterjesztett attribútumai, amik egyedivé teszik az entitást.

Az **erőforrás** egy olyan entitás, ami a dinamikus entításokat szolgáltatással látja el. Általában véges kapacitásúak, ami a rendszer korlátait reprezentálja (Carson, 2004).

2.6.4 Miért és mikor szimuláljunk?

A szimuláció segítségével megoldható feladatok két kategóriába sorolhatók (Jávor, 2000):

- Az egyiknél a modellezés tárgya ismert („**transzparens doboz**”) és a szimulációs vizsgálatok során annak viselkedéséről kívánunk ismereteket szerezni adott vizsgálati körülmények között. A rendszer természetesen lehet akár fizikailag létező, akár hipotetikus rendszer; az azonban lényeges, hogy belső struktúrájára vonatkozólag minden -a szimulációs modell felépítéséhez - szükséges információ rendelkezésre álljon.
- A másikonál a modell ún. „**fekete doboz**”, azaz belső struktúrája ismeretlen (vagy csak részben ismert, azaz „**szürke doboz**”). Ilyenkor a szimulációs modell a modellezett rendszerre vonatkozó hipotézisen alapszik, és a szimulációs vizsgálatok a valóságos rendszerhez hasonló körülmények közti viselkedés eredményei alapján döntünk a rendszer belső struktúrájára vonatkozó hipotézisünk elfogadása felől. Ilyen

vizsgálatokra kerül sor gyakran például a biológiai, orvosi, ill. pszichológiai vizsgálatoknál.

Számos oka lehet annak, hogy mikor érdemes vizsgálati eszközként éppen a szimulációt választani (Kochhar, 1989; Kulcsár, 1998; Jávör, 2000; Carson, 2004):

- *Más egyenértékű módszer* (pl. analitikus modell, számológépa vagy bármilyen egyszerű kalkuláció) *nem áll rendelkezésre*, amellyel kielégítő hűségű modellt készíthetnénk; akár mert a modell jellege nem teszi lehetővé azt, hogy zárt alakban matematikailag leírható lenne akár azért, mert a benne szereplő empirikus adatok okozzák ezt.
- A rendszer *bonyolultsági foka*, összetettsége, a modell „mérete” akkora, hogy ha rendelkezésre áll is matematikai apparátus, a különböző komponensek közötti kölcsönhatások vagy összefüggések miatt emberileg gyakorlatilag áttekinthetetlen a rendszer.
- További szempont lehet a szimuláció alkalmazása melletti döntésre a *flexibilitás*. Hasonló problémák megoldása analitikus matematikai megoldás esetében gyakran sok újbóli munkával jár, míg a szimuláció esetén egy flexibilisen felépített rendszer építőelemei igen könnyen variálhatók és bővíthetők.
- Az *áttekinthetőség* is lényeges szempont lehet. A szimuláció gyakran közelebb áll a modellezett rendszerhez megjelenésében, mint egy vele ekvivalens, matematikai leírás. Így ez a gyakorlati problémákat felvető, nem matematikus, ill. nem szimulációs, hanem egyéb területen dolgozó szakemberek számára a modell megértése és az eredmények értékelése, valamint az esetleges módosítások végrehajtása során bizonyos tényleges könnyebbséget és pszichológiai előnyt jelent. Ezzel az eszközzel minden érdekelt együtt határozhatja meg a feltételeket, és láthatja azok eredményeit és hatásait.
- Az animációval kibővített szimuláció kitűnő tréning és *oktató eszköz* a vezetőknek, ellenőröknek, mérnököknek és a személyzet többi tagjának. Sok esetben a szimulációs animáció az egyetlen módja annak, hogy egy dolgozó megértse, hogy az ő munkája hogy járul hozzá az egész szervezet sikeréhez, vagy hogyan okoz problémát másoknak.
- *Új rendszer tervezésénél*, amikor jelentős változások vannak a fizikai elrendezés vagy a működési szabályok területén a régi rendszerhez képest, vagy ha új és eltérő igények merülnek fel.

- Egy meglévő vagy új rendszerbe történő *nagy befektetés esetén*, ami olyan rendszermódosítást jelent, ahol a tapasztalat hiánya miatt nagy a kockázat.
- A normál üzemi folyamatokat akadályozná a rajta végzendő kísérletek, vagy a valóságos rendszeren való *kísérletezés hosszadalmas*, esetleg veszélyes lenne.
- A szimulációs modellek futtatásához szükséges hardware relatív egyre kevesebbe került, a szimulációs *szoftverek* közül pedig egyre *fejlettebbek* váltak elérhetővé.
- A *mesterséges intelligencia és szakértői rendszerek fejlődése* további eszközöket szolgáltatott, aminek következtében tovább növekedett a szimulációs technikák alkalmazása a végfelhasználók között éppúgy, mint a szimulációs szakértők között.

2.6.5 Szimuláció a logisztikában

A logisztikai folyamatok általában sztochasztikus jellegűek. Vizsgálatukat megnehezíti, hogy paramétereik csak statisztikai eszközökkel határozhatók meg. A logisztikai rendszerekben található elemek nagy száma, kapcsolódásuk összetettsége és a rendszer sokrétű belső kapcsolatai legtöbbször nem teszik lehetővé az elemek számának és működési paramétereinek egzakt, analitikai eszközökkel való meghatározását. Ugyanakkor a mai mérnöki tervezési gyakorlatban egyre inkább jellemzővé válik a tervezésre fordítandó idő csökkentésének igénye.

A korszerű grafikus programozású keretrendszerek egyetlen programsor leírása nélkül képesek meghatározni bonyolult rendszerek állapotváltozóinak időbeni alakulását és hosszabb időszakra vonatkozó statisztikai adatait. A modellek számítógépen készíthetők el, így az eredményül kapott modell kimeneteket közvetlenül statisztikai vizsgálatnak lehet alávetni. A számítógépes modellek ugyanakkor a modell működésének animációjával grafikusán is szemléltetik a logisztikai rendszer működését, ami a felhasználót segíti a minél sokoldalúbb vizsgálatban (*Kulcsár, 1998*).

Az alábbiakban néhány példa szerepel logisztikai feladatok szimulációval való tervezésére és megoldására (*Kulcsár, 1998*):

- sorbanállási és forgalmi rendszerek modellezése és szimulációja,
- különböző elosztó központok forgalomszervezési vizsgálata,
- ipari ellátási lánc szimulációja,
- üzleti folyamatok áttervezése, újratervezése,
- a logisztikai folyamatok szűk keresztmetszeteinek meghatározása,
- a sorbanállási, holtidő- és várakozási idő paraméterek meghatározása,

- a minőségi hibás termékek és hulladékok arányának elemzése,
- a munkaerő szükséglet meghatározása.

2.6.6 Speciális követelmények az élelmiszer ellátási lánc modelljei esetén

Az általános követelményeken felül az élelmiszerek elosztását modellezve felmerülnek speciális követelmények.

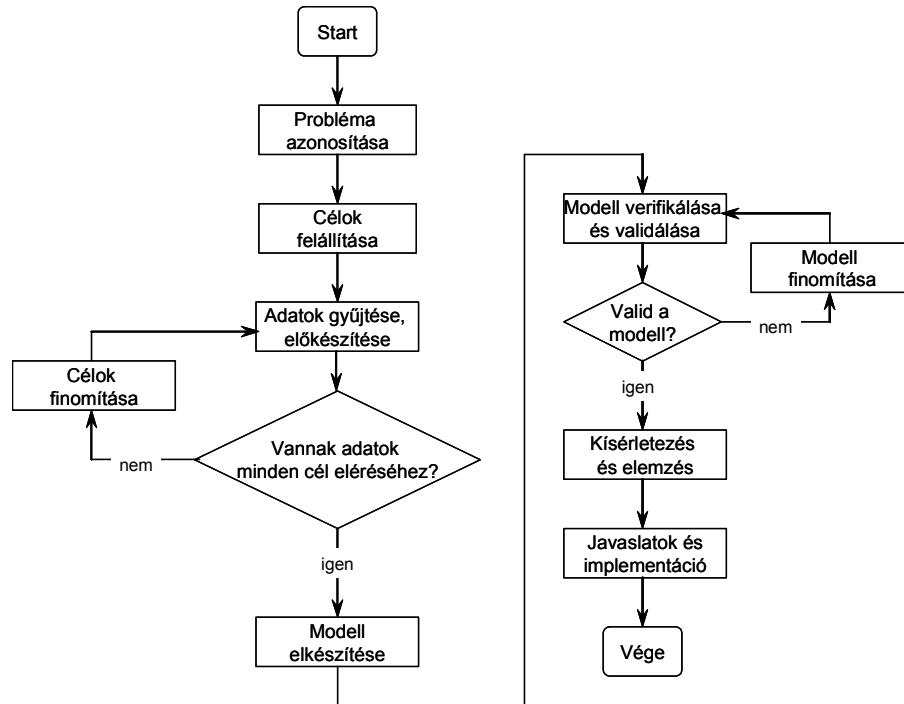
Először is a modellnek meg kell engednie a logisztikai költségek, szolgáltatás és a termékminőségi mutatók opcionális használatát. Ideális esetben a modellezés forgatókönyve a fő teljesítménymutatók értékelése alapján kell, hogy összeálljon, a rendelkezésre álló erőforrások korlátait figyelembe véve (*Beamon és Chen, 2001; Kleijnen és Smits, 2003*). Míg a hagyományos teljesítménymérő rendszerek a könyvelés adatain alapultak, az élelmiszer ellátási láncok teljesítményének mérésére megfelelő arányban szükségesek pénzügyi és nem-pénzügyi mutatók (*Lohman et al., 2004*). A teljesítménymutatók kiválasztása tipikusan meghatároz egy egyensúlyt a beruházás és működési költségek, valamint a vevők kiszolgálása a kiszállítás pontossága és a termékminőség szempontjából.

Másodszor, az egyik legfontosabb szempont az élelmiszerek értékesítésénél, hogy az értékesítőknél mindig megfelelő mennyiségben rendelkezésre álljon a termék, úgy hogy csökkenjen az eladhatatlan termékek mennyisége és a hulladék. A minőség megőrzése ezért az egyik fő feladat az élelmiszer ellátási láncok esetén, amit a környezeti paraméterek szabályozásával és a ciklusidők csökkentésével fokozni lehet. A modellnek foglalkoznia kell ezekkel a specifikumokkal, főleg a pultontarthatósági idő csökkenését és a minőségromlást kell kiemelni, miközben a termékek speciális körülmények között végigmennek az ellátási láncon (*Van der Vorst, et al., 2005*).

Harmadszor, a modellnek meg kell tudnia birkózni a bizonytalansággal. Biológiai termékről lévén szó, sem hozamban, sem termékminőségben nem beszélhetünk homogenitásról. A modell ellenőrző rendszereinek különbséget kell tudniuk tenni a különböző jellemzőkkel rendelkező batch-ek között, és a logisztikai döntéseket ezen információk alapján kell meghozni (*Van der Vorst, et al., 2005*).

2.6.7 Szimulációs modellezés folyamata

A szimulációs modellezés folyamatát több szerző leírása alapján (*Churchman et al., 1957; Reitman, 1971; Kulcsár, 1998; Jávör, 2000; Centeno és Carrillo, 2001; Carson, 2004*) a 8. ábra szerint foglaltam össze.



8. ábra: Szimulációs modellezés folyamata (Centeno és Carrillo, 2001)

Sokszor az első szimulációs tanulmányt a cégek külső tanácsadó közreműködésével végzik, részben azért mert a saját személyzet nem rendelkezik a szükséges technikai ismeretekkel, másrészt pedig azért, mert a meglévő személyzet mindennapi feladataival van elfoglalva. A helyi szakembereknek azonban mindenképpen szerepet kell vállalniuk a modellezésben (Centeno és Carrillo, 2001).

Egy szimulációs tanulmány sikere egyszerre függ az elemzést végző és az ellátási lánc tagjainak szakmai képességétől, és a szimulációs eszköztől (Balci, 1986).

A szimulációs modellezés szakaszait az alábbiakban mutatom be.

2.6.7.1 Projekt kezdeményezés

Ebben a szakaszban történik a probléma megfogalmazása, a célok felállítása, a teljesítménymérők meghatározása, a modellezési felvetéseknek és adatigényeknek a pontosítása (Carson, 2004; Imagine That, 2004).

Számba kell venni a lehetséges alternatívákat. Bár a modell előre nem látható irányba is elviheti a modellezőt, előre kell gondolkozni, és úgy kell megépíteni a modellt, hogy az könnyen átalakítható legyen, ha más alternatívát akarunk megvizsgálni.

A modell céljának meghatározása kulcsfontosságú, hiszen ez jelöli ki, hogy mennyire kell a részletekbe menni, mit kell belevenni a modellbe és mit kell kihagyni, illetve mik a modell határai.

Három fő szempontot kell figyelembe venni:

- modell köre és határai,
- részletesség mértéke,
- projekt határai.

A modell szemszögéből a modell köre a „szélesség”, a részletesség pedig a „mélység” fogalmakkal definiálható.

2.6.7.2 Adatgyűjtés és modellépítés

Ennek a szakasznak a végterméke a vevők által hitelesített adatokkal működő modell. A modellépítés lényege a megfelelő bemenő adatok struktúrájának felépítése, és a modell felvetések lefordítása a szimulációs szoftver nyelvezetére. Egy működő vállalatnál számos adat gyűlik össze, de ilyen esetben is nagy munka az adatok tisztítása, rendszerezése, és olyan adatbázis létrehozása, amelynek használatával a modell végül az eredeti kérdések megválaszolására alkalmas lesz. A hasznos információk kiszűrése sokszor már eleve a szűk keresztmetszete a folyamatnak (*Centeno és Carrillo, 2001; Carson, 2004*).

Amennyiben a paraméterek helytelenül lettek megválasztva, azaz nem helyesen írják le a modellt, ill. annak vizsgálati körülményeit, akkor eleve nem várhatunk helyes eredményeket a szimulációs programtól sem. Ezt fejezi ki tömören a szimuláció alapvető fontosságú törvénye, az ún. GIGO törvény, ami azt jelenti, hogy Garbage In - Garbage Out, azaz: ha szemetet adunk be, úgy szemetet kapunk vissza eredményül (*Reitman, 1971*).

Bár a tény, hogy az eredmények pontossága főleg a bemenő adatok pontosságától függ (*Hatami, 1990; Gianota, 1988*), a szimulációs modellek működőképeseek és használható eredményt adhatnak akkor is, ha kevésbé pontos vagy részletes inputtal vagy kapcsolati hálóval dolgoznak. Ez a közelítő megoldás főleg a rendszertervezés és elemzés első, korai szakaszában elengedhetetlen (*Popplewell és Bell, 1995*). A szimuláció általánosságban jól tudja kezelni a nagyfokú komplexitást.

Sok esetben, ha az adatok véletlenszerűséget mutatnak, statisztikai eloszlások alkalmazhatók. Ezek lehetnek empirikusak, vagy statisztikai csomag segítségével az adatokra illesztett eloszlások. A meglévő adatok közvetlenül is használhatók a modellbe inputként.

A modellépítés során minden egyes lépés után szükséges a modell összevetése a valós rendszerrel, az eredmények elemzése, és finomítás.

2.6.7.3 Modell verifikálás és validálás

A szimulációs folyamatban a modellépítés csak egy lépés. Miután megvan a modell, tesztelni és analizálni kell. Futtatni kell, megvizsgálni a teljesítményét és elemezni a végeredményt, hogy megállapíthassuk, hogy úgy viselkedik-e, ahogy azt mi vártuk, és megfelel-e a valós folyamatnak. Ezt a folyamatot nevezik a modell verifikálásának és validálásának (V&V fázis).

A V&V fázis eredményeképpen egy verifikált, valid modell áll majd rendelkezésünkre, amivel a kísérleteket elvégezhetjük. Ha probléma vetődik fel a verifikálás vagy validálás során, lehetőség van a modell korrigálására (*Centeno és Carrillo, 2001; Carson, 2004*).

Modell verifikálás

A modell ellenőrzését, annak kipróbálását, hogy minden részében úgy működik, ahogy vártuk, verifikálásnak nevezzük. A modell verifikálásán tulajdonképpen ugyanazt az eljárást értjük egy szimulációs program esetében, mint bármilyen más programnál a programhelyesség vizsgálatán (*Jávor, 2000*).

A verifikálás egy részét már akkor elvégezzük, amikor lépésről lépésre megépítjük a modellt, az egyszerűtől haladva az összetettebb megoldásokig, és közben minden lépés után futtatjuk, hogy lássuk az eredményt. Egy közös verifikációs módszer az ún. *reductio ad absurdum*, ami a végletekig történő leegyszerűsítést jelenti. Egy összetettebb modellt is annyira le lehet egyszerűsíteni, hogy utána könnyedén előre lehet jelezni, hogy milyen eredményeket produkál. Néhány példa erre a technikára (*Centeno és Carrillo, 2001; Carson, 2004*):

- minden változó eltávolítása, így determinisztikus modellt kapunk,
- kétszer egymás után le kell futtatni a determinisztikus modellt, hogy meglássuk, hogy ugyanazt az eredményt kapjuk-e,
- a modell outputjainak teljes körű áttekintése, nemcsak az elsődleges, de a másodlagos teljesítménymérők tekintetében is,
- részletes riportok, vagy nyomok, ami alapján megállapítható, hogy az eredmény megfelel-e az előzetes várakozásoknak,
- szelektív nyomon követés alkalmazása, főleg bonyolult modelleknél,
- a modell feldarabolása és a részek futtatása, megfigyelve mik a részeredmények,
- a szoftver hibakeresőjének, diagnosztikus blokkjainak és animációjának használata,

- tapasztaltabb modellezővel történő felülvizsgálat.

A művelet első lépése, a nullhipotézis, hogy a modell jó. Utána pedig minden erőfeszítéssel be kell bizonyítani, hogy a modell valamilyen tekintetben hibás. Ha ebben a folyamatban csak arra kapunk megerősítést, hogy a modell működik, nincs bizonyíték a hibára, akkor mondhatjuk, hogy a modell verifikálása befejeződött (*Carson, 2004*).

Validálás

Ha a modell már verifikálva van, meg kell erősíteni, hogy valóban pontosan reprezentálja-e a valós rendszert. Ez természetesen nem azt jelenti, hogy a modellnek minden tekintetben meg kell egyeznie a valós rendszerrel, hanem egy valid modellnek a modellel elérni kívánt céloknak megfelelően kell ésszerű mértékben tükörképe lennie a valóságnak.

Validálásnál a modellnek pontosan kell reprezentálnia az összegyűjtött adatokat, és a feltételezéseket a működéssel kapcsolatban. Továbbá a modell alapstruktúrájának összhangban kell lennie a valós rendszerrel, és a végeredmény statisztikáinak is indokoltnak kell lenniük. Míg normálisan az ember a kritikus teljesítménymutatókat hasonlítja össze, néha hasznos lehet olyan mellékes eredmények összevetése is, amik jellegzetesek, így be lehet mutatni a rendszer karakterét (*Imagine That, 2004*).

A modell validálásához mindenkit be kell vonni, aki tisztában van a folyamattal, és a modell felépítésében valamilyen módon közreműködött.

Számos technika használható a validálás elvégzésére is, ezek közül néhány (*Carson, 2004*):

- Animáció és más vizuális megjelenítés alkalmazása arra, hogy a modell felvetéseket kommunikálják.
- Olyanok hagyják jóvá az eredményt, akik a jelenlegi folyamattal teljes mértékben tisztában vannak.
- A kimenő teljesítménymérők alapján meg lehet határozni, hogy az eredeti rendszert vagy kiinduló állapotot leíró modell ésszerű-e. Ha a valódi rendszerről gyűjtött adatok megfelelnek valamelyik modell konfigurációnak, további tesztek végezhetők annak megállapítására, hogy a modell mennyiben fedti a valóságot.
- Az eredményeket historikus adatokkal vetjük össze, ilyenkor megpróbáljuk a múltat szimulálni.

2.6.7.4 Szimulációs kísérlet, elemzés, eredmények bemutatása

Ebben a szakaszban történik a szimulációs program futtatása különféle modellparaméterek mellett. Célja, hogy a kezdeti célkitűzéseket teljesítse: a rendszer teljesítményének értékelése és összehasonlítása, a rendszer dinamikus működésébe való betekintés és főként a problémák vagy szűk keresztmetszetek felismerése.

A vizsgálatok lefolytatását megismételhetjük különböző struktúrájú modellekkel, különböző modell építőelemek, ill. paraméterek mellett. Ezen felül a vizsgálati feltételeket is változtathatjuk. Az egyes ciklusok végén a változtatásokat a kapott eredményektől függően hajtjuk végre (*Reitman, 1971; Kulcsár, 1998; Carson, 2004*).

KÍSÉRLETTERVEZÉS

A szimulációs kísérletek elindítása előtt több kérdésben kell dönteni (*Carson, 2004*):

- A változtatni kívánt bemeneti paraméterek, ezek intervallumai és szabályszerű kombinációi.
- A modell futáshosszána megállapítása.
- A modell felfutási időszakának meghatározása.
- A statisztikai ismételések számának meghatározása.

A szimulációs vizsgálatok során elemezhetjük a rendszer módosításának hatásait, és megvizsgálhatjuk azokat a módszereket, amikkel a rendszer teljesítménye növelhető. Néhány módszer a vizsgálatokra (*Imagine That, 2004*):

- *érzékenységvizsgálat*: bizonyos paraméternek vagy paraméterek csoportjának milyen hatása van a végeredményre,
- *szcenárió analízis*: különböző rendszer konfigurációk összehasonlítása,
- *optimalizálás*: az inputok megfelelő kombinációjának megkeresése, amely a várt outputot szolgáltatják,
- *Monte-Carlo szimuláció*: általánosan úgy definiálható, mint véletlenszerű viselkedést adni egy statikus vagy dinamikus rendszernek és értékelni az eredményt bizonyos számú próba vagy minta alapján.

Lényeges megfontolás a modellépítés során, a szimuláció futtatásának hossza. Ez négy fő tényezőtől függ (*Imagine That, 2004*):

- A modellezett rendszer időben véges (van természetes végpontja), vagy nem véges (nincs természetes végpontja),
- A vizsgált időperiódus (milyen időintervallumot modellezünk),

- Mi a modellezés célja (teljesítménybecslés, alternatíva keresés, vagy más),
- A statisztikai elemzéshez történő mintavételezés hogy történik (többszörös rövid szimulációt futtatunk, vagy egy nagyon hosszú szimuláció részleteit elemezzük).

Bizonyos modellezendő rendszereknek van természetes végpontja. Miután az *időben véges rendszerek* tipikusan nem érik el az egyensúlyi állapotot, a modellezés célja általában a változások nyomon követése és a trendek megismerése, sokkal inkább, mint a rendszer statisztikai átlagainak meghatározása. Az időben véges rendszerek szimulációja rövid ideig történő többszörös futtatással jellemző, futtatásról futtatásra változó véletlen számkészlettel. Minél többszörös a futtatás, az eredmény annál pontosabb lesz.

Egy *időben nem véges rendszernek* nincs természetes vagy egyértelmű végpontja. Az ilyen rendszerek modelljeit egyensúlyi (steady-state) modelleknek is nevezzük, mivel elég hosszú ideig történő futtatással az eredmények egy bizonyos egyensúlyi állapotot közelítenek. Ilyen esetekben a további futtatás gyakorlatilag nem befolyásolja a végeredményt. Ebben az esetben fontos, hogy hogyan különítjük el a kezdeti torzítást, amit a felfutási periódus okoz. A felfutási periódus az az intervallum, amely a addig az időpontig tart, amíg a rendszer a normális állapotában működik, azaz eléri az egyensúlyi állapotot. A modellekben ez torzítja a szimuláció eredményét, ezért az adatgyűjtéssel várni kell, míg ez a periódus véget ér, vagy utólag törölni kell az innen gyűjtött adatokat, esetleg elég hosszú ideig végezni a futtatást, hogy elnyomja ezt a torzító hatást.

A szimulációs futtatások számát statisztikai mintanagyság kalkuláció és a modell célja határozza meg. Ha teljesítményértékelés a cél, a futtatások számát a konfidencia intervallum megszabott tartománya (sávja) határozza meg. Ha a cél az alternatívák összehasonlítása a futtatások száma a kockázat elfogadható szintjétől függ.

KÍSÉRLETEZÉS

Általánosságban elmondható, hogy a szimulációs modellek alkalmasak nagyszámú alternatívák összehasonlítására, és a javasolt 1-2 alternatíva mélyebb elemzésére. A szimulációs dokumentáció a várt modell felépítéseket kell hogy tartalmazzon, a bemeneti paraméter tartományokkal, hogy az alternatívákat meg lehessen vizsgálni. A gyakorlatban a modellen végzett kísérletek gyakran új megvilágításba helyezik a folyamatot, és a kísérletnek más irányt szabnak (*Carson, 2004*).

ÉRTÉKELÉS

Az értékelés a rendszer teljesítményének előre meghatározott mérőszámai alapján történik. Tipikusan a gyártás és logisztika területén ezek az átbocsátás, erőforrás kihasználás, sorállás és szűk keresztmetszetek. Gyakran előfordul, hogy az eredeti kísérletek eredményei csak azonosítják a problémát, vagy a probléma tüneteit, de nem mutatják meg a probléma okait, vagy szolgáltatnak elég információt ahhoz, hogy a probléma gyökere azonosítható legyen. Ebben a helyzetben az azonosított probléma okára a modell segítségével hipotézis állítható fel, miután kiegészítő teljesítménymérők szükségesek az okok pontosítására és a hipotézis helyességének igazolására (Carson, 2004).

EREDMÉNYEK BEMUTATÁSA

A kísérletek eredményének és az értékelésnek a bemutatása általában egy vagy több prezentációval és írott anyaggal történik. Tanácsos mindkettőt alkalmazni.

A végső jelentésnek tartalmaznia kell az eredeti kitételeket és minden módosítást, ami a kísérlet végzése közben történt, valamint természetesen a tanulmány eredményeit és a javaslatokat (Carson, 2004).

2.6.8 A szimuláció előnyei és hátrányai, lehetőségei és korlátai

Szimuláció alkalmazásának számos lehetősége van. Használható például a **TQM**-ben minőségellenőrzésre, folyamatellenőrzésre, vagy mint alternatív stratégiákat kiértékelő módszer (Sculli és Woo, 1985; Chanadra és Melloy, 1989; Welch et al., 1990; Bruce és Simon, 1992; Leon és Miller, 1993; Aghaie és Popplewell, 1997), de potenciális előnyei egyelőre kiaknázatlanok. Számos irodalom foglalkozik azzal, hogy segíthet a szimuláció a minőségirányítási rendszerek (**QMS**) kiépítésében és folyamatos fejlesztésében (Aghaie és Popplewell, 1997), illetve milyen haszna lehet a **BPR**-ben (Bhaskar et al., 1994; Giaglis et al., 1999; Ould, 1995; Lee és Elcan, 1996).

A szimuláció előnyeit, hátrányait, lehetőségeit és korlátait a 2. táblázat foglalja össze.

2. táblázat: A szimuláció előnyei, hátrányai, lehetőségei és korlátai (Centeno és Carrillo, 2001)

A szimuláció előnyei • Ha a modell egyszer megépült, azt újra és újra használni lehet különféle elemzésekre. • A szimulációból nyert adat általában olcsóbb, mint a valós rendszerből nyert adat. • A szimulációs módszereket általában egyszerűbb alkalmazni, mint az analitikai módszereket. • A szimulációs modellek nem igényelnek annyi egyszerűsítést, mint az analitikai módszerek. A szimuláció hátrányai • A szimulációs modellek építése költséges és időigényes lehet. • Statisztikai természeténél fogva ugyanazon modell többszöri futtatása szükséges a megbízható eredmény eléréséhez. • Ha egyszer a technikát megértik, akkor sokszor akkor is ezt használják, amikor analitikai technika lenne szükséges.	A szimuláció képes Becslést adni a teljesítmény mérőszámokra, pl.: • Ciklusidő. • Dolgozó/eszköz kihasználtság. • Sorhossz. • Várakozási idő. Értékelni a változások hatását a rendszer működési paraméterein: • A rendszer inputjának/erőforrásainak változása, mint a beérkezések vagy a kiszolgálás szintje. • A rendelkezésre álló kamionok száma, amikkel az anyagokat szállítani lehet. A szimuláció nem képes • Nem optimalizálja a rendszer teljesítményét, csupán választ ad a „mi lenne ha” kérdésre. • Nem ad pontos eredményt, ha a bemeneti adatok pontatlanok. • Nem jeleníti meg azokat a jellemzőket, amik nincsenek pontosan lemodellezve. • Nem oldja meg a problémákat, csak információt szolgáltat, amiből a megoldások kikövetkeztethetők.
--	--

2.6.9 Szimulációs eszközök áttekintése

Az elmúlt 10 évben számos, az ellátási lánc szimulációjára alkalmas eszközt fejlesztettek ki. Ezek egy részét bizonyos cégek fejlesztették és használják (pl.: CSCAT, LOGSIM), vannak kereskedelmi forgalomban lévő termékek, amik kizárólag az ellátási láncra koncentrálnak (pl.: SCS, Supply Solver, e-SCOR, és SDI Supply Chain Builder), és vannak általános modellezési célokra alkalmas kereskedelmi szoftverek (pl.: ARENA, Taylor, Micro Saint, és Extend).

Bár apró különbségek vannak ugyan, de ezek igazán a fizikai kölcsönhatások megjelenítésére fókuszálnak az ellátási lánc szereplői a termelők, disztribútorok, és a kiskereskedők között. (Van der Zee és Van der Vorst, 2005; Pratt et al., 1994).

2.7 Sorbanállási rendszerek

A sorbanállási elmélet a várakozás vizsgálatával foglalkozik. Miután a dolgozat modelljei alapvetően sorbanállási problémák köré épülnek, fontosnak tartom az elemi sorbanállási elmélet néhány sajátosságát megismerni és ismertetni (Jávor, 2000; Kleinrock, 1979; 1996; Szily, 1994; Sztrik, 1994, 2000).

A *kiszolgálórendszer* valamilyen szolgáltatást nyújtó *kiszolgálóhely* és az előtte kiszolgálásra várakozó *fogyasztói egységek* sorának elhelyezésére szolgáló *várakozóhelyek* együttese.

Ahhoz, hogy teljesen jellemezzünk egy sorbanállási rendszert, azonosítanunk kell azt a sztochasztikus folyamatot, amely a beérkező igényeket írja le, és meg kell adnunk a kiszolgálás szabályait és struktúráját. A beérkező folyamatot általában az egymás után beérkező igények közötti időintervallumok valószínűség-eloszlása segítségével jellemezhetjük. Ezt az $A(t)$ szimbólummal jelöljük, ahol

$$A(t) = P(\text{két egymás utáni beérkezési időköz} < t)$$

A sorbanállás elméletében általában feltesszük, hogy a *beérkezési időközök* azonos eloszlású független valószínűségi változók.

A következő beérkezésig eltelt idő eloszlása független attól, hogy mennyi idő telt el az előző beérkezés óta. Egymást át nem fedő intervallumokon történő beérkezések függetlenek egymástól.

Tetszőleges t -re és kis Δt értékre annak a valószínűsége, hogy a t és a $t + \Delta t$ időpontok között egy beérkezés történik $\lambda \Delta t + o(\Delta t)$, ahol $o(\Delta t)$ -re igaz, hogy

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{o(\Delta t)}{\Delta t} = 0$$

Annak a valószínűsége, hogy t és $t + \Delta t$ időpontok között nem lesz beérkezés $1 - \lambda \Delta t + o(\Delta t)$, és annak a valószínűsége, hogy egynél több beérkezés lesz $o(\Delta t)$.

A másik sztochasztikus mennyiség amit meg kell adni, a beérkező igények által a csatornával szemben támasztott követelmények nagysága; ezt *kiszolgálási időnek* nevezzük és valószínűség-eloszlását $B(x)$ -szel jelöljük, azaz:

$$B(x) = P(\text{kiszolgálási idő} < x)$$

A kiszolgálás ideje annak az időintervallumnak a hosszát jelenti, amelyet az igény a kiszolgáló egységben eltölt.

A várakozó sor azokból a fogyasztói egységekből tevődik össze, amelyek kiszolgálása nem kezdhető meg azonnal a rendszerben; hossza 0 és ∞ között változhat.

A kiszolgálás szabályára és struktúrájára vonatkozóan további jellemző a rendelkezésre álló *kiszolgáló egységek (szerverek=csatornák) száma*, valamint a *befogadóképesség*, ami nem más, mint a kiszolgálóegységben és a várakozási sorban tartózkodó igények maximális száma, amit gyakran végtelennek tekintünk.

A kiszolgáló csatornák összességéből álló kiszolgáló hely strukturális szempontból soros, párhuzamos, vagy vegyes elrendezésű, a kiszolgáló csatornák száma szempontjából pedig egy- vagy többcsatornás lehet.

A *kiszolgálási sorrend* írja le azt a szabályt, amely szerint a várakozók közül sorra kerülnek az egyes igények kiszolgálás céljából. Ebből a szempontból sordisziplína szerinti és prioritásos disziplína szerinti kiszolgálási rendet lehet megkülönböztetni, attól függően, hogy a fogyasztói egyedeket a beérkezés sorrendjében szolgálják ki vagy egyesek közülük előnyben részesülnek. A leggyakrabban használt kiszolgálási elvek: FIFO, LIFO. Ha a beérkező igényeket bizonyos csoportokba tartozás szerint meg kell különböztetni, akkor a csoportok között prioritást lehet megállapítani, és ezen a prioritáson alapul a kiszolgálás sorrendje.

A kiszolgáló központba érkező egyedek kívülről, ún. *forrásból* jönnek. Az érkezők számától függően megkülönböztetünk korlátos és korlátlan forrású rendszereket.

Előfordulhat, hogy egyes gépkocsik nem tudnak hosszú ideig várakozni és kiválnak a sorból, amihez előzőleg csatlakoztak. Ilyenkor elhagyásos rendszerről van szó. Ha azonban az érkező gépkocsi a hosszú várakozó sor láttán visszariad, és úgy dönt, hogy nem lép be a várakozók közé, akkor visszatorpanásos modellt kell alkalmaznunk. Lehet, hogy szemfüles gépkocsivezetők kiugranak a sorból és egy másik sorhoz csatlakoznak. Az ilyen rendszert helyezkedésesnek nevezik.

A sorbanállási rendszerek hatékonyságának és teljesítményének vizsgálatához a következő mérőszámokat lehet meghatározni: az *igények várakozási ideje*; a rendszerben lévő *igények száma*; a *foglaltsági intervallum hossza* (vagyis az a folytonos időintervallum, amelyben a kiszolgáló egység állandóan foglalt); az *üresjárat időszakasz hossza*; a pillanatnyi *munkahátralék eloszlása*. Mindegyik mennyiség valószínűségi változó, így teljes valószínűség számítási jellemzésüket (vagyis eloszlásfüggvényüket) keressük.

A sorbanállási rendszerek vizsgálatában alapvető szerepük van a Markov-folyamatoknak. A sorbanállási elméletre vonatkozó „elemi” jelző azt fejezi ki, hogy olyan rendszereket vizsgálunk, amelyek tiszta Markov-folyamatok, és ennek következtében az állapotátmenetek leírására egyszerű, könnyen kezelhető összefüggéseket kapunk.

Az elemi sorbanállási elmélet azért fontos, mert alkalmas arra, hogy szemléltesse bonyolultabb sorbanállási rendszerek jellemzőit (egy speciális Markov-folyamat a születési-halálozási folyamat, ahol mind a születések, mind a halálozások közötti idő exponenciális).

Markov-láncoknak nevezzük az olyan eseménysorozatokat, amelyekben az egyes kimenetek valószínűségei csak a közvetlenül előttük álló kísérletek eredményétől függenek. Ha ismerjük, hogy az eseménysorozat milyen kezdőállapotból indul, és ismerjük az egyes állapotok lehetséges kimeneteleit, valamint az ezekhez tartozó átmeneti valószínűségeket, akkor kiszámíthatjuk az eseménysorozat fa-mértékét.

A sorbanállási rendszerek teljesítményének mérésére legalkalmasabb eszköz a torlódás vizsgálata. Egykiszolgálós rendszert vizsgálunk és feltételezünk egy végtelen populációjú modellt. A beérkezési intenzitást/gyakoriságot (időegységre eső beérkezések átlagos száma) jelöljük λ -val, ami nem más, mint az átlagos beérkezési időköz reciproka ($1/\lambda$), valamint az átlagos kiszolgálási időt $1/\mu$ -vel (a kiszolgálási gyakoriság -ügyfelek óránkénti átlagos száma μ). Ekkor a következő hányadost forgalmi intenzitásnak nevezzük:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

Az 1-nél nagyobb forgalmi intenzitás azt mutatja, hogy az igények gyorsabban érkeznek, mint ahogy egy kiszolgálóegység (csatorna) ki tudná szolgálni őket.

3 CÉLKITŰZÉSEK

Munkám két témakör köré épül. Az egyik annak a kérdésnek a megválaszolása, hogy az összekészítési folyamat lezárását jelentő 100%-os ellenőrzés kiváltható-e statisztikai alapú mintavételes ellenőrzéssel, a másik pedig annak a vizsgálata, hogy eredményesen és hatékonyan alkalmazható-e a szimulációs modellezés az élelmiszerlogisztikában. Szeretnék rávilágítani néhány okra, amiért érdemes ezt a technikát alkalmazni az ellátási lánc egyes szeletei vagy a komplett lánc vizsgálata esetén.

Ennek kapcsán az alábbi kérdésekre kerestem választ:

- Kiváltható-e az összekészítési folyamat végét jelentő teljes körű ellenőrzés valamilyen szabványos statisztikai alapú mintavételes ellenőrzéssel, rendkívül szigorú vevői követelmények esetén?
- Élelmiszerlogisztikai központok esetén alkalmas-e a szimulációs technika napi döntési szituációkban döntéstámogató eszközként a döntési bizonytalanság csökkentésére? Segíthet-e a vezetőknek, hogy döntéseiket azok környezetre gyakorolt hatása alapján is felülvizsgálhassák (pl. károsanyag kibocsátás minimalizálása)?
- Hatékonyan végzi-e az általam választott – kereskedelmi forgalomban kapható – szimulációs szoftver az erőforrás optimalizálást, összevetve saját – csak az adott probléma szintjéhez feltétlenül szükséges numerikus közelítéseket tartalmazó Matlab-ra ill. Visual Basic for Excel nyelven írt programunkkal?
- Hogy néz ki az a modell, ami a pultontarthatósági idő fogyását jeleníti meg az ellátási láncon előrehaladva idényszerűen termő, ám folyamatosan értékesített gyorsfagyasztott élelmiszer (szamóca) esetén? Mekkora a felélt pultontarthatósági idő bizonyos beállított modell paraméterek esetén?
- Létezik-e olyan kiszállítás előtti rendezési szabály, melyet alkalmazva a termék tulajdonosa amellett, hogy az élelmiszerek megfelelő minőségben kerülnek a fogyasztókhoz, a raktáron lévő készlet gazdálkodását optimálisabban oldhatja meg? Ebben a kérdéskörben vizsgáltam:
 - Milyen egyenlet írja le a pultontarthatósági idő és a hőmérséklet kapcsolatát gyorsfagyasztott szamóca esetén?
 - Gyorsfagyasztott szamóca esetén van-e szignifikáns különbség az egyes raklapok elfogyasztott pultontarthatósági idejének ($\sum f_{con}$) tekintetében a

vizsgált időszakot tekintve, ha a hagyományos FIFO/FEFO, vagy ha az általam bevezetett DEFO (Dynamic Expiry First Out) kiszállítási előtti rendezési módot választjuk?

A célkitűzésben meghatározott első kérdésre a választ az általam vizsgált élelmiszerelosztást végző disztribúciós központ kiszállítási adatainak elemzésével adtam meg.

A többi kérdést ugyanezen logisztikai központ (rész)folyamatainak modellezésével kívántam megadni. Három modellt építettem, verifikáltam és validáltam, amik a következő kérdésekkel foglalkoznak: árufogadási alternatívák vizsgálata (vezetői döntések hatása pl. a gépjárművek várakozási idejére és azok károsanyag kibocsátására), emberi erőforrás optimalizálás élelmiszerek logisztikai központba történő bevételezése esetén, illetve gyorsfagyasztott termékek ellátási láncának adatbázis alapú szimulációja, a hátralévő pultontarthatósági idő monitorozása és a FIFO vagy FEFO kiszállítási szabályok egy lehetséges alternatívájának vizsgálata.

Munkámmal ösztönzést szeretnék adni az e területen tevékenykedő cégeknek arra, hogy nemcsak nagyobb beruházások, vagy cégát szervezések esetén, hanem akár napi szinten is alkalmazzák a szimulációs technikát a vezetői döntések támogatására.

4 ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

Ahogy az irodalmi áttekintésben is szerepelt, magát a logisztikát több területen is értelmezhetjük, ebben a dolgozatban én kizárólag az elosztási logisztikára koncentráltam. Három témakörrel foglalkoztam, amiből az egyik egy hipotetikus elemzés arról, hogy az általam tanulmányozott logisztikai központban –ahol rendkívül szigorúak a vevői elvárások- a kiszállítás előtti 100%-os ellenőrzés kiváltható-e statisztikai mintavételes ellenőrzéssel, a másik kettő pedig folyamatszimuláció. Ez utóbbi vizsgálatok során három modellt építettem, amiből kettő kizárólag az általam vizsgált logisztikai központ belső folyamatainak szimulációs vizsgálata, egy viszont ennél tágabb területet ölel fel, ez egyfajta kitekintés az élelmiszer ellátási lánc egy szeletére.

4.1 A vizsgált logisztikai központ

A központosított áruelosztás ebben az esetben azt jelenti, hogy a termelő vagy feldolgozó helyekről a megtermelt élelmiszerek nem a fogyasztókhoz vagy viszonteladókhoz, hanem egy központi külső raktárba kerülnek. Ezzel az outsourcing-gal a gyártó cégek kiengedik az elosztási logisztikát a kezükből azért, hogy azt egy szakértő külső alvállalkozó végezze. A központosított áruelosztás előnyeit már az irodalmi áttekintésben részletesen kifejtettem, erre most nem térek ki.

A logisztikai központ, ahol a vizsgálatokat végeztem egy többfelhasználós, élelmiszerek tárolására alkalmas magasraktár, amely három hőmérsékleti tartományban üzemel. A központba kamionok szállítják az árut, az épület úgy lett kialakítva, hogy mindhárom hőmérsékleti tartományban 5-5-5 dokk áll rendelkezésre az árut ki- és beszállító kamionok fogadására.

A raktár rendelkezik egy szárazáru (ambient-AMB) raktárrésszel, ahol a nem temperált élelmiszerek raktározása és kezelése folyik (pl. konzervek, levesporok, tészták stb.). A szárazáru jellemzője, hogy csak csekély mértékben érzékeny a hőmérsékleti viszonyokra, széles skálán elviseli az akár 20 °C-os ingadozást is (5-25 °C). A hűtött élelmiszereknél már szigorúbbak a tárolás és árukezelés hőmérsékleti kritériumai, itt mindössze 5 °C-os ingadozás a megengedett. A hűtött raktárrész (chilled-CHL) egyik csarnokában 10-15 °C között margarinok, 16-23 °C között pedig édesipari termékek találhatók. Fagyasztott termékeknél a maximális hőmérsékletet adják meg általában, ennél lejjebb lehet hűteni, viszont feljebb nem melegedhet minőségi vagy esztétikai romlás nélkül. Nyilván a gazdasági érdekek azt kívánják, hogy a lehető legmagasabb még elfogadható hőmérsékleten történjen a tárolás, tehát

az ingadozásokkal együtt itt is meghatározható egy optimum. A mélyhűtött raktárrészben (frozen-FRZ) jégkrémek, zöldségek, gyümölcsök, húsok, félkész és késztermékek vannak. Ehhez a raktárrészhez csatlakozik egy 0-5 °C-os puffer tér, itt zajlik a bevételezés folyamata. A hűtőkocsiból a betárolás tehát az optimálisnál akár 30 °C-al is melegebb termen keresztül történik, így fontos szempont hogy a termékek a lehető legkevesebb időt tartózkodjanak itt. A fagyasztott élelmiszerek felülete viszonylag rövid idő alatt is elérhet olyan hőmérsékletet, ami már nemkívánatos változásokat okozhat. Sajnos sokszor csak a fogyasztónál derül ki, hogy valahol a hűtőláncban szakadás következett be.

4.2 Mintavételes ellenőrzés

Arra a kérdésre kerestem választ, hogy a logisztikai folyamatok optimalizálásaképpen lehetséges, érdemes és szabad-e a kiadás előtti hagyományos 100%-os ellenőrzést statisztikai mintavételes ellenőrzéssel kiváltani, ha a vevői elvárások rendkívül szigorúak. Mik azok az érvek amik mellette és mik azok amik ellene szólnak. A hipotetikus elemzéshez az ISO 2859-0 és 2859-1 szabványokat használtam, az elemzést az általam vizsgált logisztikai központban, historikus adatokkal végeztem.

4.2.1 Mintavételi alap

A központban az összekészített termékeket hagyományos esetben kiszállítás előtt teljes ellenőrzésnek vetik alá, és csak teljes megfelelés esetén adják át a tételt a gépjárművezetőnek. Az ellenőrzés célja, hogy a vevőkhöz pontosan összekészített áru menjen ki, illetve hogy megállapítható legyen, hogy a kommissiók és a magasemelős targoncások milyen pontossággal készítették össze a kartonokat és a raklapokat a kiszállításhoz.

Mintavétel szempontjából fontos, hogy kétféle összekészítési folyamat van a raktárban:

Papír alapú összekészítésnél a raktárkezelő rendszer kisedőlistát nyomtat, ami tartalmazza a rendelt mennyiségeket rendelésenként. A lista alapján történik az összekészítés.

A rádiófrekvenciás módszernél (on-line összekészítés) nincsenek kisedőlisták, ezeket a számítógépes rendszer osztja szét feladatonként az összekészítést végzőknek. Ilyen feladat lehet egy raklap összekészítő területre történő szállítása, vagy egy rendelés kartononkénti összekészítése. Ennek eredményeképpen egy „járatot” (amit egy gépjármű szállít) egyszerre több magasemelő targoncás készít össze. Ez azért lényeges, mert egyrészt az összekészítési idő lerövidül, másrészt statisztikai szempontból az ellenőrzések nem egy ember munkájának eredményét mutatják.

4.2.2 Hibák és hibás rakatok

A szabvány háromféle nem-megfelelőséget említ: „kicsi”, „nagy”, és „kritikus”. Az elemzés során azonban nem különböztettem meg ezeket a típusokat, minden hibát a „nagy” kategóriába soroltam, mivel a logisztikai központ szemszögéből súlyuk hasonló, és hasonló intézkedést is kívánnak. Hibás az a rakat, amely nem felel meg az előírásoknak. Jelen esetben az ellenőrzés a minőségi (sérült külkarton), de főleg a mennyiségi megfelelésre koncentrál. Amennyiben a kijelölt mintában lévő rakatokban többlet, hiány vagy cikksere van, a tétel hibásnak minősül. Ez esetben a hibás kartonok számát fel kell jegyezni. Amennyiben egy vizsgálati egységen belül hiány és többlet is előfordul a hibák halmozódnak, tehát nem egyenlítik ki egymást.

4.2.3 Ellenőrzési terv

Az ellenőrzési terv fajtájában és szigorúságában, valamint a mintavételi lépcsők számában (ellenőrzési tervtípus) és az átvételi hibaszint (AQL) értékében előre meg kell állapodni. Ezt követően a tétel ellenőrzése a megállapított paramétereknek megfelelő szabványos ellenőrzési terv szerint történik.

A minimálisan megvizsgálandó tételek számát a fent említett szabványok alapján határoztam meg, lényeg hogy azokat az összekészítő területről véletlenszerűen kellett kijelölni. Az ellenőrzésre bemutatott tételeknek az ellenőrzésre kerülő paraméterek szempontjából egyneműeknek (homogéneknek) kellett lenniük.

Az ellenőrzési tervet meghatározó mennyiségek:

- *Átvételi hibaszint (AQL).*
- *Visszautasítási hibaszint (LQ):* állandó mennyiség, mely egyedi tételek esetén az ellenőrzési terv alapja és a tétel oly hibaszintjét fejezi ki, amely esetén az ellenőrzési terv az átvételt adott, kicsiny valószínűséggel biztosítja.
- *Átlagos kimenő hibaszint határa (AOQL):* az átlagos kimenő hibaszint (AOQ) maximális értéke; az AOQ érték figyelembe veszi az összes átvett és visszautasított tételeket. Az utóbbiak kiegészítő teljes ellenőrzése után minden észlelt hibás termékegységet kötelezően megfelelőre cserélnek fel.
- *Átvételi szám (Ac):* az adott ellenőrzési terv alapján a legnagyobb hibás darabszám (vagy hibaszám) a mintában, amely esetén a tételt úgy tekintik, hogy kielégíti a követelményeket.

- *Visszaütási szám (Re):* az adott ellenőrzési terv alapján a legkisebb hibás darabszám (vagy hibaszám) a mintában, amely esetén a tételt úgy tekintik, hogy nem elégíti ki a követelményeket.

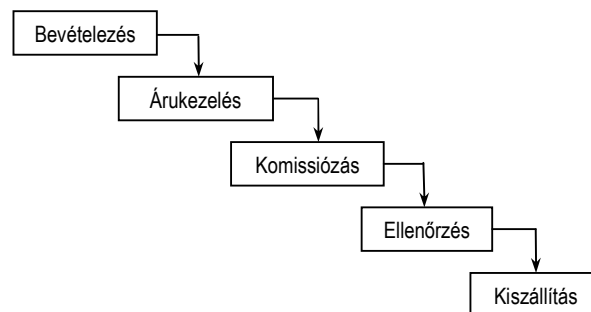
4.3 Folyamatszimuláció alapjai

4.3.1 A vizsgált logisztikai központ kulcsfolyamatai

Minden vállalat lényegében folyamatok hálójaként értelmezhető, amelyek azonosíthatók, dokumentálhatók, nyomonkövethetők és fejleszthetők. Ahhoz, hogy a normál operációhoz szükséges minden folyamatot azonosíthassak, az egész szervezetre kiterjedő folyamattérképezést kellett végeznem. A folyamatok közötti kapcsolatokat csak ezután határozhattam meg, kialakítva a folyamathálót. Ebben a hálóban vannak alap- azaz kulcsfolyamatok, melyek egy szervezet sikeréhez alapvetően szükségesek, és vannak mellékfolyamatok.

A folyamatháló elkészülte után azt felbontottam olyan alfolyamatokra, ahol egy alfolyamat kimenete egy vagy több másik alfolyamat bemenete. Fontos volt, hogy minden alfolyamat hozzájárulásának mértéke a teljes folyamathoz mérhető legyen. Ez az egész egy elosztási láncot alkot, ahol az idő alapú megközelítés dominál. Az alfolyamatok ciklusidője a teljes folyamat során összeadódik.

Az általam vizsgált logisztikai központ a következő kulcsfolyamattal írható le (9. ábra):



9. ábra: A vizsgált logisztikai központ kulcsfolyamata

A folyamatok modellezése során fontos feladat volt a modell szintjének helyes megválasztása. Itt nyilvánvalóan az igényekből kellett kiindulni, azaz, hogy mire vonatkozólag kívántam a modellből információt szerezni. A kiválasztásnál nemcsak a szükséges, hanem az elégséges felbontási szint is lényeges szerepet játszott. A vizsgált logisztikai központ folyamatai olyan bonyolultak, hogy feltétlenül szükséges volt

egyszerűsítéseket alkalmaznom ahhoz, hogy működő modellt kapjak, ami a feltett kérdésekre képes válaszolni. Az alkalmazott peremfeltételeket a konkrét modellek alapadatainál részletezem. Természetesen ezek alapját kizárólag szakmai megfontolások adták, azok az eredmények jóságát nem befolyásolhatták, hiszen csak olyan információkat mellőztem, melyeknek nem volt közvetlen hatása a megválaszolandó kérdésre. Ezáltal a modellek átláthatóbbak, a futási idők pedig rövidebben lettek.

4.3.2 Teljesítménymutatók

Egy-egy folyamat teljesítményét a rá jellemző teljesítménymutatók segítségével határoztam meg. Ezek a mutatók alkalmasak arra, hogy modellezés során az eredményeket összehasonlítsuk (benchmark), és következtetéseket vonjunk le.

A vizsgálatok során mindig a megválaszolandó kérdés alapján kell eldönteni, hogy mely teljesítménymutatókat érdemes figyelni. Az egyik legfőbb teljesítménymutató a logisztikában a ciklusidő, a harmadik modellben ez képezte számításaim egyik alappillérét. Modellezésnél szükség lehet a vizsgált teljes folyamat, vagy bármely köztes részfolyamat ciklusidejére. A felépített modellből a szimuláció során ez az információ bármikor kinyerhető. A generált entitásoknak mindjárt a generálás után adtam egy „jelenidő” attribútumot, ami azután az egész folyamaton végigkísérte ezeket az egyedeket. Ez az időpecsét azután bármikor kiolvasható volt a folyamat során, és az akkori jelenidővel összevetve kiadta a ciklusidőt.

További fontos teljesítménymutatók a modelljeimben például a várakozási idő, sorhossz, munkaerő kihasználtság, működési költség stb. Élelmiszerek esetén elengedhetetlen termékjellemző a termék minősége, aminek mérése bonyolult feladat, hiszen ez az ellátási láncan keresztül haladva folyamatosan változik. A minőséget jellemezhetjük például a hátralévő pulton tarthatósági idővel, ahogy azt a harmadik modellben mutatom be.

4.3.3 Szimulációs szoftver

A piacon kapható számos szimulációs szoftver közül az Extend programot választottam, ami egy általánosan alkalmazható, üzenet alapú szimulációs szoftver. Kiválóan alkalmas diszkrét események és folyamatok szimulálására, és magas színvonalú a grafikai megjelenítése. Működésére jellemző, hogy szimulációs adatokon nyugvó rutinokat végrehajtó központi program helyett az egyes szimulációs blokkok küldenek üzeneteket egymásnak, a központi szimulációs motor csupán az események ütemezését és válogatását végzi. A szimuláció végrehajtásának döntő részét a blokkok végzik. Ez a rendszer lényegesen

leegyszerűsíti a modellépítési folyamatot, lehetővé téve a modellezőnek, hogy intuitív módon állítsa össze rendszerét. Úgy vélem, hogy a választott szoftver az általam kitűzött célok elérésében maximális segítséget nyújtott.

4.3.4 Modellek verifikálása

Ahogy azt már az elméleti fejezetben is részleteztem, több módszer is létezik a modell működőképességének igazolására. A modellek építésénél mindig az egyszerűtől kiindulva haladtam az összetettebb modell felé, és minden egyes lépés után futtatást végeztem, hogy igazoljam az addig felépült modell jóságát. Ezeket a futtatásokat animációval együtt végeztem, ami sokkal vizuálisabbá teszi a munkát, a fennakadások pedig azonnal észrevehetők. Az un. *reductio ad absurdum* módszert, azaz a végletekig történő leegyszerűsítést úgy alkalmaztam, hogy ahol lehetett determinisztikussá tettem a modellt, és több futtatást is végeztem hogy megbizonyosodjak, az eredmények mindenben megegyeznek. Ahol véletlen számok szükségesek a modellhez, ott kihasználtam a szoftvernek egy rendkívül hasznos tulajdonságát. Az Extendben minden véletlen számsorozat egy 'forrás' értéken alapul, és bár a program független véletlen számok sorozatát generálja, megvan az a lehetőség is, hogy a 'forrás' megadásával a véletlen számok sorrendje ismételhető lesz.

4.3.5 Modellek validálása

Validálásra kétféle módszert alkalmaztam. Az egyik a szakértői validálás, ami azt jelenti, hogy olyan emberek vizsgálták meg a modell működését, akik a modellezett folyamattal mélységében is tisztában voltak. Ennél a módszernél szintén sokat segítettek mind az animáció, mind a szoftver diagnosztikus blokkjai.

A másik módszer a modellből kapott outputoknak a valós rendszerből nyert adatokkal történő összevetése. Ezt historikus adatokkal végeztem.

4.3.6 Kapcsolódás az Almásy folyamatszimuláló-szoftver fejlesztő csoporthoz

Logisztikai modelljeim közül az első kettő, a sorállási és az erőforrás modellek konkrét alkalmazásainak számításait nemcsak az Extend szimulációs szoftverrel végeztem el. 2005-ben, a Workshop on Chemical Engineering Mathematics nemzetközi konferencián létrejött együttműködésünk alapján megismertem egy, Almásy Gedeon által MATLAB-ra kifejlesztett folyamatszimuláló szoftvert.

Logisztikai modellezési témámmal bekapcsolódtam a szoftverezési munkába, és a teljesen általános folyamatszimulálásra alkalmas szoftver egy-egy egyszerűsített verzióját hoztuk létre Visual Basic for Excel nyelven a sorállási és az erőforrás modell számítására. Ezen két alkalmazás előnye az Extend számításokhoz képest, hogy míg az Extend még a sorállási modell esetén is iterációs közelítő módszerrel számol, ennek a modellnek a számításához az Almásy posztulátumok (Almásy és Kollár-Hunek, 2006) előzetes figyelembe vétele lehetővé tette egy direkt algoritmus kifejlesztését, melynek blokkdiagramját az 5. fejezet 24. ábrája mutatja be. Hasonlóan, az erőforrás modell esetében is lehetőséget találtam arra, hogy az input adatok megfelelő elemzésével és az ütemezési feladat megoldása közben a már kiszámított értékek bizonyos extrapolációs alkalmazásával a lehető legtöbb ponton direkt módszert használjak iterációs közelítés helyett.

Az alapegyenlet, amit a modell számításának minden lépésénél figyelembe vettünk, az alábbi:

$$\Delta \mathbf{e}_i(t) = \left(\sum_{j \in I} \mathbf{L}_{i,j} (h_j(\mathbf{e}_i(t))) + \mathbf{v}_i(t) \right) \cdot \Delta t \quad \forall i \in I \quad t \in T$$

A fenti egyenletben $\Delta \mathbf{e}_i(t)$ az i -edik alfolyamat entitás-vektor áramának (a mi modelljeink esetében pl. különböző típusú kamionok ill. munkások “árama” a várakozás, dokkolás, bevételezés ill. leszedés, adminisztráció, bevételezés alfolyamatokra vonatkozóan) a Δt időintervallumhoz tartozó megváltozása, $h_j(\mathbf{e}_i, t)$ az i -edik alfolyamatból a j -edik alfolyamatba ható potenciál, és $\mathbf{L}_{i,j}$ az i -edik alfolyamat entitás-átviteli együtthatója, $\mathbf{v}_i(t)$ a környezeti áram vektor, I az alfolyamatok halmaza, és T a lehetséges (diszkrét) időhalmaz. A $h_j(\mathbf{e}_i, t)$ potenciál függvény definiálása általában az adott folyamatra vonatkozó speciális irányítói ismereteket igényel, és diszkrét folyamatok esetében helyesen lépcsősfüggvénnyel adható meg, bár az irodalom gyakran előnyben részesíti a folytonos függvénnyel történő ábrázolást (lásd 5. fejezet, 30. ábra).

4.4 Sorállási modell

A sorállási modellnél a kamionok raktárba történő beérkezését és lerakódását, illetve az ezt megelőző várakozást elemeztem. Ennek során két alternatív megoldást vizsgáltam (*var1*, *var2*), azaz scenárió analízist hajtottam végre. Az egyiknél minden árutípust csak az árutípusra eredetileg definiált dokkokon lehet átvenni, a másikinál viszont bizonyos prioritási szabályokat betartva az átirányítás is lehetséges.

Ez tipikusan egy sorbanállási kérdés, a bemeneti adatok alapján azonban nem lehet eldönteni, hogy melyik scenárió lesz a hatékonyabb, pedig operációszerkezési szempontból ennek komoly jelentősége lehet. Ezzel a példával szeretném bizonyítani, hogy képes döntéstámogató eszközként a szimuláció a napi kérdésekben a logisztikai központ vezetőségének segítséget nyújtani.

Ugyanezt a kérdést megvizsgáltam környezetvédelmi nézőpontból is. A 2. *mellékletben* összegeztem azokat a környezetterheléseket, amelyeket egy logisztikai központ jelent. A hűtőkamionok a parkolóban járó motorral várják hogy sorra kerüljenek a kirakodásnál. Minden egyes kamion mozgó pontszerű légszennyező forrást jelent. Nem másodrangú tehát az sem, hogy mennyi ideig szennyezik a levegőt, miközben várakoznak.

A sorállási modell segítségével megválaszolandó kérdés a következő:

Van-e hatása a gépkocsik várakozási idejére és a sorhosszra, ha a szárazárut szállító kamionok leszedése esetlegesen a szabad hűtött dokkokon is történhet?

ALAPADATOK:

Modell típusa: diszkrét, sztochasztikus;

Bejövő entitások: kamionok, amik a három élelmiszertípus közül egyet szállítanak (szárazáru, hűtött vagy fagyasztott terméket);

Beérkezés: exponenciális eloszlású beérkezési időközök, 5 perces várható értékkel, a kamionok 50%-a szárazárut, 30%-a hűtöttet, 20%-a fagyasztottat szállít, a beérkező kamionok típusa az adott arányok figyelembevételével véletlen eloszlás szerint meghatározott;

Prioritási szabályok: a várakozó kamionok kiszolgálása a FIFO szabály alapján történik, de míg a *var1* modellnél minden kamiont csak annál a dokknál lehet leszedni, amilyen áruféleséget szállít, a *var2* modellnél az AMB termékeket szállító kamionon a CHL dokkoknál is leszedhetők, ha az AMB dokkok tele vannak, de a CHL dokkoknál nem várakozik CHL terméket szállító kamion;

Dokkok száma: minden terméktípusnál 5db;

Erőforrás: korlátlan;

Leszedési idő: konstans, 50 perc/kamion (ami jó közelítéssel az ipari átlag);

Futás hossza: 24 óra

Futások száma: 4.

ALMÁSY MODELL

Entitások: kamionok (AMB, CHL, FRZ).

Alfolyamatok: várakozás (1), dokkolás (2), bevételezés (3).

Környezeti áram: kamionok érkezése, kamionok távozása

- a „távozó” entitás-áramnak nincs hatása a folyamatra;
- az „érkező” entitás- áramok összességének exponenciális eloszlása van, az egyedi (AMB, CHL és FRZ) áramok pedig, amelyek az áramok összességének felosztásával továbbhaladnak az (1) alfolyamat felé, véletlen eloszlással jellemezhetők;
- a (2) és (3) alfolyamatnak nincs közvetlen kapcsolata az „érkező” környezettel.

Az (1) alfolyamatból a (2) alfolyamat felé távozó entitás-áramok FIFO sorbanállási elvvel – ill. a 2. verzióban az AMB-re vonatkozó speciális korlátokkal is – vannak megadva.

A (3) alfolyamat beintegrálható a (2) alfolyamatba 50 perces operációs idővel számolva.

4.5 Erőforrás modell

Az erőforrás modellnél szintén az áruk beérkezését modelleztem, de csak a szárazáru raktárrész dokkjain. Vizsgáltam közben, hogy a fenti feladat elvégzéséhez a raktári operációban mekkora az emberi erőforrás szükséglet. Olyan modellt építettem, amely az általam megadott célfüggvény alapján optimalizálással megadja a raktárosok (WHK), magasemelő targoncások (RTD) és gyalogvezérlésű targoncások (PPTD) számát.

Az erőforrás modell segítségével megválaszolandó kérdések a következők:

- Az emberi erőforrások megfelelő ütemezése megoldhatja-e a szárazáru dokkokon a sorállási problémát anélkül, hogy onnan a kamionokat a hűtött dokkokra kellene átirányítani?
- A szimulációs szoftverrel felépített modell futtatása a szoftverbe épített optimalizáló algoritmussal megfelelően pontos eredményt ad-e, használható-e a szoftvernek ez a funkciója a napi operációban?

ALAPADATOK:

Modell típusa: diszkrét, sztochasztikus;

Bejövő entitások: kamionok, amik szárazárut szállítanak;

Beérkezés: az összehasonlíthatóság kedvéért ugyanazokat a beérkezési időpontokat használtuk, mint a sorállási modellnél;

Prioritási szabályok:

- minden dolgozó a saját feladatát, illetve az annál kevesebb képzettséget kívánó feladatokat végezheti a következő képzettségi szintek szerint:
 - (1): gyalogvezérlésű targonca üzemeltetői jogosítvány ;
 - (2): (1)+magasemelő targonca vezetői jogosítvány
 - (3): (1)+(2)+raktári nyilvántartó rendszer ismerete,
- az adminisztrációt csak a raktáros végezheti, a raklapok betárolását a magasemelő targoncás és a raktáros, a kamionokról a raklapok leszedését pedig a gyalogvezérlésű targoncás, a magasemelő targoncás és a raktáros is,
- a rendelkezésre álló erőforrások közül a modell az adott feladathoz elegendő legkisebb képzettségi szint prioritását betartva választ (tehát a kamion kirakodására elsősorban a gyalogvezérlésű targoncást választja, és csak végső esetben a raktárost),
- addig nem kezdődhet meg a következő kamionnak a betárolása, amíg az előzőről leszedett raklapok ellenőrzés után a helyükre nem kerülnek,

- az adminisztráció akkor kezdődhet, amikor a kamionokról történő kirakodás teljesen befejeződött,
- a raktári állványokra történő felrakodás akkor kezdődhet, amikor a beérkezett árukkal kapcsolatos helyi adminisztráció teljesen befejeződött;

Dokkók száma: 5db;

Operációk időszükséglete: kamion leszedése: 90 perc/(kamion/dolgozó), adminisztráció: 15 perc/(kamion/dolgozó), bevételezés: 3 perc/raklap (30 raklap van egy kamionon) azaz 90 perc/(kamion/dolgozó);

Erőforrás: az emberi erőforrást leszámítva korlátlan;

Futás hossza: 24 óra

Futások száma: Extendnél a modell ellenőrzi a konvergenciát 100 vizsgálat után, és megszakítja a futást, ha a legjobb és legrosszabb értékek a 0,99-es szinten belül vannak. Az Almásy modellnél a futásszám helyett az extrapolációs pontok száma jellemzi a folyamatot. Az erőforrás modellben új extrapolációs pont beiktatásához a kritérium az összes dokk adott idő-környezetben első „üresjárat nélküli” működése volt, ill. az ettől az időpillanat(ok)tól számított minden negyedik óra mindaddig, amíg az extrapoláció azt nem jelzi, hogy az összes dokkon ismét létrejön az üresjárat. A későbbiekben bemutatott számításaimnál ezek a pontok a 24 órás műszak 120-ik, 360-ik, 1020-ik és 1260-ik percei voltak (ld. 5.1. fejezet, 31. ábra).

Célfüggvény: Miután ebben az egyszerűsített modellben csak az emberi erőforrások száma változhat (WHK, RTD, PPTD), a profit maximalizálásra a célfüggvényt a következőképpen határoztam meg:

$$\text{MaxProfit} = \text{IPP} * \text{InPalNum} - \text{cWHK} * \text{WHKnum} - \text{cRTD} * \text{RTDnum} - \text{cPPTD} * \text{PPTDnum}$$

ahol

IPP	raklaponkénti bevétel
InPalNum	betárolt raklapok száma
cWHK	egy raktáros költsége
WHKnum	raktárosok száma
cRTD	egy magasemelő targoncás költsége
RTDnum	magasemelő targoncások száma
cPPTD	egy gyalogvezérlésű targoncás költsége
PPTDnum	gyalogvezérlésű targoncások száma.

Peremfeltételek:

- az előzetes tapasztalatok alapján a raktárosok számát 1 és 5 között változtattam, a magasemelő targoncások és gyalogvezérlésű targoncások számát pedig 5 és 15 között;

- ugyanannak a feladatnak az elvégzése ugyanannyi időt vesz igénybe, bárki is végzi azt;
- a dolgozók csak a szárazáru raktárban és csak a bevételezésnél dolgoznak;
- az Almásy modellnél a 24 órás futtatást 8 és 4 órás műszakokra osztottam.

ALMÁSY MODELL

Entitások: kamionok (AMB), emberi erőforrások (WHK, RTD, PPTD).

Alfolyamatok: várakozás(1), dokkolás(2), leszedés(3), adminisztráció(4), bevételezés(5).

Környezeti áram: kamionok érkezése, kamionok távozása

- a „távozó” entitás-áramnak nincs hatása a folyamatra;
- az „érkező” környezetből származó entitás-áramok összességének exponenciális eloszlása van, 5 perces várható értékkel, a modell által vizsgált AMB áram pedig, amely az áramok összességének 50%-a, és továbbhalad az (1) alfolyamat felé, az össz-áramból véletlen eloszlással lett szimulálva;
- az egyéb alfolyamatoknak nincs közvetlen kapcsolata az „érkező” környezettel.

Az (1) alfolyamatból a (2) alfolyamat felé távozó entitás-áramokat a FIFO sorbanállási elv és az emberi erőforrások ütemezése határozza meg.

Az (2) → (3), (3) → (4) és (4) → (5) alfolyamatok közötti entitás áramok az emberi erőforrások ütemezésével vannak megadva.

4.6 Ellátási lánc modell

Az első két modell esetén nem volt különösen kiemelt jelentősége annak, hogy a kezelt termékek élelmiszerek. Az ellátási lánc modellben az élelmiszereknek azt a tulajdonságát modelleztem, ami megkülönbözteti az összes többi terméktől: ez a folyamatos minőségváltozás. A minőség megőrzése döntő fontosságú az élelmiszer ellátási láncok esetén, amihez a környezeti változók optimális szinten tartása (pl. a szállítás és tárolás során) és a kezelési idők minimálisra csökkentése döntő mértékben hozzájárul.

Az ellátási lánc modell az $f_{con} = \sum(t_i / \theta_i)$ egyenletet használja, hogy összegezze a már felélt pultontarthatósági időt az ellátási láncon előrehaladva attól kezdve, hogy a feldolgozott élelmiszer lekerül az üzem futószalagjáról és megkezdí útját a fogyasztó felé egészen addig, míg a központi raktárból kiszállításra kerül. A modell fontos kérdése, hogy milyen mélységig vagyunk képesek a termékpályán a nyomkövethetőséget biztosítani. Az általam vizsgált raktárban ez teljes bizonyossággal raklapszintig kivitelezhető. Sajnos a kartonszintű nyomon követés további fejlesztéseket igényelne, hiszen az azt jelentené, hogy minden árumozgásnál az összes karton azonosítóját rögzíteni kellene. Erre megoldás lehet, ha a kartonokra azonosító chip kerülne, de akkor is további költséges fejlesztések lennének szükségesek a központi raktárban a chipeken szereplő adatok leolvasására és adatbázisban történő nyilvántartására.

Ahhoz, hogy a felélt pultontarthatósági időt kiszámíthassam, szükségem van a raklapok pontos idő-hőmérséklet adatainak ismeretére visszamenőlegesen is, a lánc teljes hosszában. Célom az, hogy kiszámítsam különböző modell paraméterek esetén a felélt pultontarthatósági időt a központi raktárból történő kiszállításig, illetve megvizsgáljam, hogy érdemes-e a raklapokat a kiszállítás előtt a hagyományos FIFO vagy FEFO rendezési szabálytól eltérően a $\sum f_{con}$ értékek alapján rendezni. A $\sum f_{con}$ értékek alapján történő rendezési elvet DEFO-nak (Dynamic Expiry First Out) neveztem, hiszen nem egy köbe vésett dátum alapján történő rendezésről van szó, hanem olyanról ami az élelmiszer tényleges terhelését veszi figyelembe, és a rendezés pillanatáig változik. Kérdés, hogy ennek a rendezési módnak van-e akkora előnye a termék tulajdonosának szempontjából, hogy megérje a fáradságot és költséget, amit a visszamenőleges kalkuláció okoz. Kérdés továbbá, hogy egyáltalán megvannak-e ezek az adatok és mennyire pontosak (*ld. 3. melléklet*). Azért tudtam a modellt az ellátási láncnak csak az első szeletére elkészíteni, mert a központi raktárból való kikerülés után a nagy- és kiskereskedelmi raktárakban, valamint a fogyasztók hűtőjénél a szükséges adatok már nem álltak rendelkezésre illetve nem voltak beszerezhetők.

A modell alapjául a gyorsfagyasztott számócát választottam, mert ennél az élelmiszer-nél voltak meg a különböző hőmérsékleten értelmezett eltarthatósági idők, amiket *Guadagni* mért ki még 1968-ban, majd *July* elemzett tovább 1984-ben (3. táblázat). A táblázatból látható, hogy a számítások alapján a gyártónál már 38%-os csökkenés tapasztalható az eltarthatósági idő vonatkozásában. Az ellátási lánc modellben ez az érték nagyjából a központi raktárból történő kiszállításkori csökkenést jelentené, hiszen itt a gyártótól *Just-In-Time* beszállításról van szó. Ez azt jelenti, hogy a gyártósor futószalagjáról legördülve az élelmiszerek rögtön a központi raktárba kerülnek, nem várakoznak a gyártó cég mélyhűtőjében.

3 táblázat: Gyorsfagyasztott számóca eltarthatósági idejének csökkenése (July, 1984)

Állomás	Idő (nap)	Hőmérséklet (°C)	Pultontarthatósági idő (nap)	Csökkenés naponta (nap)	% Csökkenés
Gyártó	250	-22	660	0.15	38
Szállítás	2	-14	220	0.45	1
Nagyker	50	-23	710	0.14	7
Szállítás	1	-12	140	0.71	0.7
Kisker	21	-11	110	0.91	19
Szállítás	0.1	-3	18	5.56	1
Összesen	324				66
Otthoni fagyasztó	21	-13	180	0.56	12
Mindösszesen	344				78

Az ellátási lánc modell segítségével megválaszolandó kérdés a következő:

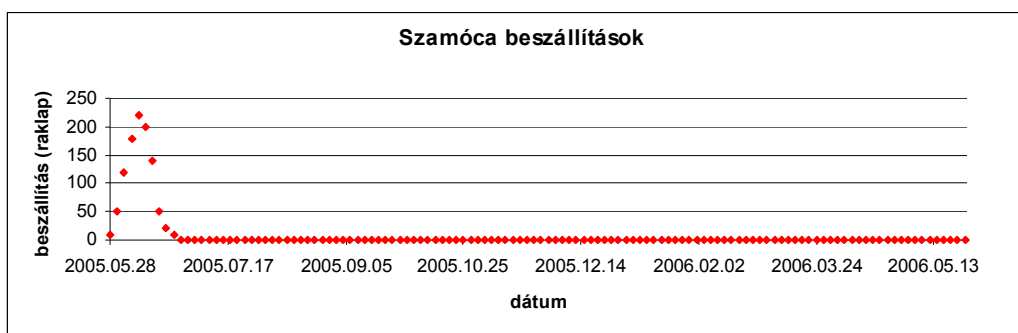
Az ellátási láncot vizsgálva a központi raktárból történő kiszállításig vannak-e olyan anomáliák az egyes raklapok kezelését illetően, hogy a kiszállítandó tételek $\sum f_{con}$ értékei alapján a két vizsgált modell szcenárió (FIFO és DEFO) közötti különbség adott valószínűségi szinten szignifikáns.

ALAPADATOK:

Modell típusa: diszkrét, sztochasztikus;

Bejövő entitások: kamionok, amik gyorsfagyasztott számócát szállítanak;

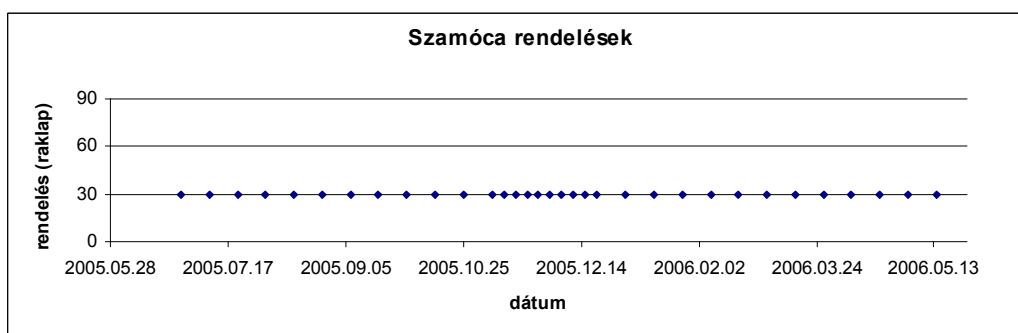
Beérkezés: Just-In-Time szállítással szezonálisan (május 28.-június 24.), 3 naponta szünetelik a gyümölcsöt, az egymást követő szüreti napokon a leszüretelt gyümölcsök aránya az összes termés százalékában kifejezve a következő: 1, 5, 12, 18, 22, 20, 14, 5, 2, 1 (*Szilágyi, 1975; Soltész, 1997*). A számóca beszállításokat a 10. ábra mutatja. Feldolgozása folyamatos üzemű, fluidizációs típusú berendezéssel történik, melynek teljesítménye 1000 kg/h. A feldolgozást mindig adott nap 00:00 órakor kezdik. A gyorsfagyasztott gyümölcsöt szállító kamionok kapacitása 10, 20 vagy 30 raklap;



10. ábra: Szamóca beszállítások

Beérkezett mennyiség: 300.000 kg, raklaponként 300 kg;

Kiszállítás: a friss gyümölcs érési időszakának kivételével egész évben folyamatosan (12 naponta 30 raklap) úgy, hogy a készlet a következő beszállításig kifusson. Megemelkedett felhasználás jellemző az év végi időszakban (november 06.-december 21.), ilyenkor a mennyiség 5 naponta 30 raklap (11. ábra);



11. ábra: Szamóca kiszállítások

Operációk időszükséglete: beszállítás: normál eloszlás, várható érték 1 óra, szórás 20 perc, bevételezés: normál eloszlás 3 perc/raklap, szórás 0,5 perc;

Hőmérsékleti adatok: a három futtatás sorozatra

1. $T_{\text{eff_szállítás}} = -18^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{eff_bevételezés}} = 5^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{eff_tárolás}} = -20^{\circ}\text{C}$
2. $T_{\text{eff_szállítás}} = -18^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{eff_bevételezés}} = 5^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{eff_tárolás}} = -18^{\circ}\text{C}$
3. $T_{\text{eff_szállítás}} = -18^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{eff_bevételezés}} = 15^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{eff_tárolás}} = -20^{\circ}\text{C}$

Erőforrás: korlátlan;

Futás hossza: 1 év;

Futások száma: sorozatonként 4;

Peremfeltételek:

- Feltételeztem, hogy zero időpillanatban a termék minősége 100%, a pultontarthatósági idő végén pedig 0%;

- Több helyen T_{eff} hőmérséklettel dolgoztam, amely azt a hőmérsékletet jelenti, aminek kitéve a termékeket ugyanolyan minőségi változások következnek be, mint a változó hőmérsékleti környezet hatására;
- Az üzemből történő beszállítás folyamatosan történik úgy, hogy ha az aznapi mennyiség elkészült (ha az kevesebb mint 30 raklap), a kamionok máris szállítják. Ha a mennyiség meghaladja a 30 raklapot, akkor a második kamion az elsőhöz képest 2 órával később elindul. A kamionokra sosem kell várakozni a beszállítás során;
- A kiszállítás mindig adott nap reggel 6 órakor kezdődik;
- A kamionok kiszolgálásra való várakozása bele van kalkulálva a szállítási időbe;
- Egyszerre egy kamion bevételezése történik (a beérkezési időközök ezt lehetővé teszik).

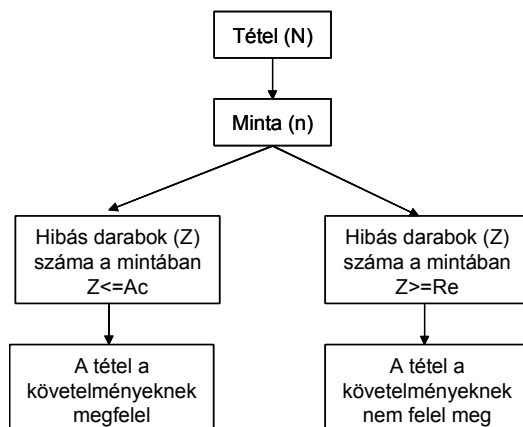
5 EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

5.1 Mintavételes ellenőrzés

A mintavétel alapjául azokat a komissiózott raklapokat választottam, amiket egy napon, a szárazáru szektorban készítettek össze. Ez 11664 komissió kartont jelent. A teljes mennyiséget megvizsgálva 18 hibát találtunk, tehát erre a tételre $p=0.154$.

Első lépésként meghatároztam az ellenőrzési terv felállításához szükséges mennyiségeket. A vevővel közösen megállapított case-fill mutató (hibátlanul kiszállított kartonok/összes kiszállított karton) 99,85%, ami alapján kiszámítható, hogy $AQL=0,15\%$.

Az ellenőrzési fokozatok közül a II. és III. fokozat alkalmas a vizsgálatra, az ellenőrzési terv típusok közül pedig egylépcsős tervet alkalmaztam, és kiinduláskor normális ellenőrzési fajtát használtam. Az egylépcsős ellenőrzési terv szerinti vizsgálatot mutatja be a 12. ábra.



12. ábra: Egylépcsős tervek

A kulcsjel táblázatban a tételek száma és az ellenőrzési fokozat alapján az M vagy az N kulcsjelet választhattam (13. ábra). Azt, hogy melyiket választjuk attól függ, hogy megelégszünk-e a kisebb átvételi valószínűséggel, amit a II. fokozat jelent, vagy nagyobb biztonságot akarunk és a III. fokozatot választjuk. Jelleggörbe alapján a tétel átvételének valószínűsége a hibás egységek arányának függvényében M kulcsjelnél kb. 92%, N kulcsjelnél kb. 96%.

A tétel nagysága, darab*	Különleges				Általános		
	Ellenőrzési fokozat kulcsjele						
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
8 alatt	A	A	A	A	A	A	B
9-15	A	A	A	A	A	B	C
16-25	A	A	B	B	B	C	D
26-50	A	B	B	C	C	D	E
51-90	B	B	C	C	C	E	F
91-150	B	B	C	D	D	F	G
151-280	B	C	D	E	E	G	H
281-500	B	C	D	E	F	H	J
501-1200	C	C	E	F	G	J	K
1201-3200	C	D	E	G	H	K	L
3201-10000	C	D	F	G	J	L	M
10001-35000	C	D	F	H	K	M	N
35001-150000	D	E	G	J	L	N	P
150001-500000	D	E	G	J	M	P	Q
500001 felett	D	E	H	K	N	Q	R

*Gyakorlati indokok alapján a tételhatárok értéke 10%-kal változtatható

13. ábra: A minta darabszámok kulcsjel táblázata

Én inkább a nagyobb biztonságot választottam. Az N kulcsjelhez tartozó mintanagyság: 500 karton, Ac=2; Re=3 (14. ábra).

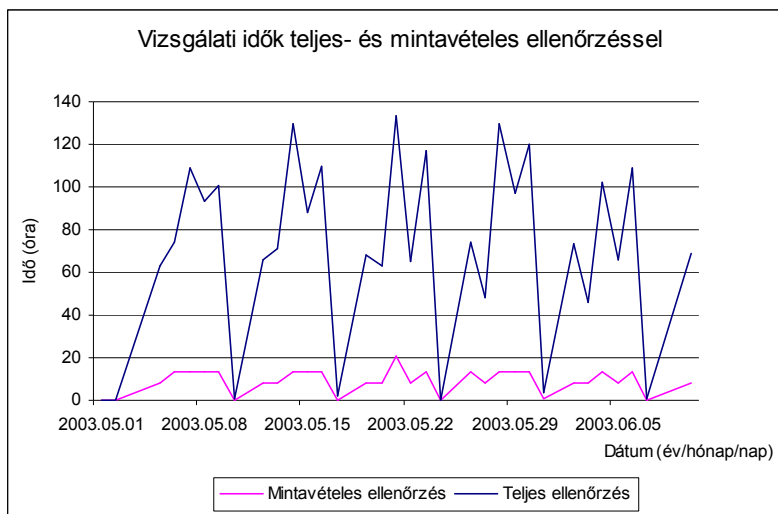
Kulcsjel	Minta mennyiség, db	0,010		0,015		0,025		0,040		0,065		0,10		0,25		0,40		0,65		1,0		1,5	
		Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
A	2																						
B	3																						
C	5																						
D	8																						
E	13																						
F	20																						
G	32																						
H	50																						
J	80																						
K	125																						
L	200																						
M	315																						
N	500																						
P	800																						
Q	1250																						
R	2000																						

14. ábra: Egyszeres tervtípus normális vizsgálatra

Nem tudjuk, hogy ha nem az összes tételt vizsgáltuk volna meg, akkor hány hibát találtunk volna (0-18 között bármi lehetséges), mivel azonban a minta az eredeti alapsokaság eloszlását mutatja (ha reprezentatív a mintavétel), interpolálva kiszámítottam, hogy az 500 kartonos mintában hány hibás karton lett volna: 0,771, azaz kb. 1 rossz kartont találtunk volna benne. Mivel $1 < A_c$, ezért a tételt átengedjük.

Megspóroltunk volna ebben az esetben 11664-500 azaz 11164 karton ellenőrzését, és kb. 96%-os biztonsággal állíthatjuk, hogy az átengedett tételben a hibás kartonok aránya nem haladja meg a case-fill-ben meghatározott értéket.

Megvizsgáltam egy hosszabb időszakra, hogy mekkora időbeli megtakarítást érhetünk el, ha a teljes ellenőrzés helyett a mintavételest választjuk (15. ábra).



15. ábra: Vizsgálati idők teljes- és mintavételes ellenőrzésnél (2003. 05.01.-06.10.)

A fenti adatok igen kecsegtetőek, főleg ha olyannyira egyszerűsíthető a szabvány táblázatainak használata, hogy a bemeneti adatok betáplálásával bárki másodpercek alatt megkaphatja mekkora a vizsgálandó minta mennyisége, valamint az elfogadási és visszautasítási határszám. Ezt Excel programmal oldottam meg a következő, egyszerűen kezelhető munkafelülettel (16. ábra):

STATISZTIKAI ÁTVÉTELI ELLENŐRZÉS
ISO 2859 szabvány alapján

A szállítmány nagysága:	11664	pal, RE	N	kulcsjel
Vizsgálat szintje:	III.			
Vizsgálat típusa:	Normál			
AQL:	0,15	% Hibák száma		
Vizsgálandó mennyiség:	500	pal, RE	Elfogadásnál 2	Elutasításnál 3

AQL - A legrosszabb elfogadható folyamat átlagot jelző minőségszint, aminek az elfogadása azonban igen nagy valószínűséggel bekövetkezik

Szigorított vizsgálat - Akkor kell alkalmazni, ha a folyamat tényleges átlagos minőségszintje rosszabb, mint az előre meghatározott AQL (ld. áttérési szabályok)

Enyhített vizsgálat - Akkor kell alkalmazni, ha a folyamat tényleges átlagos minőségszintje jobb, mint az előre meghatározott AQL (ld. áttérési szabályok)

Vizsgálat szintje: Normál esetben a II. szintet kell alkalmazni. Az I. szint használandó (enyhébb vizsgálat), ha alacsonyabb szintű megkülönböztetés is elegendő, III. szint használandó, ha a követelményeknek meg nem felelő tétel átvétele nagy veszteségeket okozna (szigorúbb vizsgálat)

16. ábra: Statisztikai átvételi ellenőrzés program Excelben

Vannak olyan tényezők azonban, amik a statisztikai mintavételes ellenőrzés alkalmazhatóságát megkérdőjelezzik a kiszállítás előtti ellenőrzésnél az általam vizsgált esetben.

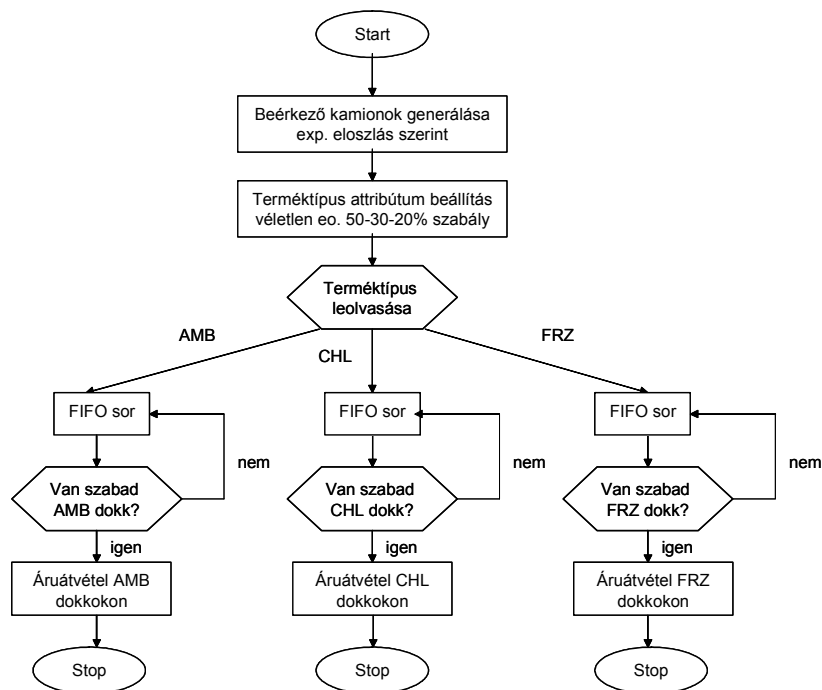
Az egyik legfőbb kérdés az, hogy a nyereségek fejében elfogadtatható-e a vevővel az a kockázatnövekedés, amit a nem teljes ellenőrzés okoz. Az általam vizsgált logisztikai központban erre a kérdésre a válasz egyértelműen nem. Ez abból is látható, hogy az általuk elvárt a case-fill teljesítménymutató a vizsgálataimat követő években meghaladta a 99,9%-ot, tehát nemhogy a kockázat növekedését elfogadnák, ellenkezőleg, a mutató szigorításával még nagyobb biztonságot követelnek. Ha a case-fill magas, akkor az AQL meglehetősen alacsony. A mintavételes ellenőrzés hatékonysága –azaz annak a mértéke, hogyan tudunk a jó és rossz tételek között különbséget tenni- a mintavételi terv paramétereitől függ (n , Ac). Az átvételi jelleggörbe egyre meredekebb lesz nagyobb mintaszám és kisebb Ac esetén. Ideális jelleggörbét 100%-os vizsgálattal kaphatunk. Ha hatékony megkülönböztető képességet akarunk biztosítani, akkor szigorított vizsgálatot kell végeznünk, amely a legnagyobb mintaelemszámot igényli.

A következő kardinális kérdés ezek után rögtön az, hogy vajon tudunk-e olyan egynemű, homogén mintavételi alapot biztosítani, amiből nagy elemszámú mintát ki lehet venni elemzésre. Különböző mintavételi alapokat választhatunk, ha figyelembe vesszük a műszakokat, hőmérsékleti szektorokat, az összekészített egész- vagy komissió raklapokat, a szállítmányokat vagy vevőket. Kulcsfontosságú azonban, hogy az ellenőrzésre kiválasztott tételek olyan raklapokat kell hogy tartalmazzanak, amelyeket hasonló körülmények között, hasonló folyamat során, hasonló eszközökkel készítettek össze. Az általam vizsgált raktárban azonban az összekészítés kétféle módszerrel zajlik, ezek pedig nem kezelhetők egységes mintavételi alapként, így sok esetben már ez is megghiúsítaná a statisztikai mintavételes ellenőrzés alkalmazhatóságát a raktárban. Ennek ellenére sok esetben –sajnos nem mindig- lehet találni olyan homogén mintavételi alapot, amivel a vizsgálatot el lehet végezni.

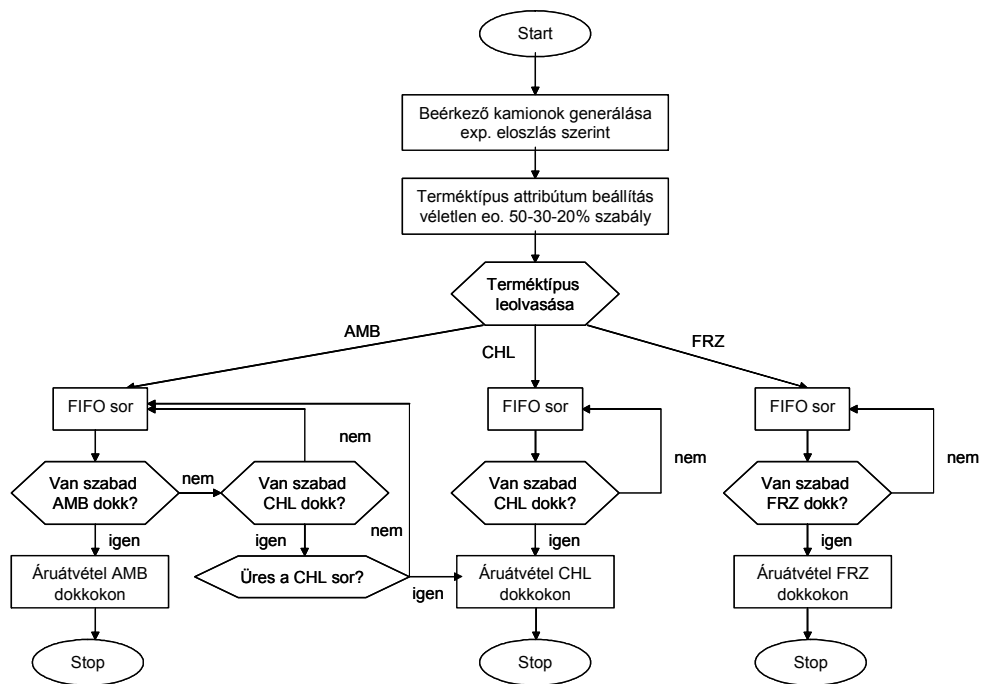
Ha sikerül megfelelő mintavételi alapot biztosítani, még egy probléma továbbra is megmarad, mégpedig az, hogy ha nagyobb elemszámú mintát vizsgálunk, nem tarthatjuk vissza az egész tételt addig, amíg a minta vizsgálata befejeződik, mert a kimenő kamionok folyamatosan szállítják az árut a vevőkhöz, rögtön, ahogy egy szállítmány elkészül.

5.2 Sorállási modell

A sorállási modell két scenáriójának blokkdiagramját a 17. és 18. ábrák mutatják.



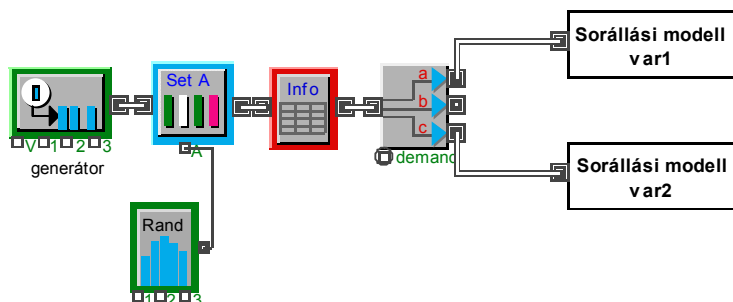
17. ábra: Sorállási modell átirányítás nélküli verziója (var1)



18. ábra: Sorállási modell átirányításos verziója (var2)

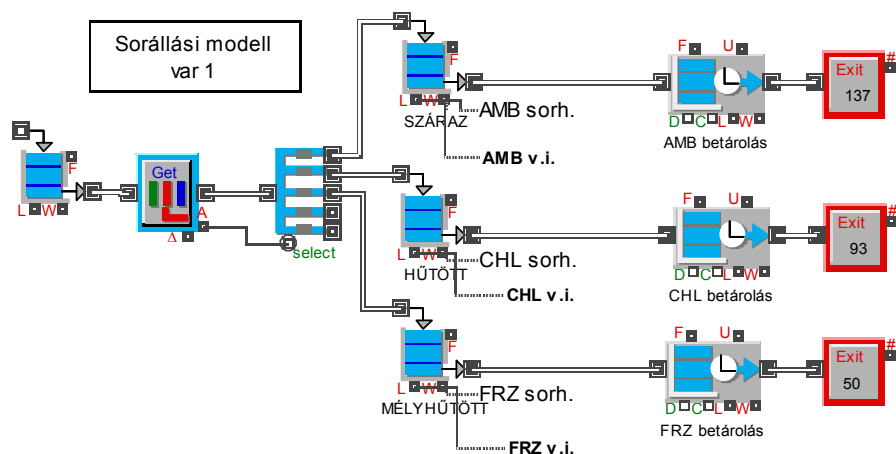
EXTEND MODELL

A fenti diagramokhoz hasonló a szimulációs szoftverrel felépített modell is. A modell blokkokból áll, maguk a számítások ezekben a blokkokban történnek. Ahogy az ábrákból látható, a két scenárió a terméktípus leolvasásáig megegyezik, ezért a szimulációs modell csak itt válik ketté (19. ábra).

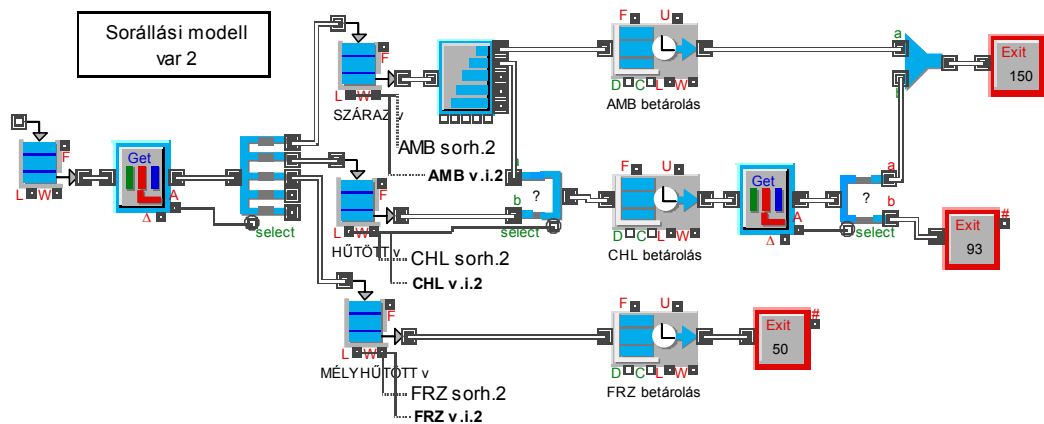


19. ábra: Sorállási modell két scenáriójának közös elemei

A Sorállási modell var1 és Sorállási modell var2 blokkok un. hierarchikus blokkok, amiket kibontva látható a két verzió részletes felépítése (20. és 21. ábrák). A generátor blokk generálja a bejövő kamionokat, a SetA blokk pedig beállítja a megadott szabály alapján a terméktípus attribútumokat (jellemzőket). Ezután a modell megduplázza a kamionokat úgy, hogy minden attribútumuk megmaradjon, és így mennek tovább a hierarchikus blokkokba. A modell a két verzió számításait párhuzamosan egyidőben végzi, így az eredmények azonnal összehasonlíthatók.



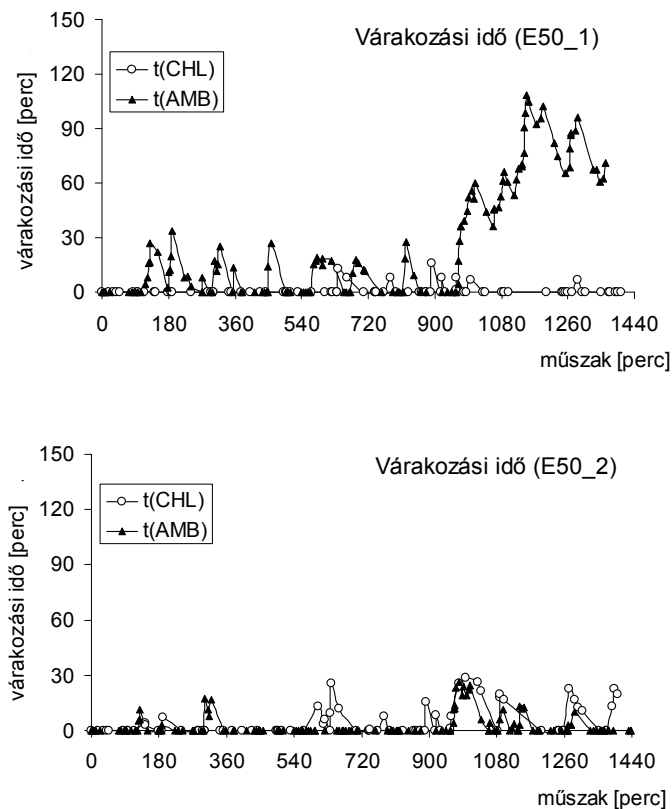
20. ábra: Sorállási modell var1 alfolyamata (sorh.=sorhossz, v.i.=várakozási idő)



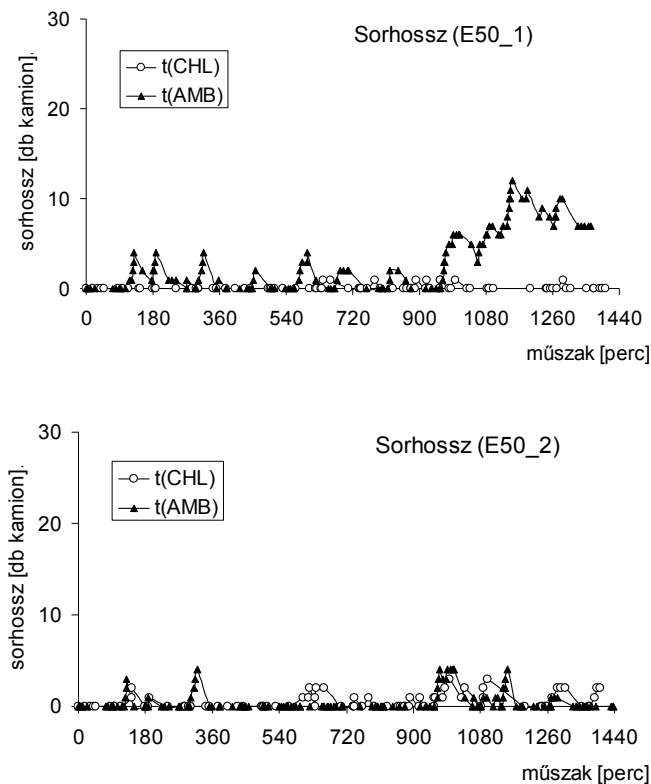
21. ábra: Sorállási modell var2 alfolyamata (sorh.=sorhossz, v.i.=várakozási idő)

A modell számítja az átlagos és maximális sorhosszt és várakozási időt, a parkoló és a dokkok kihasználtságát és számolja a dokkokat elhagyó kamionokat.

Az első futtatás részletes eredményeit a 22. és 23. ábrák, az összes futtatás eredményeinek összefoglalását pedig a 4. táblázat tartalmazza.



22. ábra: Sorállási modell első futásának várakozási idő eredményei, var1 (E50_1) és var2 (E50_2)



23. ábra: Sorállási modell első futásának sorhossz eredményei, var1 (E50_1) és var2 (E50_2)

4. táblázat: Numerikus eredmények a Sorállási modell két verziójának futtatásaiból (1-4. futások)

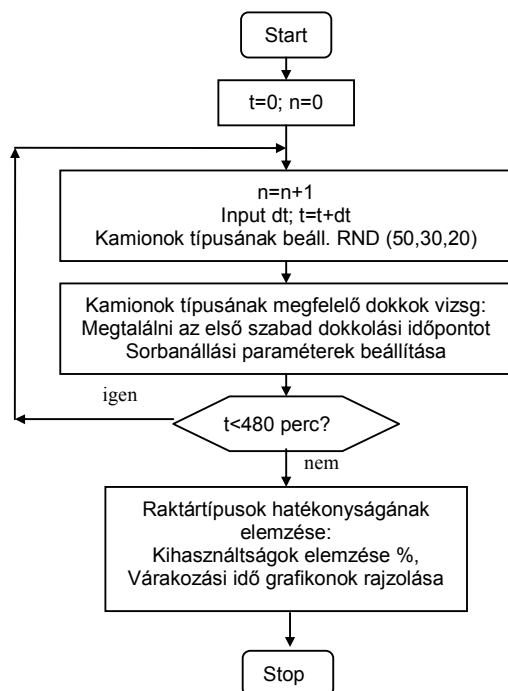
Futás	Kamion	AMB	CHL	FRZ	Összes	Kihaszn(AC)%
1	érkezett	136	84	44	264	
	Betár. v1	125	82	44	251	94%
	Betár. v2	132	81	44	257	97%
2	érkezett	143	89	48	280	
	Betár. v1	137	88	47	272	97%
	Betár. v2	138	87	47	272	97%
3	érkezett	147	93	48	288	
	Betár. v1	138	92	48	278	96%
	Betár. v2	143	92	48	283	98%
4	érkezett	156	94	53	303	
	Betár. v1	137	93	50	280	92%
	Betár. v2	150	93	50	293	97%

Bár a megadott adatok alapján elméletileg nem triviális, hogy a második változatnál jobb eredményt érünk el, az eredményekből látható, hogy jelentős különbség van a kamionok várakozási ideje és a sorhossz tekintetében, ha a szárazárut szállító kamionokat a hűtött dokkokon is leszedhetik. A modell első verziójánál a sorhossz és a várakozási idő a szimulációs idő utolsó harmadában elkezdt növekedni, és a 24 órás műszak végére a sorban

maradnak kamionok, amik nem lettek kiszolgálva. A dokkok kihasználtsága a második verziónál kiegyenlítődik, az átlagos és maximális várakozási idő szintén csökkent.

ALMÁSY MODELL

Az Almásy modell blokkdiagramját a 24. ábra mutatja.



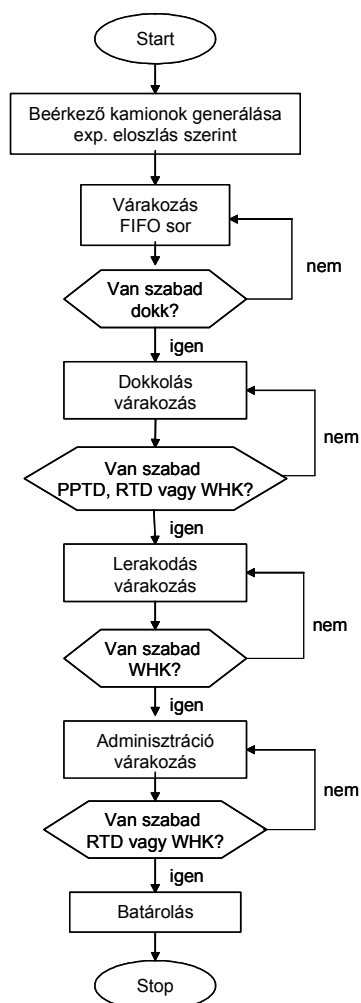
24. ábra: Blokkdiagram az Almásy-féle sorállási modellhez

Ha az Almásy modellel egynél több 24 órás műszakot akarunk szimulálni, a k -ik műszak megkezdése előtt ($k>1$), miután az idő változót visszaállítottuk $t=0$ -ra, az „ n ” változót inicializálnunk kell, számításba véve az előző műszakból megmaradt kamionokat. Ezt úgy tehetjük meg, hogy a második 24 órás műszaktól kezdődően az „érkező” környezet definiálásához az exponenciális és véletlen eloszlással érkező (AMB, CHL, FRZ) kamionok idő-vektorán kívül figyelembe vesszük az adott műszakra vonatkozó kezdeti feltételt, amelyben minden dokkra meg van adva a maradék kamionok száma a várakozási idő vektorukkal, és a CHL dokkok esetén a 2. verziónál a CHL/AMB típusokkal egyetemben.

Az Almásy modell esetén a grafikonok és a numerikus eredmények teljesen megegyeznek az Extend modellnél kalkulált eredményekkel (22. és 23. ábrák, illetve 4. táblázat). Mind a kétfajta megközelítés ugyanazt az eredményt adja.

5.3 Erőforrás modell

Az erőforrás modell blokkdiagramját a 25. ábra mutatja.



25. ábra: Erőforrás modell blokkdiagramja

Az exponenciális beérkezési időközökkel generált kamionok beérkezési időpontjai megegyeznek a sorállási modell első futtatásakor generált időpontokkal, hogy a két modell kimenete is összehasonlítható legyen.

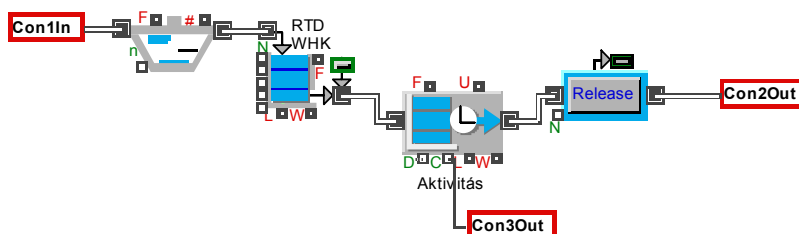
A modell három alfolyamatból áll, ezek a lerakodás, adminisztráció és betárolás. Ezek mindegyike feltételezi az előző folyamat befejezését, az új kamion dokkra állása pedig csak abban az esetben lehetséges, ha az összes raklap betárolása megtörtént, és az összekészítő terület kiürült.

A raktárosok, magasemelő targoncások és gyalogvezérlésű targoncások rugalmas műszakokban dolgoznak. A 24 órás műszak alatt –a felfutási periódus után– a dolgozók száma széles határok között ingadozhat.

EXTEND MODELL

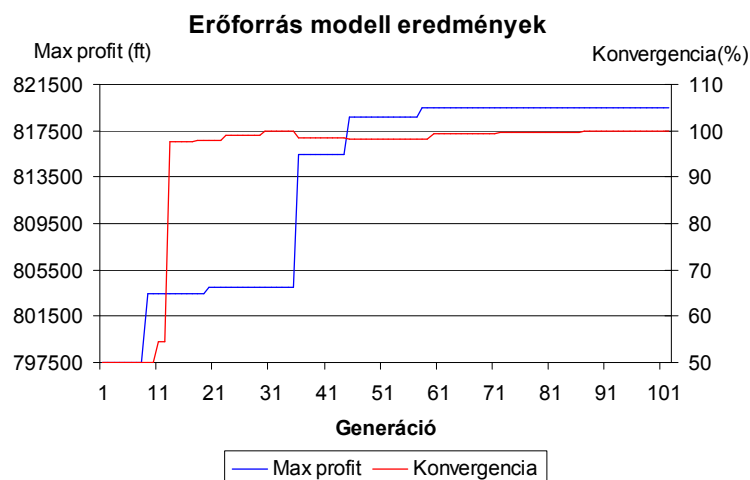
A 26. ábra mutatja az erőforrás modell Extendben megépített, kibontatlan változatát, ahol négy hierarchikus blokk van: Dokkolás, Rakl.leszedés, Admin. és Rakl.bevét. A modell tetején láthatók az ún. erőforrás medencék, ahonnan a modell gazdálkodik. Innen 'veszi ki' a rendelkezésre álló erőforrást, majd a 'felhasználás végén' ide 'teszi vissza'.

egységnél, azaz egy raklap elpakolásánál. Ezzel a módszerrel biztosítható az, hogy a 90 perces leszedési idő, ami akkor merül fel ha egy ember szedi le a kamionról az összes raklapot rögtön csak 45 perc lesz, ha két dolgozó végzi, vagy 30 perc, ha három.



28. ábra: Erőforrás modell 'Rakl.bevét.' alfolyamata

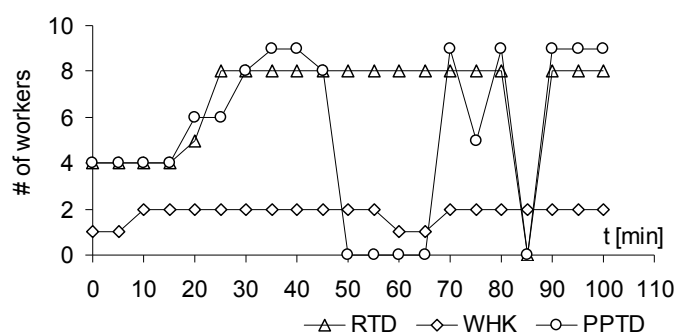
Az Extend szoftver egy Optimalizáló blokk beépítésével alkalmas magának az optimalizálásnak az elvégzésére is. Természetesen a blokk beállításai között meg kell adni azokat a paramétereket, amikkel számol a program, valamint a célfüggvényt, ami alapján az optimalizálást végzi, ezen kívül a korlátok szintén beállíthatók. Maga az optimalizáló algoritmus a felhasználó számára nem ismert. Be kell állítani, hogy a program milyen kritérium alapján állítsa le az optimalizálási folyamatot. Az én beállításom szerint a konvergenciát minden 100 vizsgálat után ellenőrzi, és akkor szakítja meg a folyamatot, ha a legjobb és legrosszabb érték 0,99 között van (99%). Az optimumot a program 99%-os konvergencia szint mellett a következő értékeknél találta: WHK=2, RTD=11 és PPTD=11. A MaxProfit érték és a konvergencia alakulását a 29. ábra mutatja.



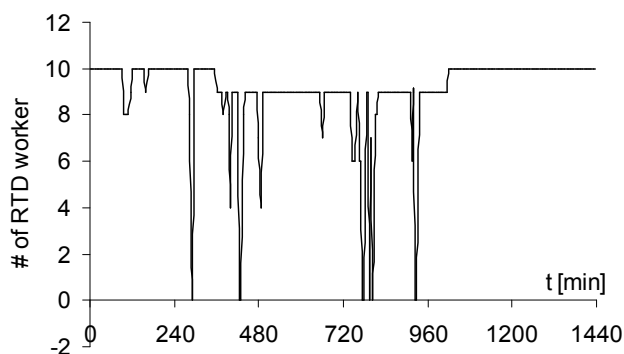
29. ábra: Erőforrás modell eredménye Extend szoftverrel

ALMÁSY MODELL

Az Almásy-féle erőforrás modellnél az Extendben kapott eredmények mellett más adatokat is elemezhetünk. A 30. ábra mutatja az emberi erőforrás ütemezés átmeneti szakaszát, a 31. ábra pedig az aktív magasemelő targoncások számát mutatja az adott pillanatban az állandósult állapot beállása után. A 31. ábráról látszik, hogy 9 vagy 10 fő mindenképpen kell, hiszen a szükséglet csak egy-egy pillanatra esik le alacsonyabb értékre. Az átlagos áruátvételi idő 44,7 perc volt az érkező 135 kamion esetén.



30. ábra: Emberi erőforrás ütemezés átmeneti szakasza (erőforrás modell)



31. ábra: Aktív magasemelő targoncások száma (erőforrás modell)

A 5. táblázatban összehasonlítottam az Extend és Almásy modellek eredményeit. A legnagyobb *Max profit* érték az Almásy-féle modellhez tartozott.

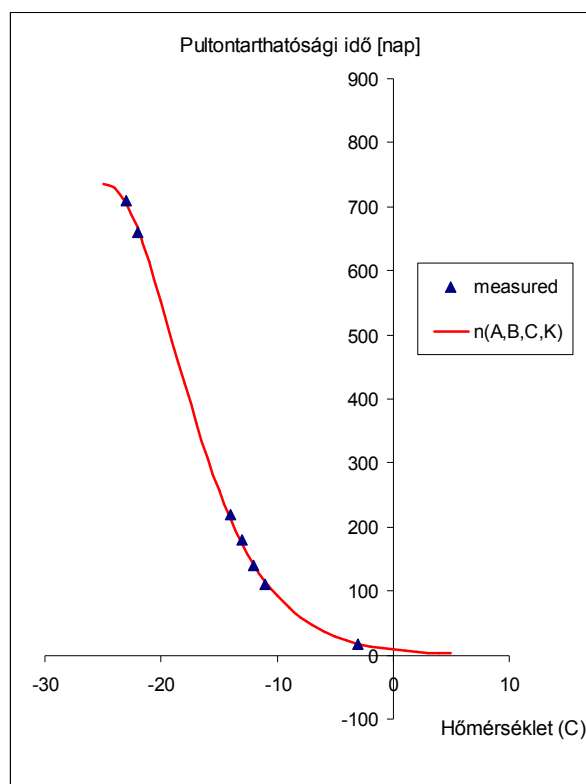
5. táblázat: Az Almásy és Extend modell eredményei

	érkezett (#kamion)	átvett (#kamion)	WHK (fő)	RTD (fő)	PPTD (fő)	MaxProfit (Ft)
Almásy	135	135	2	9,5	9	858 340
Extend	135	133	2	11	11	819 500

Az 5. táblázatnál látható, hogy a magasemelő targoncások számát az Almásy modellnél 9,5-nek állapítottam meg. Ez csak akkor lehetséges, ha a szimuláció során megengedünk 4 órás műszakokat is. Ha csak az Extendnél is alkalmazott 8 órás műszakok megengedettek, akkor itt az érték 10-re változik. A másik fontos eltérés, hogy az átvett kamionokhoz számította az Almásy modell azokat a kocsikat is, amik a 8 órás műszak végén érkeztek és már bedokkoltak, míg ezt az Extend már a következő napi ciklushoz tette. Ha ezeket az értékeket egységesítjük (133 átvett kamion, csak 8 órás műszak), akkor is azt kapjuk, hogy az Almásy modell hatékonyabban oldotta meg ezt a feladatot (Almásy-féle korrigált MaxProfit= 839500 Ft).

5.4 Ellátási lánc modell

A modell elkészítéséhez alapvető feltétel volt egy olyan közelítő függvény kiválasztása, amely a mért adatok alapján jó pontossággal megadja bármilyen (a modell értelmezési tartományához tartozó) hőmérsékleten a pultontarthatósági időt. Ennek alapjául Guadagni mérési pontjait használtam. A közelítő függvény kiválasztását legkisebb négyzetek módszerével, feltételes szélsőérték kereséssel végeztem, feltételekként a függvény szigorú monotonitását, és a végtelenben vett zérus határértékét vettem figyelembe. Az illesztett görbét a 32. ábra mutatja.



32. ábra: Pultontarthatósági idő (shelf-life) görbe

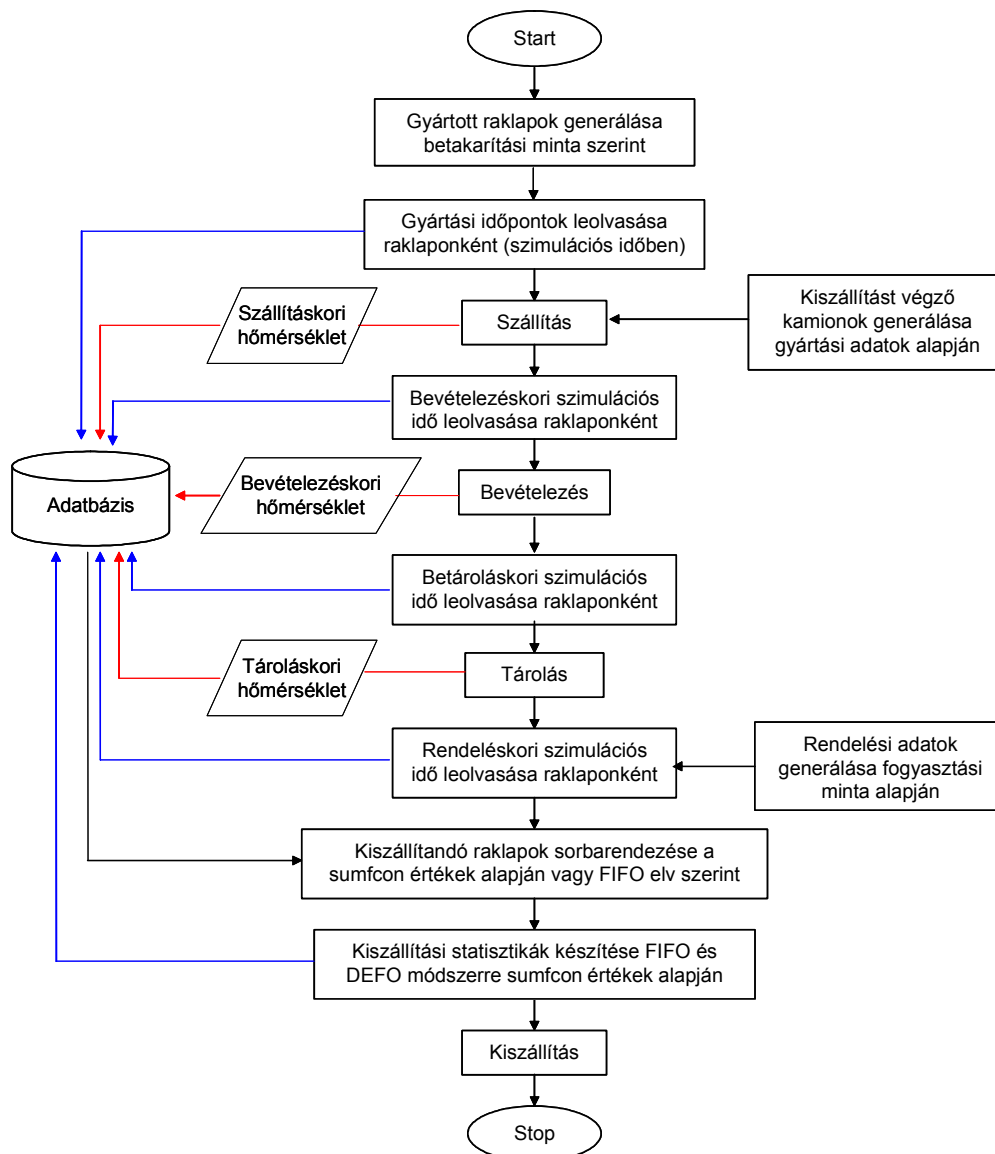
A függvény-család, amelyre a feltételes szélsőérték keresést végrehajtottam, az exponenciális tényezővel biztosította a végtelenbe vett határértékre vonatkozó feltétel teljesítését, a polinomiális tényezővel pedig a szigorú monotonitást:

$$\theta(T) = (A T^2 + B T + C) e^{kT}$$

A Guadagni mérési pontjait tartalmazó adatsorra az illesztett függvény paraméterei az alábbiak voltak ($R^2=0.9996$):

$$\begin{aligned} A &= 0,01026; & C &= 8,32861; \\ B &= 0,58124; & k &= -0,326454. \end{aligned}$$

Az ellátási lánc modell blokkdiagramját a 33. ábra mutatja. Az időre vonatkozó adatok központi adatbázisba kerülésének módját kék, a hőmérsékletre vonatkozó adatokat pedig piros nyíllal jelöltem. Az adatbázisban történik a $\sum f_{con}$ értékek számítása, amit aztán a modell a megfelelő helyen fel is használ.



33. ábra: Ellátási lánc modell blokkdiagramja

Az ellátási lánc modellt csak az ipari környezetben jobban használható szimulációs szoftverrel építettem fel, hiszen az előző eredményekből bebizonyosodott, hogy az általam használt szoftver ilyen feladatokra megfelelően alkalmazható, kellő pontosságú adatokat szolgáltat.

Két modellt építettem, hiszen a feladat itt is szcenárió analízis végrehajtása volt. A két modell csupán abban különbözik, hogy a „Tárolás” nevű hierarchikus blokkban lévő sor blokk milyen rendezési elv alapján engedi ki rendelés esetén a raktárban lévő raklapokat. Az egyik

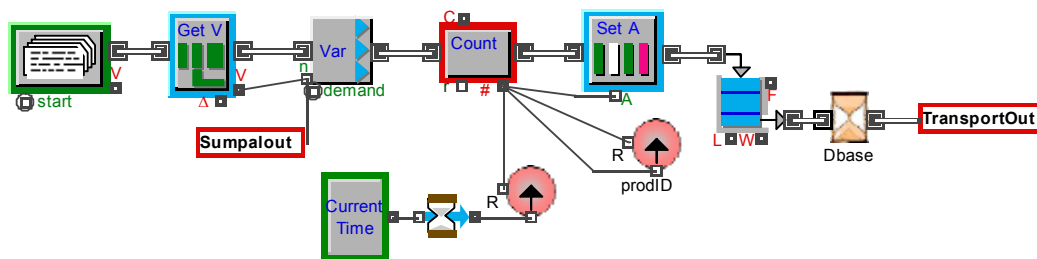
modellben a FIFO sor blokk van beépítve, míg a másik modell a $\sum f_{con}$ értékek alapján rangsorol és a legterheltebb raklapokat engedi először ki.

A modell felépítése igen bonyolult, a megfelelő áttekinthetőség kedvéért itt sok hierarchikus blokkot használtam (34. ábra). Az adatbázis műveleteket végző szintén hierarchikus blokkok (Dbase, öreg, Fcon, LastT) pedig az egyes alfolyamatokon belül találhatók, ezek adják az alfolyamatok további alfolyamatait. A modell három szintű.



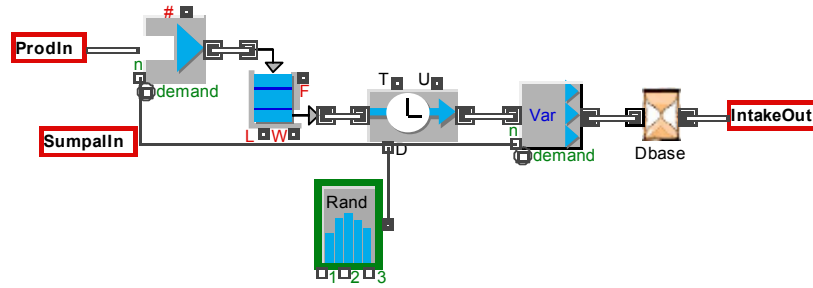
34. ábra: Ellátási lánc modell hierarchikus változata

A hierarchikus blokkok kibontását a 35.-38. ábráig mutatom be. A gyártás alfolyamat a beállított program szerinti ütemezéssel „nyomja be” a szimulációba a kamionokat, amik raklapjait paraméterezi. Az adatbázis blokkon belüli műveletek biztosítják, hogy a részfolyamat kezdeti és végállapotát jelző szimulációs időpecsétek különbségéből, és a beállított hőmérsékletekből megkapjuk a gyártásra jellemző f_{con} értéket, amiket az adatbázis tárol.



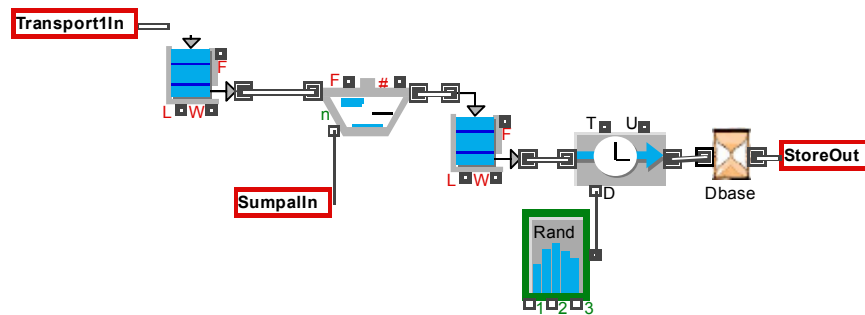
35. ábra: Ellátási lánc modell gyártás alfolyamata

A szállítás alfolyamat ezután ismét visszacsomagolja a kibontott raklapokat, hiszen ezek együtt kerülnek kiszállításra. Itt kell beállítani a szállítási paramétereket. Az adatbázis blokk itt a szállításra jellemző f_{con} értékeket számolja, amiket rögzít az adatbázisban.



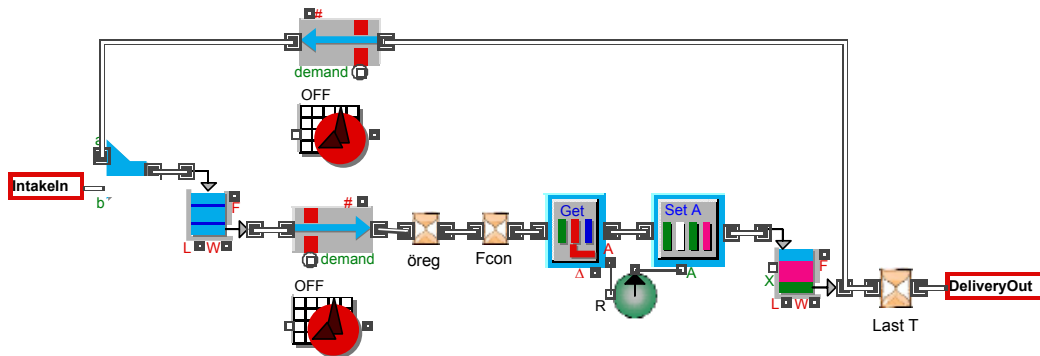
36. ábra: Ellátási lánc modell szállítás alfolyamata

A bevételezés alfolyamat ezután szétbontja az egységeket, mivel ezen túl már raklapszinten történnek a műveletek. A paramétereket beállítva a modellrész számítja és rögzíti a bevételezésre jellemző f_{con} értékeket.



37. ábra: Ellátási lánc modell bevételezés alfolyamata

A legbonyolultabb a tárolási folyamat. Ez hasonló a FIFO és DEFO rendezési el esetén, amit a sor blokkok végeznek, természetesen más-más paraméterek alapján. A modell naponta végez készlet „örégítést” és a $\sum f_{con}$ értékeket kiszámítását, hogy amikor a rendelést megkapja, az aktuális adatok alapján rendezhesse kiszállításra a raklapokat. A végső időpecsét a tárolási szakasz végét jelöli, amiből a végleges $\sum f_{con}$ értékeket számítjuk, ezeket rögzítjük is az adatbázisban.



38. ábra: Ellátási lánc modell FIFO és DEFO tárolás alfolyamata

A rendelések alfolyamat a megfelelő ütemezés szerint „húzza ki” a szimulációból a raklapokat, a folyamat végét pedig a kiszállítás alfolyamat jelenti. Az ezekből nyert adatokkal a modell tovább már nem számol.

A modellel végzett kísérletekben három fajta beállítást vizsgáltam. Az elsőt négy sorozatban a normál operációra jellemző beállításokkal és környezeti paraméterekkel futtattam, a másodikat szintén négy sorozatban olyan beállítással, ami a szabályok szerint még a tűrésbe belefér, a harmadiknál ugyancsak négy futtatást végeztem úgy, hogy egy bizonyos paramétert már a tűrés feletti értékre állítottam be.

Az első sorozat vizsgálatakor a következő adatokkal futott a modell:

Szállítás: normál eloszlás, átlag 1 óra, szórás 20 perc, hőmérséklet -18 °C;

Bevételezés: normál eloszlás, átlag 3 perc/raklap (egy személy végzi a bevételezést), szórás 0,5 perc, hőmérséklet 5 °C;

Tárolás: hőmérséklet -20 °C.

A négy futás eredményét a 6. táblázat foglalja össze:

6. táblázat: Ellátási lánc első paraméterezéséből származó eredmények (1-4 futás)

		f_{con}			
		átlag	szórás	min	max
run1	fifo	33,345	15,132	4,883	61,428
	defo	33,345	14,793	6,605	60,295
run2	fifo	33,359	15,116	4,933	61,465
	defo	33,36	14,778	6,653	60,278
run3	fifo	33,351	15,051	4,88	61,389
	defo	33,351	14,735	6,785	60,261
run4	fifo	33,354	15,088	4,918	61,476
	defo	33,354	14,754	6,687	60,251

A második sorozat vizsgálatakor a paraméterekben csak annyit változtattam, hogy a tárolási hőmérsékletet megemelttem -20 °C-ról -18 °C-ra. Tudni akartam, hogy ez milyen változásokat okoz az eredményekben, hiszen elvileg ez is a megengedett hőmérsékleti értéken belül van. A négy futás eredményét a 7. táblázat tartalmazza.

7. táblázat: Ellátási lánc második paraméterezéséből származó eredmények (1-4 futás)

		f_{con}				
		átlag	szórás	min	max	70% felett (db)
run1	fifo	43,034	19,701	6,343	79,503	133
	defo	43,034	19,423	7,968	78,4	130
run2	fifo	43,049	19,685	6,391	79,54	130
	defo	43,049	19,408	7,976	78,409	130
run3	fifo	43,04	19,62	6,337	79,463	129
	defo	43,04	19,359	8,119	78,419	130
run4	fifo	43,043	19,656	6,376	79,541	129
	defo	43,043	19,382	8,008	78,412	130

A harmadik sorozat vizsgálatakor az elsőhöz képest a betároláskori hőmérsékletet változtattam meg csupán 5 °C-ról 15 °C-ra. Sajnos előfordulhat ilyen eset a hűtési rendszer minimális meghibásodása esetén, illetve ismereteim szerint létezik olyan logisztikai központ, ahol az áruk átvétele a szabad ég alatt zajlik, de legalábbis nem temperált körülmények között. Vajon milyen hatása van a felélt pultontarthatósági időre, ha ilyen anomália bekövetkezik? Az eredményeket a 8. táblázat foglalja össze.

8. táblázat: Ellátási lánc harmadik paraméterezéséből származó eredmények (1-4 futás)

		f_{con}				
		átlag	szórás	min	max	70% felett (db)
run1	fifo	53,704	18,971	5,889	102,753	223
	defo	53,742	4,0003	45,807	63,415	0
run2	fifo	53,932	19,839	6,637	101,771	222
	defo	53,98	3,921	46,528	63,601	0
run3	fifo	53,79	19,062	5,797	102,208	214
	defo	53,845	3,893	46,229	63,367	0
run4	fifo	53,839	19,58	6,408	100,337	227
	defo	53,896	3,851	46,431	63,245	0

A 9. táblázatban összefoglalom a vizsgálataiban szerepelt három modell bemeneti adatait és a kapott eredményeket.

9. táblázat: A vizsgált modellek bemeneti adatai és a kapott eredmények

	Sorállási modell	Erőforrás modell	Ellátási lánc modell
Modell típusa	diszkrét, sztochasztikus	diszkrét, sztochasztikus	diszkrét, sztochasztikus
Elemzési mód	szcenárió analízis	optimalizálás	szcenárió analízis
Információ tárolás	attribútum	nincs attribútum	adatbázis
Entitások	kamionok	kamionok, raklapok	kamionok, raklapok
Élelmiszer típus	AMB, CHL és FRZ	AMB	FRZ
Beérkezés	exponenciális eloszlás (várható érték 5 perc)	u.a. mint a sorállási modellnél	betakarítási minta szerint
Kezdő esemény	kamionok érkezése a raktárhoz	kamionok érkezése a raktárhoz	kamionok indulása a fagyasztó üzemből
Záró esemény	betárolás állványba	betárolás állványba	raktárból való kiszállítás
Operációk időszükséglete	Betárolás: 50 perc/kamion	lerakodás: 90, adminisztráció: 15, bevételezés: 90 perc/(kamion/dolgozó)	beszállítás: normál eo, várható érték 1 óra, szórás 20 perc, bevételezés: normál e.o. várható érték. 3 perc/raklap, szórás 0,5 perc
Dokkok száma	5-5-5	5	1
Erőforrás	korlátlan	optimalizálandó	korlátlan
Futás hossza	24 óra	24 óra	1 év
Futások száma	4	konvergencia alapján	4
Célfüggvény	nincs	van	nincs
Eredmények	dokk %-os kihasználtság (var1-var2): 1. sorozat: 94-97; 2. sorozat: 97-97; 3. sorozat: 96-98; 4. sorozat: 92-97	Extend: WHK 2, RTD: 11, PPTD: 11, MaxProfit=819.500; Almásy: WHK: 2, RTD: 9,5, PPTD: 9, MaxProfit: 858.340	1. sorozat: f_{con} várható érték ~33%, szórás: ~15%; 2. sorozat: f_{con} várható érték ~43%, szórás: ~19% (FIFO és DEFO is); 3. sorozat: f_{con} várható érték ~54%, szórás: FIFO ~19% DEFO ~4%

A modellek megépítésekor és vizsgálatokor alapvetően szabályozott folyamatokat vettem alapul, amikben a véletlenszerűséget különféle eloszlásokkal jelenítettem meg. Nem vizsgáltam olyan eseteket, hogy például hogyan fut le egy nem várt kényszerszünet a szolgáltatásban, hogyan lehet megoldani, ha valamelyik erőforrás kifogy, mi történik, ha a rossz időjárás vagy közlekedési káosz miatt a kocsik nem az előre várt minta szerint érkeznek stb. Ezeket a vizsgálatokat a probléma milyenségétől függően akár az általam épített modellekkel is el lehetne végezni, azok átparaméterezésével. A való életben sajnos ilyen

esetek gyakran előfordulnak és érdemes is tanulmányozásukkal részletesebben foglalkozni, azonban ebben a dolgozatban ezek vizsgálatát én nem tűztem ki célul.

6. KÖVETKEZTETÉSEK

Mintavételes ellenőrzés

A kiszállítás előtti totális ellenőrzés kiváltása statisztikai mintavételes ellenőrzéssel az általam vizsgált központban nem alkalmazható, mivel olyan szigorú a vevővel közösen meghatározott case-fill mutató, hogy az ebből számított rendkívül kicsi AQL értéknél csak nagy mintanagysággal biztosíthatnánk a mintavételi terv megfelelő megkülönböztető képességét a jó és rossz tételek között. Ebben az esetben pedig egyrészt nem feltétlenül biztosítható a minta homogenitása, másrészt nem tartható vissza a teljes tétel az elemzés végéig. Hogy elkerüljük ezeket a problémákat, a mintavételi politikánk megváltoztatását kell inkább vizsgálni. Az új módszer a vevői reklamációk teljes körű statisztikai kiértékelése, először a fent részletezett minőségellenőrzés mellett. Ha megfontoljuk azt a tényt, hogy a minta modellben az alternatív jellemzők Poisson eloszlásúak, ahol p , a selejtes termékek aránya közelít a nullához, n pedig, a mintanagyság a végtelenhez tart, nyilvánvaló, hogy a vevői reklamációk teljes körű statisztikai elemzése lecsökkentené a mintanagyságot az AOQL, AQL és LTPD szintjére.

Az általam vizsgált logisztikai központban alkalmas lehet a statisztikai mintavétel módszere önmagában is a beszállított termékek bevételezés előtti ellenőrzésére, amit jelenleg szűrőpróbaszerű mintavétellel végeznek.

Más logisztikai központokban szintén alkalmas lehet a módszer a kiszállítás előtti ellenőrzésre, hiszen az ellenőrzési időben legalább 80% megtakarítást lehet elérni vele. Fontos azonban, hogy vagy ne legyen ilyen magasan megállapított case-fill mutató - ezáltal kisebb mintavételi alap is elég lehet - vagy az összekészítés módszere - esetleg a kiszállítási paraméterek is - különbözzenek az általam vizsgált logisztikai központétól.

Logisztikai folyamatszimuláció

Az általam vizsgált logisztikai központ folyamatainak elemzését mind a sorállási, mind az erőforrás modellek esetén kétféleképpen végeztem. Az egyik eszközöm egy kereskedelmi forgalomban kapható, bárki által hozzáférhető szimulációs szoftver volt, a másik pedig egy csak az adott probléma szintjéhez feltétlenül szükséges numerikus közelítéseket tartalmazó Matlab-ra ill. Visual Basic for Excel nyelven írt program.

A vizsgálatokra olyan folyamatokat választottam, amelyeknél az időben állandósult állapot már beállt. A „felfutási”, vagy a zavarás miatti átmeneti szakaszbeli viselkedések vizsgálatát –

bár az Extend és az Almásy modellek egyaránt alkalmassá tehetők ezekre is – dolgozatomban nem tűztem ki célul, ezek a jövőben további kutatások alapjául szolgálhatnak.

Megállapításom szerint a szimulációs technika alkalmas döntéstámogató eszköznek az élelmiszerlogisztikában a döntési bizonytalanság csökkentésére például sorállási problémák megoldása esetén. A sorállási modell esetén a megadott adatok alapján elméletileg nem triviális, hogy az átirányításos változatnál jobb eredményt érünk el, ezt az ilyen döntéseket naponta meghozó raktárosok sem láthatják előre. Egy-egy rossz döntés következményeivel gyakran találkozhatunk, amikor látjuk a parkolókban feltorlódott kiszolgálásra váró kamionokat. A szimulációs eredményekből azonban látható, hogy jelentős különbség van a kamionok várakozási ideje és a sorhossz tekintetében, ha a szárazárut szállító kamionokat a hűtött dokkokon is leszedhetik. Ellenkező esetben a sorhossz és a várakozási idő a szimulációs idő utolsó harmadában elkezdett növekedni, és a 24 órás műszak végére a sorban maradtak kamionok, amelyeket nem tudtak kiszolgálni. Ez egyben arra a célkitűzésben feltett kérdésre is megadja a választ, hogy tud-e a vezető az operációs hatékonyság figyelembevétele mellett környezettudatos döntést hozni a szoftver segítségével. Láthatjuk, hogy a folyamat modelljének lefuttatása erről is hasznos információt ad a döntéshozónak.

A sorállási modellnél a szoftver rendkívül hatékonyan adta meg ugyanazt az eredményt, amit a saját program, nem lehet azonban ugyanezt elmondani az erőforrás optimalizálás esetén. Itt többszöri próbálkozásra sem adott a szimulációs szoftver olyan jó eredményt, amit a saját program, a beépített optimalizáló blokk legtöbbször csak lokális maximumokat talált. Ennek ellenére viszont azt állapítottam meg, hogy a szoftver nagyon hatékonyan végzi a szcenárió analízist, érzékenységvizsgálatot, vagy Monte-Carlo szimulációt.

A kapott eredmények általánosításaként levonhatjuk azt a következtetést, hogy bármilyen sorbanállási feladatot hatékonyan tud megoldani az általam választott szoftver. Az általánosítás független attól, hogy a logisztikai központban raklapszintű, vagy kartonszintű a nyomonkövetés, hiszen a szimulációs szoftver bármilyen attribútumokkal ellátott entitásokat ugyanúgy tud kezelni.

Az erőforrás optimalizálásnál kapott eredmények általánosíthatók más optimalizálási feladatokra is, viszont nem általánosíthatók más szimulációs szoftverekre, hiszen azok optimalizáló algoritmusa esetleg máshogy működik. Ebben a dolgozatban más szimulációs szoftver tanulmányozását nem tűztem ki célul, bár ez is érdekes kutatási téma lehet a jövőben.

Természetesen a modelljeimmel (sorállási, erőforrás modellek) kapott számszerű eredmények csak olyan logisztikai központok esetén igazak, ahol mind a folyamatok, mind azok paraméterei megegyeznek az általam vizsgált központéval. Ahol a paraméterek eltérőek, ott csupán ugyanezen modellek átparaméterezése és újbóli futtatása szükséges az eredmények számszerűsítéséhez, ahol pedig a bevételezési folyamat is teljesen máshogy történik, ott a korábban leírt módon a folyamattérképezést, az adatgyűjtést, a modellépítést és a többi lépést is újra el kell végezni a futtatások előtt.

A kapott eredmények pontossága, illetve a célnak való megfelelése függ attól, hogy mennyire szabályozottak a logisztikai központ folyamatai, a feltett kérdések megválaszolásához rendelkezésre állnak-e megbízható adatok és információk, mennyire pontosan tudják a vizsgálandó folyamatot a szimulációs modellek nyelvére lefordítani, és mennyire tudják a kapott eredmények alapján az alapkérdést megválaszolni.

Ellátási lánc szimuláció

A fentiekben megállapított okok miatt az ellátási lánc modellt csak az ipari környezetben jobban használható szimulációs szoftverrel építettem fel. A modell a gyorsfagyasztott szármóca útját követi végig a gyártástól a logisztikai központból történő kiszállításig. Alapja egy központi adatbázis, ahol a Guadagni által kimért pontokra illesztett függvénnyel a folyamat során a különböző hőmérsékleteken számított felélt pultontarthatósági idők összegződnek.

A felépített modellel három fajta input-adatrendszert vizsgáltam. Az első a normál operációra jellemző. A négy futtatás alapján itt kiszámítottam, hogy a rendelés pillanatáig felélt pultontarthatósági idő átlagban körülbelül 33%, az egyes kiszállított raklapok pedig 4% és 61% közötti értékek voltak. Ebből a vizsgálatból az látszik, hogy a szabályokat betartva gyakorlatilag alig van különbség az eredményekben akkor ha a FIFO vagy ha a DEFO rendezési elvet alkalmazzuk. A $\sum f_{con}$ értékek a kiszállított összes raklapot figyelembe véve 33011 és 33026 között voltak mind a FIFO, mind a DEFO módszerrel.

A második paraméterezésnél a tárolásra állítottam be -20 °C helyett -18 °C-ot, ami még a gyártó által megengedett tárolási hőmérsékletet nem lépi át. Az eredmények viszont azt mutatják, hogy a felélt pultontarthatósági idő átlagban körülbelül 43%-ra - azaz mintegy 10%-kal - növekedett, a raklaponkénti eredmények pedig 6% és 79% között mozogtak. Ez igen magas érték, főleg ha számításba vesszük azt is, hogy számos gyártó meghatározza, hogy a

központi raktárból az élettartam utolsó harmadában, vagy ha már a 70%-ot átlépte a termék, nem adható ki. Tehát ezzel a módszerrel ebben az esetben a FIFO szerint 129-133 raklapot, a DEFO szerint pedig 130 raklapot le kellene selejtezni. A FIFO és DEFO módszer között már van különbség, de nem túl jelentős. A $\sum f_{con}$ értékek 42604 és 42618 között voltak.

A harmadik paraméterezésnél azt modelleztem, hogy mi történik, ha az áruk bevételezése 15 °C-on történik. Ebben az esetben igen magas értékeket kapunk, a felélt pultontarthatósági időre, átlagban mintegy 54%-ot. Megdöbbentő a különbség a FIFO és DEFO módszer között. A FIFO a beérkezés sorrendjében kibocsátja a raklapokat, ami azt eredményezi, hogy 5% és 102% között van a felélt pultontarthatósági idő a rendelés pillanatában, vagyis már eleve lejárt termékek is vannak a készletben. A 70% feletti f_{con} értékű raklapok száma 214 és 227 között változott az egyes futtatások során. Ez megdöbbentő eredmény, hiszen ezek azok a tételek, amik biztos hogy kiszállításra kerülnének a ma használatos szabályok mellett. A készlet optimalizálását azonban a DEFO szabállyal ebben az esetben igen hatékonyan el lehet végezni. Ez látszik az átlag körüli szórásokból is, ami a FIFO 19%-a helyett csak mintegy 4%, tehát a szabály szerint az alacsony értékű tételek visszatartásra kerülnek, és a magasabb f_{con} értékű tételeket jelöli ki a rendszer kiszállításra. Ez azt jelenti, hogy a FIFO-ban tapasztalható szélsőséges minimum és maximum helyett csak 45% és 63% között változik ez az érték, ami egyben azt eredményezi, hogy nincs olyan raklap, amit vissza kellene tartani, mert átlépte a 70%-os küszöböt. A $\sum f_{con}$ értékek 53167 és 53392 között voltak.

A DEFO módszer alkalmazása ebben az esetben igen jelentős hasznót hozhat a termék tulajdonosának, ami abban nyilvánul meg, hogy sikerül úgy rendeznie a raklapokat, hogy anélkül hogy a fogyasztó bármit is észrevenne (hiszen ezek a termékek mind a rábélyegzett lejáratú időn belül vannak), az általuk megvásárolt termékek minősége tényleg kifogástalan lenne. Nem fordulhatna elő olyan eset, hogy az otthon frissen kibontott termékek már eleve romlottak.

A DEFO módszer alkalmazásához két feltételnek kell egyszerre teljesülnie, bármilyen termék ellátási láncáról is legyen szó. Az egyik feltétel egy pontosan kimért hőmérséklet-pultontarthatósági idő grafikon/egyenlet, amivel utána a számításokat el lehet végezni. Ez nem kis feladat, hiszen ezek az adatok termékenként, feldolgozási technológiánként és csomagolásonként eltérőek, és minden termékre kimérni költséges és időigényes is egyben. Ráadásul bármilyen kis változás is van a termék összetételben, az előállítás módjában, vagy a csomagolás bármely paraméterében, a méréseket újból el kell végezni. Viszont előny az, hogy

bármilyen fagyasztott termékre kimérhetők ezek az adatok. További kutatások szükségesek azonban ebben a témában több irányban is, például, hogy hogyan változik a görbe, ha különféle rakatképzési technológiákat használnak, illetve például tömbtárolásban milyen korrekciókat kell végezni a tömb szélén vagy közepén elhelyezett kartonok esetén.

A másik feltétele a DEFO módszer alkalmazásának az, hogy az ellátási láncban - ezen belül is kiemelten a logisztikai központban - a szükséges idő és hőmérséklet adatok megbízhatóan pontosak legyenek, és mindig rendelkezésre álljanak (3. *melléklet*). Ez jelentős befektetés olyan központoknál, ahol papír alapú operáció működik, viszont lényegesen kisebb olyan helyeken, ahol a központi raktári nyilvántartó rendszerrel összhangban rádiófrekvenciás terminálok vannak kiépítve. Itt is lényeges azonban a jól definiált operációs folyamatok betartása. Fontos a szállítási idők és hőmérsékletek nyomonkövethetősége is, amit megkönnyítenek a hűtőkamionokra napjainkban már egyre inkább felszerelt elektronikus adatrögzítők, amelyekről az adatok áruátvételnél letölthetők. Ezek az információk azután attribútumként ugyanúgy csatolhatók az egyes raklapokhoz vagy akár kartonokhoz is, mint a többi termékkezeléshez szükséges alapinformáció.

Véleményem szerint tehát hasznos lehet a DEFO módszer alkalmazása, még ha az bonyolultnak is tűnik, illetve nagy befektetést is igényel, hiszen ahogy bemutattam van olyan eset, amikor lényegesen jobb eredményeket érhetünk el vele, mint a hagyományos FIFO vagy FEFO módszerrel. Az adatok összegyűjtése pedig egyben a valódi minőségbiztosítás záloga is.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

PhD munkámban egy Magyarországon működő logisztikai központ folyamatait vizsgáltam. A logisztikai központok az élelmiszerellátási lánc fontos elemei, folyamataik hatékonysága az egész ellátási lánc hatékonyságára döntő befolyással bírnak. Kutatásom az élelmiszer-logisztika három területére terjed ki.

Elsőként azt elemeztem, hogy a statisztikai alapokon nyugvó kiadás előtti ellenőrzés alkalmazható-e az általam vizsgált logisztikai központban. Lehetséges-e a hagyományos 100%-os ellenőrzést ezzel a módszerrel helyettesíteni, így optimalizálni a kiszállítási folyamatot, és csökkenteni a kiszállításra fordított időt? A historikus adatokkal történő elemzés során azt tapasztaltam, hogy az ISO 2859 szabványban definiált módszerrel akár 80%-os megtakarítást is el lehetne érni a kiszállítás előtti végső ellenőrzés idejéből. A mi esetünkben azonban a vevővel közösen meghatározott teljesítménymutató -amiből az AQL értéke kiszámítható- olyan szigorú, hogy csak nagy mintanagysággal biztosítható a jó és rossz tételek közötti megfelelő megkülönböztető képesség. Ekkor azonban egyrészt nem minden esetben garantálható a minta homogenitása, másrészt nem tartható vissza a teljes tétel az ellenőrzés végéig. Alkalmas lehet azonban a módszer a beszállított tételek átvétel előtti ellenőrzésére, illetve más logisztikai központban akár a kiszállítás előtti ellenőrzésre is, ha a többi feltétel adott.

A második területen a beszállítási folyamatra építettem szimulációs modelleket, és ezekkel végeztem kísérleteket. Az elmúlt három évtized során a szimulációs módszerek alkalmazása viharos gyorsasággal terjedt el a gyártási és logisztikai folyamatok optimalizálásában. Tapasztalataim szerint azonban az élelmiszeripar területén csupán nagyobb projektek vagy beruházások előtt végeznek folyamatszimulációs vizsgálatokat. Céлом volt arra rávilágítani, hogy a megfelelően felépített, verifikált és validált modellek nagyban megkönnyíthetik a döntéshozók feladatát a napi döntési szituációkban is. Az alternatív forgatókönyvek kiértékelésével a megfelelő operációs döntések hozhatók meg, figyelembe véve esetleg azok környezetre gyakorolt hatását is. A folyamatszimulációs modellek egyben csökkentik a döntéstámogatás költségét is. Az általam választott szimulációs szoftver –az Extend-sorbanállási és optimalizálási feladatok elvégzésére vonatkozó alkalmassági vizsgálatát egy-egy feladatspecifikus, így jóval kevesebb numerikus közelítést tartalmazó, Matlab-ra ill. Visual Basic for Excel nyelven írt programmal végeztem. Azt tapasztaltam, hogy a sorállási modellnél az Extend rendkívül hatékonyan adta meg ugyanazt az eredményt, amit a saját

program. Olyan beállítást választottam, amelynél előre nem látható, hogy a két vizsgált szcenárió közül melyik lesz az alkalmasabb, viszont a modell lefuttatásával ez rögtön egyértelművé vált. Az eredmények általánosíthatók, az Extend más logisztikai központok esetén is alkalmas a napi szintű sorállási problémák megoldására, figyelembe véve, hogy minden logisztikai központban hasonlóak a folyamatok, mint az általam vizsgáltban, ebből a szempontból pedig az sem releváns, hogy raklapszintű vagy kartonszintű-e a nyomkövetés, hiszen a szoftver mindkettőt kezelni tudja.

Az erőforrás modellnél az vizsgáltam, hogy az erőforrások milyen kombinációjánál biztosítható a célfüggvény szerinti optimum. Az Extend szimulációs szoftver többszöri próbálkozásra sem adott olyan jó eredményt, mint a saját program, az Extendbe beépített optimalizáló blokk legtöbbször csak lokális maximumokat talált. Megállapításom szerint a szoftver nagyon hatékonyan végzi a sorállási problémák megoldását, a szcenárió analízist, érzékenységvizsgálatot, vagy Monte-Carlo szimulációt, viszont az optimalizálásnál kiegészítő elemzések is szükségesek. Az erőforrás optimalizálásánál kapott eredmények általánosíthatók más optimalizálási feladatokra, viszont természetesen nem általánosíthatók más szimulációs szoftverekre, hiszen azok optimalizáló algoritmusai esetleg máshogy működik. Ennek elemzését nem tűztem ki célul ebben a dolgozatban.

Természetesen a számszerű eredmények, melyeket a modelleken végzett kísérletek eredményeként kaptam, csak olyan logisztikai központok esetén igazak, ahol mind a folyamatok, mind azok paraméterei megegyeznek az általam vizsgált központéval. Ahol ettől eltérés tapasztalható, ott vagy a paraméterek változtatásával, vagy a korábban leírt módon új modell építésével kaphatunk pontos eredményt. Fontos, hogy a logisztikai központ folyamatai szabályozottak legyenek, és az elemzéshez megbízható adatok álljanak rendelkezésre.

Harmadik témakörként egy gyorsfagyasztott gyümölcs, a szamóca ellátási láncát vizsgáltam a gyártástól kezdve a logisztikai központból történő kiszállításig. A minőség-romlást modelleztem úgy, hogy az egyes raklapokhoz változó attribútumokat kapcsoltam, amelyek az ellátási lánc különféle szegmensein összegzik az f_{con} értékeket, és a modell egyik szcenáriója FIFO szerint jelöli ki a kiszállítandó tételeket, a másik pedig kiszállítás előtt az aktuális Σf_{con} értékek alapján sorba rendezett tételek közül a legjobban terhelt raklapokat jelöli ki először kiszállításra. Ez utóbbi módszert DEFO-nak neveztem el. A modellnél Just-in-time beszállítást alkalmaztam, és irodalmi mérési eredményeket alapul véve meghatároztam a hőmérséklet és a pultontarthatósági idő közötti összefüggést. Ezt alkalmazva, az egyes

lépcsőkben eltöltött időkkal és a környezeti paraméterek közül a hőmérséklettel számol a modell. Eredményeim szerint a felélt pultontarthatósági idő a kiszállításig -18°C-os szállításnál, 5°C-on történő bevételezésnél és -20°C-os tárolásnál átlagosan 33%, a minimum és maximum 4% ill. 61%. Ha a tárolás -18 °C-on történik – ami elvileg még megengedett - már 43%-ra növekszik az átlagosan felélt pultontarthatósági idő, a szélsőértékek pedig 6% és 79%. Ez azt jelenti, hogy ha érvényesítenénk azt a szabályt, miszerint 70% felett már nem mehet ki termék, akkor jelentős számú raklapot vissza kellene tartani. Ezekben az esetekben a két scenárió gyakorlatilag ugyanazt az eredményt adta. Ha a raktári bevételezés 15°C-on történik, akkor viszont jelentős különbség van a FIFO és DEFO módszer között. Az átlagban elfogyasztott pultontarthatósági idő 54%-ra növekszik, a szélsőértékek pedig FIFO szerint 5% és 102% (szórás 19%), míg DEFO esetén 45% és 63% (szórás 4%). Ez azt jelenti, hogy a DEFO módszerrel még így is biztosítható, hogy megfelelő minőségű termékek kerüljenek a fogyasztóhoz, míg a FIFO-val nem. Fontos megjegyezni azt, hogy ilyen elemzés híján ezek a tények nem is derülnek ki, a tételeket mind kiszállítják, hiszen még a rábélyegzett lejáratí időn belül vannak. Véleményem szerint ez a módszer jelenti a valódi minőségellenőrzött logisztikát.

A módszer alkalmazásához két feltételnek kell együttesen teljesülnie. Az egyik a megfelelően kimért hőmérséklet-pultontarthatósági idő adatok megléte a vizsgálandó fagyasztott termékek esetén, a másik pedig az, hogy az ellátási láncban, ezen belül is kiemelten a logisztikai központban a szükséges idő és hőmérséklet adatok megbízhatóan pontosak legyenek, és mindig rendelkezésre álljanak. Ez utóbbi feltétel teljesítése sokkal kevesebb ráfordítást igényel, ha a raktárban már eleve rádiófrekvenciás rendszer működik. További kutatások szükségesek azonban ebben a témakörben ahhoz, hogy megállapíthassuk, hogy a csomagolás módja mellett a rakatképzési technológiák hogyan befolyásolják a hőmérséklet-pultontarthatósági görbék alakulását, vagy például tömbtárolás esetén milyen korrekciókat kell végezni a tömb szélén vagy közepén elhelyezett kartonokon.

Új tudományos eredmények:

- Kimutattam, hogy az általam vizsgált logisztikai központban a szigorú vevői elvárások miatt a statisztikai alapú mintavételes ellenőrzés nem alkalmazható a kiszállítás előtti végellenőrzésnél.

- Igazoltam, hogy a szimulációs technika akár napi döntési szituációkban is alkalmas döntéstámogató eszközként az élelmiszerlogisztikában a döntési bizonytalanság csökkentésére, és segít a döntések környezetre gyakorolt hatását is kimutatni.
- Matlab-ra ill. Visual Basic for Excel nyelven írt programunk segítségével bemutattam, hogy az általam választott szimulációs szoftver hatékonyan végzi a sorállási problémák megoldását, szcenárió analízist vagy Monte-Carlo szimulációt, viszont az erőforrás optimalizálásnál kiegészítő elemzések szükségesek.
- A gyorsfagyasztott számóca példáján keresztül olyan szimulációs modellt dolgoztam ki, ami a gyorsfagyasztott áruk várható élettartamát mutatja be.
- Kidolgoztam a DEFO (Dynamic Expiry First Out) kiszállítás előtti rendezési módszert, amely élelmiszerek esetén a hagyományos FIFO vagy FEFO módszer egy lehetséges alternatívája.
- Igazoltam, hogy a DEFO rendkívül hatékony akkor, ha a bevételezést magas környezeti hőmérsékleten végzik. A módszer a hagyományos FIFO szabállyal ellentétben itt is biztosítani tudja, hogy az élelmiszerek megfelelő minőségben kerüljenek a fogyasztókhoz.

SUMMARY

In my PhD dissertation I analysed the processes of a Hungarian distribution centre. Distribution centres are important elements of the food distribution chain, and the efficiency of their processes have a major influence on the efficiency of the whole system. In my studies I focused on three aspects of food logistics.

Firstly, I analysed whether statistics-based pre-delivery inspection could be used in that distribution centre, and whether it can substitute the conventional total quality control to optimize the delivery process and shorten the time of delivery. Having carried out this analysis on the basis of historical data, I found that with the help of the method defined in the ISO 2859 standard the time taken by the regular pre-delivery inspections could be decreased by up to 80%. Nevertheless, in our case the key performance indicator -from which the AQL is calculated- was so strict, that only a great number of samples could ensure an appropriate ability to discriminate between lots of good and bad quality. In that case, however, the homogeneity of the samples cannot be guaranteed and a whole lot cannot be hold back until the end of the examination, either. On the other hand, this method may be appropriate in the case of the inspection of incoming deliveries to the warehouse or even in the case of pre-delivery inspection at other warehouses if the other conditions are met.

In the second part of my work I built simulation models for the intake process of the distribution centre and carried out experiments with them. Although, in the last three decades the application of simulation methods rapidly became widespread in the optimization of manufacturing and logistics processes, -in my experience- this tool is only rarely used in the food sector; mostly only before major investments or projects. That was the reason why it was one of my goals to highlight the fact that well built, verified and validated models can greatly facilitate decision-makers' jobs also in daily decision making situations. By evaluating the alternative scenarios the right operative decisions can be made taking also their environmental aspects into consideration. At the same time, process simulation models can decrease the costs of support for decision-making as well. In order to find out whether the simulation software of my choice (Extend) was suitable for solving problems of queuing and optimization I used our program, which was task-specific and consequently working with a lot fewer numeric approximations and was written for Matlab and in Visual Basic for Excel language. I found that in the case of the queuing model the Extend software could very effectively give the same result as our own program. I chose settings in which it was unpredictable which of the two

inspected scenarios would be more appropriate, but after running the model it became clear at once. The results may be generalised; the Extend software is suitable for solving daily queuing problems also in other distribution centres considering the fact that the processes are similar in other distribution centres to those in the one I have investigated. And it is also irrelevant whether the monitoring system is case- or pallet-based because the software can handle both.

In the case of the resources model I examined what combination of the resources ensures the optimum according to the objective function. The Extend simulation software did not give such a good result as our control program even after numerous runs; the optimization block embedded in Extend mostly found only local maximums. According to my observations the simulation software effectively provides solutions for queuing problems, does scenario and sensitivity analysis as well as Monte Carlo simulation, but in the case of optimization additional analyses are necessary, too. We can generalize the resources optimization results to other optimization problems but –of course- not to other simulation software, since their optimization algorithms might work in a different way. The investigation of that was not a goal of the present dissertation.

Naturally, the numerical results which I got from the experiments with the models are only valid for distribution centres whose processes and their parameters are the same as those of the centre examined by me. In case of any differences, we can only get exact results either by changing the parameters or by building a new model as described above. It is very important that the processes of the distribution centre should be controlled and there should be exact and reliable data available for the analysis.

In the third part of my thesis I investigated a frozen fruit (strawberry) distribution chain from the point of production until dispatch from the distribution centre. I modelled the quality deterioration by attaching to each pallet changing attributes, which sum the f_{con} values at different stages of the distribution chain. One scenario of the model identifies pallets to be dispatched according to their SKU values (FIFO rule, lower first), while the other scenario selects the pallets with the highest values from the stock according to their current Σf_{con} values before the delivery (higher first). I named the latter method DEFO (Dynamic Expiry First Out). For the model I applied Just-in-time inbound delivery and defined the relationship between temperatures and shelf life based on experimental results in the scientific literature. Using this function, the model calculates with temperatures and time spent at different stages

of the distribution chain. According to my results the consumed shelf-life until dispatch in the case of transport at -18°C , intake at 5°C and storage at -20°C averages 33% with minimum and maximum values of 4% and 61% respectively. When the storage temperature is -18°C (it is still acceptable) the average consumed shelf life reaches 43% with minimum and maximum values of 6% and 79% respectively. That means that if we applied the rule of retaining pallets which have reached 70% of their shelf-life, a significant number of the pallets would get stuck in the warehouse. In these cases the two scenarios of the model gave practically the same results. If the intake temperature is increased to 15°C , however, there is a major difference between the FIFO and the DEFO methods. The average consumed shelf-life jumps to 54% but while FIFO shows minimum and maximum values of 5% and 102% (std. deviation 19%) respectively, DEFO shows only 45% and 63% (std. deviation 4%) respectively. That means that applying the DEFO method an appropriate product quality can be ensured even under the circumstances where it is impossible with the FIFO method. It is important to note that without this kind of analysis these facts never become known; the lots are all dispatched because the products are still not expired according to the best-before date printed on their packaging. I am of the opinion that this method would mean logistics with real quality control.

The application of this method requires two conditions to be met. The first one is the availability of the appropriate temperature-shelf life data of the examined frozen foodstuff. The other condition is that the necessary time and temperature data have to be reliably precise and always available throughout the distribution chain, especially in the distribution centre. The latter condition is much easier to fulfil where there is already a working radio frequency system in the warehouse. There is, however, need for further research in this field, for example, in order to find out how -beside the packaging method- the palletisation technology can affect the temperature-shelf life plots, or to find out what corrections need to be made in the cases of inner and outer cases on the same pallet.

Newly achieved scientific results:

- I have proved that due to the extremely strict customer requirements in the distribution centre that I investigated the statistics-based, sample-taking method of pre-delivery inspection cannot be applied.

- I have verified that the simulation technique is appropriate as a tool for supporting decision-making in food logistics, even in daily operational situations, in order to decrease the uncertainty of decision-making, and it also helps to demonstrate the effects the decisions may have on the environment.
- With the help of our program written for Matlab and in Visual Basic for Excel language I have demonstrated that the applied simulation software effectively solved queuing problems and did scenario analysis or Monte Carlo simulation, while in the case of resources optimization further analyses are needed to reach reliable results.
- Based on the example of frozen strawberry I have worked out a simulation model which shows the remaining shelf-life of frozen products.
- I have worked out the DEFO (Dynamic Expiry First Out) pre-delivery organization method, which can be an alternative method of the conventional FIFO or FEFO methods in the case of foodstuffs.
- I have verified that the DEFO rule is very effective when the intake is carried out at a very high ambient temperature. The method –contrary to the FIFO rule- can ensure that the products will reach the customers in an appropriate quality even under such circumstances.

8. MELLÉKLETEK

1. Irodalomjegyzék

1. Aghaie, A., Popplewell, K. (1997): Simulation for TQM - the unused tool? The TQM Magazine. Bedford.: Vol.9, Iss. 2; pg. 111; ABI/INFORM GLOBAL
2. Alfieri, A. And P. Brandimarte. (1997): Objective-oriented modeling and simulation of integrated production distribution systems. Computer Integrated Manufacturing Systems. 10 (4): 261-266.
3. Almásy, G., Kollár-Hunek, K. (2005): Basic Principles of Process Modelling, Hungarian Journal of Industrial Chemistry, Vol 33, p.1-9.
4. Van Arsdel, W.B., Coply, M.J. and Olson, R.L. (eds.) (1969): Quality and Stability of Frozen Foods, Wiley-Interscience, New York.
5. Balci, O. (1986). Credibility assessment of simulation results. Proceedings of the 1986 Winter Simulation Conference. Piscataway, NJ: IEEE, 38-43.
6. Barratt, M. and Oliveira, A.. (2001): Exploring the experiences of collaborative planning initiatives. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management. 31 (4): 266-289.
7. Beamon, B.M. and V.C.P. Chen. (2001): Performance analysis of conjoined supply chains. International Journal of Production Research. 39 (14): 3195-3218.
8. Bechtel, C., Jayaram, J. (1997): Supply Chain Management: a strategic perspective, International Journal of Logistics Management, 8, 1, 15-33
9. Benkő J. (2000): Logisztikai tervezés mezőgazdasági alkalmazásokkal, Dinasztia Kiadó
10. Bhaskar, R., Lee, H. S., Levas, A., Petrakian, R., Tsai, F., and Tulskey, B. (1994): „Analysing and Reengineering Business Processes Using Simulation,” in Proceedings of the
11. Billet, K.G. (1983): The I-point TTM – a versatile biochemical time-temperature integrator. IIR Commission CO2 Preprints, Proceedings 16th Intl.Cong.Refig. 629-631.
12. Boehlje, M., Akridge, J., Downey, D. (1995): Restructuring Agribusiness for the 21st century, Agribusiness, 11, 6
13. Bowersox, D.J., Closs, D.J. (1996): Logistical Management: the integrated supply chain process, New York: McGraw Hill

14. Bruce, P. and Simon, J. (1992): „Using computer simulation in quality control”, *Quality Progress*, Vol. 25
15. Cairns, J.A. and Gordon, G.A. (1976): Climatic problems in food distribution LWT Report. 171-177.
16. Caplice, C., Sheffi, Y. (1994): A review and evaluation of logistics metrics, *International Journal of Logistics Management*, 5, 2, 11-28
17. Carson, J.S. (2003): Modeling and simulation. *Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference*. 7-13.
18. Carson, J.S. (2004): Introduction to modeling and simulation. *Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference*. 9-16.
19. Centeno, M.A., Carrillo, M. (2001): Challenges of introducing simulation as a decision making tool. *Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference*. 17-21.
20. Chanadra, M.J. and Melloy, B.J. (1989): „An interactive simulator for statistical process control”, *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 17 Nos. 1-4
21. Christopher, M.G. (1992): *Logistics and Supply Chain Management; strategies for reducing costs and improving services*, London: Pitman Publishing
22. Christopher, M. G. (1998). *Logistics and supply chain management: Strategies for reducing costs and improving services*. London: Pitman Publishing.
23. Churchman, C.W., Ackoff, R.L., Arnoff, E.L. (1957): *Introduction to Operations Research*, John Wiley & Sons
24. Churchman, C.W. (1963): *An Analysis of the Concept of Simulation*, Symposium on Simulation Models, ed. by A.C. Hoggatt and F.E. Balderston, Cincinnati: South-Western Publishing Co.
25. Cooper, M.C., Lambert, D.M., Pagh, J.D. (1997): Supply Chain Management: more than a new name for logistics, *International Journal of Logistics Management*, 8, 1, 1-13
26. Daft, R.L., Lengel, R.H. (1986): Organisational information requirements, media richness and structural design, *Management Science*, 32, 5, 554-571
27. Dagerskog, M. (1974): Development of a computer program to simulate temperature distribution and time-temperature exposure of packed frozen food during handling in the distribution chain. Swedish Institute for Food Preservation Research (SIK), Report TSBN 91-7200-014-8.
28. Davenport, T.H. (1993): *Process Innovation; reengineering work through information technology*, Harvard Business School Press

29. Donselaar, K. V. (1989): Material co-ordination under uncertainty; towards more flexible planning concepts, Thesis Eindhoven Technical University, Eindhoven, The Netherlands
30. Evans, G.N., Towill, D.R., Naim, M.M. (1995): Business process re-engineering the supply chain, *Production Planning and Control*, 6, 3, 227-237
31. Forrester, J. (1961): *Industrial Dynamics*, MIT press
32. Fu, B., Taoukis, P.S. and Labuza, T.P. (1991): Predictive microbiology for monitoring spoilage of dairy products with time-temperature integrators. *J. Food Sci.*, 56, 1209-1215.
33. Gergely P. (1998): Termelési logisztika jegyzet, Janus Pannonius Tudományegyetem Élelmiszeripari Főiskolai Kara, Szeged
34. Giaglis, G. M., Paul, R. J., and Hlupic, V. (1999): „Integrating Simulation in Organisational Design Studies,” *International Journal of Information Management*, forthcoming, Vol. 19, No. 3, pp. 219-236.
35. Gianota, C. (1988): „Simulation: an aid to decision making”, *Electrical Review*, Vol. 221 No. 24
36. Guadagni, D.G. (1968): Cold storage life of frozen foods and vegetables as a function of time and temperature, „Low temperature biology of food stuffs”, Eds. J. Hawthorne and E. Rolfe, pp 399-412, Pergamon Press.
37. Halász Gy. (1992): Elektronikus adatcsere (EDI) a magyar közlekedésben. *Közlekedési Közlöny*, 9.sz.
38. Handfield, R.B., Nichols, E.L. (1999): *Introduction to Supply Chain Management*, New Jersey: Prentice Hall
39. Hatami, S. (1990): „Data requirement for analysis of manufacturing systems using computer simulation”, *Winter Simulation Conference*, New Orleans, LA, December, pp. 632-5.
40. Huang, G.Q., Lau, J.S.K. and K.L. Mak. (2003): The impacts of sharing production information on supply chain dynamics: a review of the literature. *International Journal of Production Research*. 41. (7): 1483-1517.
41. Imagine That. (1997): *Extends user's manual*. San Jose, CA: Imagine That.
42. ISO 2859-0 (1995): *Sampling procedures for inspection by attributes-Introduction to the ISO 2859 attribute sampling system*
43. ISO 2859-1 (1999): *Sampling procedures for inspection by attributes-Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection*

44. Jávör A., Benkő T.-né (1979): Diszkrét rendszerek szimulációja, Műszaki Könyvkiadó, Budapest
45. Jávör A. (2000): Diszkrét szimuláció, SZIF-Universitas Kft, Győr
46. July, M. (1984): The Quality of Frozen Foods, Academic Press, London.
47. Kelemen T. (2004): Logisztika alapjai. BME, IMVT
48. Kemény S., Deák A. (1998): Statistical Quality (Conformity) Control, (in Hungarian), Műszaki Könyvkiadó, Budapest
49. Kleijnen, J.P.C. and Smits. (2003): Performance metrics in supply chain management. Journal of the operational Research Society. 3: 1-8.
50. Kleinrock, L. (1996): Queueing Systems problems and solutions, Wiley-Interscience, New York
51. Kleinrock, L. (1979): Sorbanállás-kiszolgálás (Bevezetés a tömegkiszolgálási rendszerek elméletébe, Műszaki Könyvkiadó, Budapest
52. Kochhar, A. K. (1989): „Computer Simulation of Manufacturing Systems-Three Decades of Progress,” in: Proceedings of the third European Simulation Congress, D. Murray-Smith, J. Stephenson, and R. N. Zobel (Eds.), Society for Computer Simulation, San Diego, pp. 3-9
53. Komáromi N. (2006): Marketing-logisztika, Akadémia Kiadó
54. Konrad, B.P., Mentzer, J.T. (1991): An efficiency effectiveness approach to logistics performance analysis, Journal of Business Logistics, 12, 1, 33-61
55. Krah D., Lamperti J. S. (1997): A message-based discrete event simulation architecture, Proceedings of the 1997 *Winter Simulation Conference* ed. S. Andradóttir, K.J. Healy, D.H. Withers and B.L. Nelson
56. Kulcsár B. (1998): Ipari logisztika, LSI Oktatóközpont, Budapest
57. Labuza, T.P., Fu, B. and Taoukis, P.S. (1991): Time Temperature Indicators. Food Technol. 45 (10): 70-82.
58. Labuza, T.P. és Fu, B. (1997): Shelf Life Testing: Procedures and Prediction Methods. Chat 19 in *Frozen Food Quality* . pp 377-415 Yen Con Hong szerkesztő CRC Press Denver CO.
59. Lambert, D.M., Cooper, M.C., Pagh, J.D. (1998): Supply Chain Management: implementation issues and research opportunities, International Journal of Logistics Management, 9, 2, 1-19
60. Lambert, D., Cooper, M. C. (2000). Issues in supply chain management. Industrial Marketing Management, 29, 65-83.

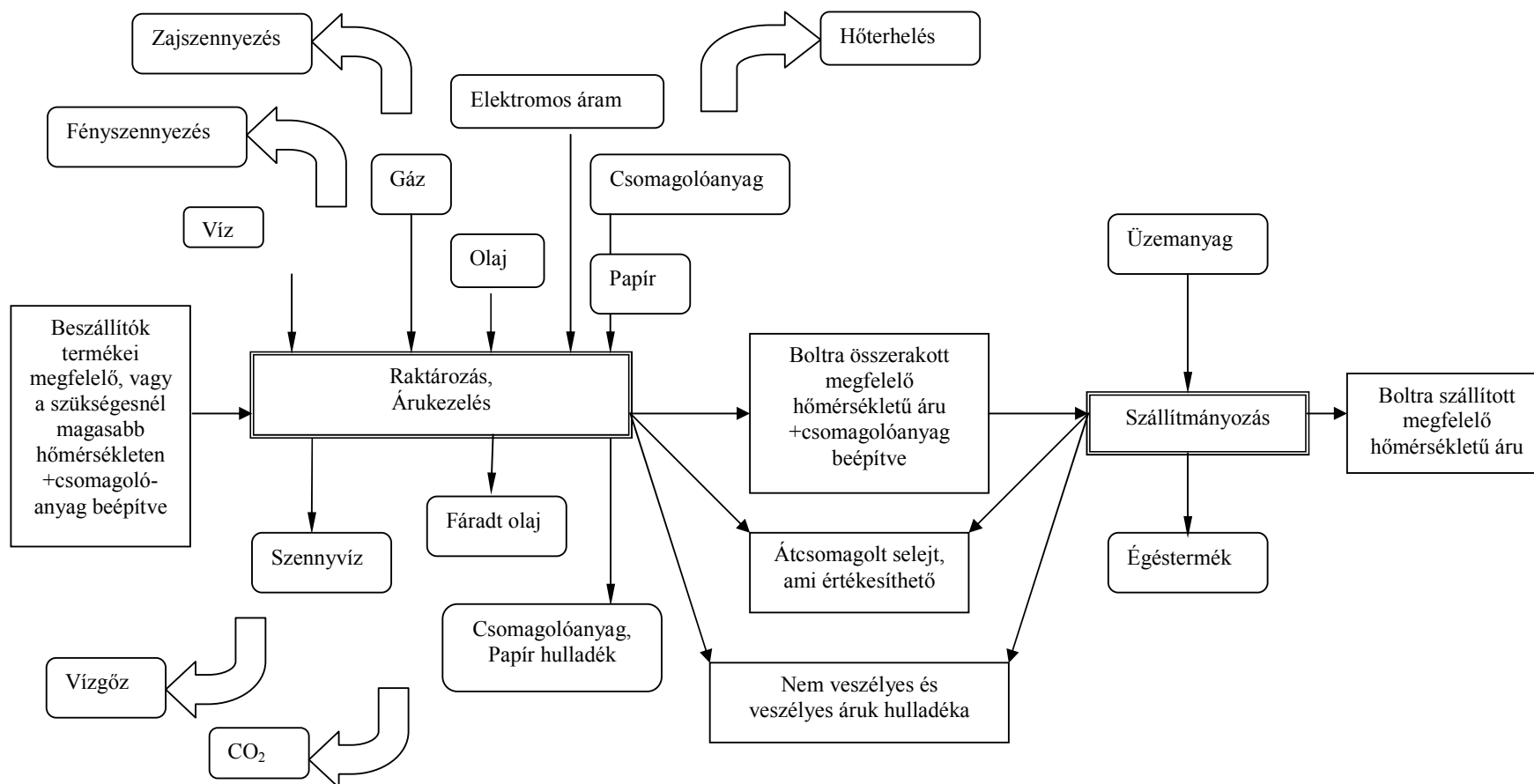
61. Lee, Y. and Elcan, A. (1996): „Simulation Modeling for Process Reengineering in the Telecommunications Industry” Interfaces, Vol. 26, No. 3, pp. 1-9.
62. Leon, V.J. and Miller, M.R. (1993): „Interactive computer simulation in the quality assurance laboratory”, Journal of Engineering Technology, Vol. 10
63. Lohman, C., Fortuin L. and M. Wouters. (2004): Designing a performance measurement system: a case study. European Journal of Operational Research. 156: 267-286.
64. March, J.G, Simon, H.A. (1958): Organisations, John Wiley & Sons
65. McLeod, J.P.E. (ed.) (1968): Simulation, The Dynamic Modelling of Ideas and Systems with Computers, McGraw Hill
66. Mintzberg, H., Raisinghani, D., Théoret, A. (1976): The structure of „unstructured” decision processes, Administrative Science Quarterly, 246-275
67. Mize, J.H., Cox, J.G. (1968): Essentials of Simulation, Prentice Hall
68. Naylor, T.H., Balintfy, J.L., Burdick, D.S., Chu, K. (1966): Computer Simulation Techniques, John Wiley & Sons
69. „NKP-I.” Az első Nemzeti Környezetvédelmi Program (1997-2002) végrehajtásának értékelése, Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, 2003. november 11.
70. „NKP-II.” A 2003-2008. közötti időszakra szóló Nemzeti Környezetvédelmi Program, Gazdasági és Közlekedési Minisztérium 2003. július
71. Olley, J. (1976): Temperature indicators, temperature integrators, temperature function integrators and food spoilage chain. Aist. Natl. Comm. Joint Mtg. Of Comms. C2, D1, D2, D3 & E1, IIR, Paris.
72. Omta, S.W.F., Leeuw, A.C.J. (1997): Management control, uncertainty, and performance in biomedical research in universities, institutes and companies, Journal of Engineering and Technology Management, 14, 223-257
73. „OP” Környezetvédelem és infrastruktúra Operatív Program Egyeztetési anyag, Gazdasági és Közlekedési Minisztérium, 2002. október 11.
74. Ouden, M. Den, A.A. Dijkhuizen, R.B.M. Huirne and P.J.P. Zuurbier. (1996): Vertical co-operation in agricultural production marketing chanis – with special reference to product differentiation in pork. Agribusiness. 12 (3): 277-290.
75. Ould, M. (1995): Business Process Modelling and Analysis for Reengineering and Improvement, Wiley, Chichester, England
76. Österle, H. (1995): Business in the Information age: heading for new processes, Berlin: Springer-Verlag

77. Persson, G. (1995): Logistics process redesign: some useful insights, *International Journal of Logistics Management*, 6, 1, 13-25
78. Pidd, M. (1992): *Computer Simulation in Management Science*, 3rd edition, John Wiley & Sons, Chichester
79. Popplewell, K. and Bell, R. (1995): „A comprehensive methodology for factory modelling”, in Browne, J. and O'Sullivan, D. (Eds), *Re-engineering the Enterprise*, Chapman & Hall, London
80. Pratt, D. B., Farrington, P. A., Basnet, C. B., Bhuskute, H. C., Kanath, M., & Mize, J. H. (1994). The separation of physical, information, and control elements for facilitating reusability in simulation modeling. *International Journal of Computer Simulation*, 4(3), 327-342.
81. Prezenszki J. (1995): *Logisztika (Bevezető fejezetek)*. BME Mérnöktovábbképző Intézet, Budapest.
82. Prezenszki J. (2001): *Logisztika II. (Módszerek, eljárások) Logisztikai fejlesztési Központ*. <http://web.kvif.bgf.hu>
83. Reitman, J. (1971): *Computer Simulation Applications Discrete-event Simulation for Synthesis and Analysis of Complex Systems*, John Wiley & Sons
84. Ridall, C.E., Bennet, S. And N.S. Tipi. (2000): Modeling the dynamics of supply chains. *International Journal of Systems Science*. 31. (8): 969-976.
85. Rijn, Th.M.J., Schijns, B.V.P. (1993): *MRP in process - The applicability of MRP-II in the semiprocess industry*, Assen: Van Gorcum
86. Rutten, W.G.M.M. (1995): *The Use Of Recipe Flexibility In Production Planning And Inventory Control*, Dissertation Eindhoven University Of Technology, The Netherlands
87. Sculli, D. and Woo, K.M. (1985): „Designing economic np-charts: a programmed simulation approach”, *Computers in Industry*
88. Sheombar, H.S. (1995): *Understanding logistics co-ordination - A foundation for using EDI in operational (re)design of dyadical Value Adding Partnerships*, Dissertation KUB, Tutein Bolthenius, 's Hertogenbosch, The Netherlands
89. Shubik, M. (1960): Simulation of the Industry and the Firm, *American Economic Review*, L, No. 5. 908-919.
90. Simon, H.A. (1976): *Administrative behaviour, a study of decision making processes in administrative organisations*, 3rd edition, New York / London

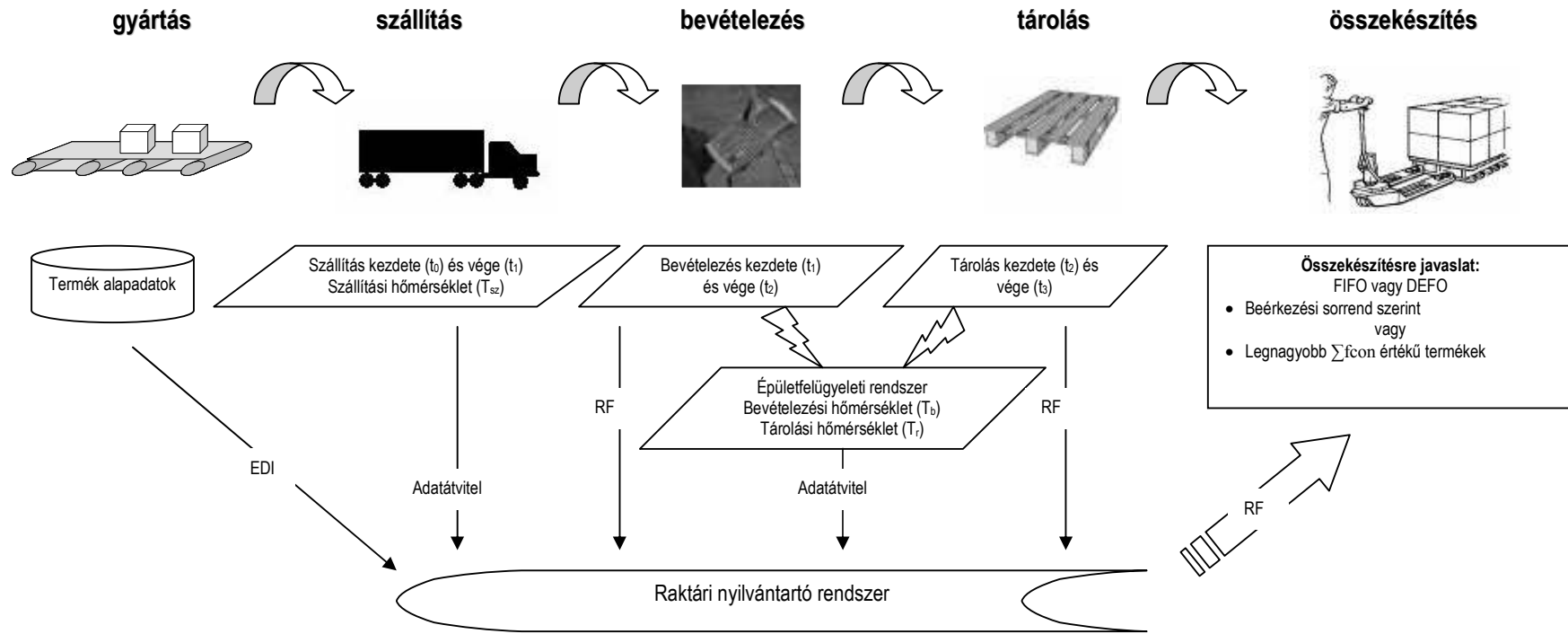
91. Slack, N., Chambers, S., Harland, C., Harrison, A., Johnston, R. (1995,1998): Operations Management, Warwick Business School, Pitman publishing
92. Soltész M. (szerk.) (1997): Integrált gyümölcsstermesztés, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, www.hik.hu
93. Stevens, G.C. (1989): Integrating the supply chain, International Journal of Physical Distribution and Materials Management, 19, 8, 3-8
94. Szabó E. (1994): Conceptions of EDI, Logistical Almanac, pp. 99-104.
95. Szabó G. Cs., Erdei J., Nagy J. B. (2005): Minőségmenedzsment II., Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, egyetemi jegyzet
96. Szegedi Z. (1999): Logisztika menedzsereknek. Kossuth Kiadó, Budapest
97. Szegedi Z., Prezenszki J. (2003): Logisztikamenedzsment, Kossuth
98. Szilágyi K. (1975): Szamóca, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, www.hik.hu
99. Szily I. (1994): Döntéselőkészítés II., Széchenyi István Egyetem
100. Sztrik J. (1994): Bevezetés a sorbanállási elméletbe és alkalmazásaiba, Debrecen
101. Sztrik J. (2000): Kulcs a sorbanállási elmülethez és alkalmazásaihoz, Debrecen
102. Tenner, A. R., DeToro I. J. L. (1998): BPR, Műszaki Könyvkiadó, Budapest
103. Terzi, S. and Cavalieri. (2004): Simulation in supply chain context: a survey. Computers in Industry. 53: 3-16.
104. Thompson, J.D. (1967): Organisations in action, McGraw-Hill
105. Van der Vorst, J.G.A.J. (2000): Effective food supply chains; generating, modeling and evaluating supply chain scenarios. Doctoral Dissertation, Department of Management Studies, Wageningen University. The Netherlands.
106. Van der Vorst, J. G. A. J., Beulens, A. J. M., & Van Beek, P. (2000). Modeling and simulating multi-echelon food systems. European Journal of Operational Research, 122(2), 354-366.
107. Van der Vorst, J.G.A.J. and A.J.M. Beulens. (2002) Identifying sources of uncertainty to generate supply chain redesign strategies. International Journal of Physical Distribution and Logistics Management. 32 (6): 409-430.
108. Van der Vorst , J.G.A.J., Tromp, S., and Van der Zee, D.J. (2005): A simulation environment for the redesign of food supply chain networks: modeling quality controlled logistics. Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference. 1658-1667.

109. Van der Zee, D J, Van der Vorst, J G A J.(2005): A Modeling Framework for Supply Chain Simulation: Opportunities for Improved Decision Making, Decision Sciences. Atlanta, Vol.36, Iss. 1; pg. 65-96 ABI/INFORM GLOBAL
110. Welch, W.J., Kang, S.M., Yu, T.K. and Sacks, J. (1990): „Computer experiments for quality control parameter design”, Journal of Quality Technology, Vol. 22
111. http://www.rit.bme.hu/letoltheto/szamszim/F_0/F_1.html#Eleje
112. <http://www.vitsab.com/ExtendedFrozenStorage.htm>
113. Zuritz, C.A. and Sastry, S.K. (1986): Effect of packaging materials on temperature fluctuations in frozen foods: mathematical model and experimental studies. J. Food Sci., 51 (4), 1050-1056.

2. Logisztikai központ környezetterhelése



3. Adatáramlás az ellátási lánc modellnél



Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszönni témavezetőnek Dr. Kollár Gábornak a folyamatos támogatást munkám során. Külön köszönet illeti Kollárné Dr. Hunek Klárát, aki rengeteg segítséget nyújtott dolgozatom elkészítésében. Szeretnék köszönetet mondani Tóth Gábornak, a modellek megépítésében nyújtott értékes segítségéért, végül de nem utolsó sorban pedig családomnak, akik végig mellettem álltak és mindenben támogattak.