

DOI: 10.14750/ME.2023.034

MISKOLCI EGYETEM  
GÉPÉSZMÉRNÖKI ÉS INFORMATIKAI KAR



# JUST-IN-SEQUENCE ELLÁTÁSI LÁNCOK TERVEZÉSI MÓDSZEREINEK FEJLESZTÉSE

PH.D. ÉRTEKEZÉS

Készítette

**Juhász János**

okleveles műszaki menedzser (BSc)

okleveles logisztikai mérnök (MSc)

okleveles logisztikai csomagolásfejlesztő szakmérnök (S)

HATVANY JÓZSEF INFORMATIKAI TUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA  
ANYAGÁRAMLÁSI RENDSZEREK ÉS LOGISZTIKAI INFORMATIKA

TÉMATERÜLET  
LOGISZTIKAI INTÉZET

Doktori Iskola Vezető

**Prof. Dr. habil. Szigeti Jenő**

egyetemi tanár, DSc

Tématerület vezető

**Prof. Dr. habil. Illés Béla**

egyetemi tanár

Témavezető

**Prof. Dr. habil. Bányai Tamás József**

egyetemi tanár

**Miskolc**

**2023**

**NYILATKOZAT**

Alulírott **Juhász János** büntetőjogi felelősségem tudatában kijelentem, hogy a beadott Ph.D. értekezés önálló munkám eredménye, az irodalmi hivatkozások egyértelműek és teljesek. Tudományos közleményeimet az MTMT adattárba feltöltöttem (MTMT azonosító: 10061051). A hivatkozásokat is tartalmazó közleményjegyzéket kinyomtatva mellékelem.

Miskolc, 2023. június 6.

.....  
aláírás



## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretném kifejezni tiszteletemet és köszönetemet kollégáimnak, akik szakmai támogatásukkal és erkölcsi tanításukkal hozzájárultak a Ph.D. értekezésem elkészítéséhez. Elsősorban szeretném megköszönni **Prof. Dr. Bányai Tamás József** tudományos vezetőmnek, aki türelmével, magas szintű szakmai ismereteivel és gondos iránymutatásával segítette megteremteni kutatómunkám lehetőségfeltételeit és támogatta annak elvégzését.

Hálás köszönetemet fejezem ki **Prof. Dr. Illés Béla**, **Prof. Dr. Szigeti Jenő** és **Prof. Dr. Tamás Péter** Professzor Uraknak, akik mindvégig biztattak és támogattak a kutatómunka eredményes elkészítésében. Szeretném kiemelni a Logisztikai Intézet széleskörű hazai és nemzetközi kapcsolatrendszerét és K+F tevékenységét, amelyekkel lehetőségét biztosítottak a kutatáshoz szükséges szakmai- és soft-skill ismeretek elsajátításához.

Szintén szeretném megköszönni **Dr. Bányainé Dr. Tóth Ágota**, **Dr. Hriczó Krisztián**, **Agárdi Anita** és **Erdei László** kollégáknak, hogy értékes szakterületi ismereteikkel és hasznos tanácsaikkal segítették munkám sikerességét.

Ez alkalommal is nagy öröm volt a Miskolci Egyetem Gépészmérnöki- és Informatikai Kar Ph.D. képzését választanom, hiszen kiváló oktatást és magasszintű szaktudást biztosít mind tudományos, mind ipari gyakorlati téren.

Továbbá hálával tartozom a Miskolci Egyetem Logisztikai Intézet kollektívájának, a Hatvany József Informatikai Tudományok Doktori Iskola Tanácsának és a kar Dékáni Hivatal munkatársainak, hogy szakmai és erkölcsi támogatást nyújtottak.

Ahogy mindenki tudja, a szakmai siker háttérében mindig van egy stabil és szerető családi, vagy baráti kötelék is. Szeretném nagyrabecsülésemet és hálámat kifejezni feleségemnek **Juhász-Szeredi Viviennek**, nagyszülőmnek **Varga Imrénének**, valamint szüleimnek, testvéreimnek, rokonaimnak és barátaimnak, hogy mindvégig szerettek, támogattak és mellettem álltak életemnek e szakaszában.

Végül hadd rögzítsem még azt, Ph.D. értekezésemmel szeretnék tisztelni elhunyt közeli hozzátartozóim előtt, emlékezni szorgalmukra, kitartásukra, példamutatásukra.

*"Az iskola arra való, hogy az ember megtanuljon tanulni, hogy felébredjen tudásvágya, megismerje a jól végzett munka örömeit, megízlelje az alkotás izgalmát, és megtalálja a munkát, amit szeretni fog."*

*Szentgyörgyi Albert Nobel-díjas kutató*



Ajánlás Juhász János „JUST-IN-SEQUENCE ELLÁTÁSI LÁNCOK TERVEZÉSI MÓDSZEREINEK FEJLESZTÉSE” c. PhD értekezéséhez.

Juhász János a Hatvany József Informatikai Tudományok Doktori Iskola Anyagáramlási rendszerek és logisztikai informatika tématerületéhez kapcsolódóan 2017-ben kezdte el Ph.D. tanulmányait. A kutatási téma kijelölésénél fontos tényező volt annak aktualitása, hiszen a just-in-sequence beszállítás nem csupán az autóiparban terjedt el. Jelentőségét és alkalmazhatóságát tovább növeli a digitalizáció elterjedése, mely a hagyományos termelési rendszerek kibernetikai rendszerekké transzformálása révén olyan komplex rendszerek kialakulásához vezetett, amelyeknél elengedhetetlen a folyamatok fejlesztése, optimalizálása.

A téma kutatása során elért eredményeit 9 tudományos folyóiratcikkben és 14 konferenciaközleményben ismertette, a kutatási irányokat pedig a szisztematikus irodalomkutatás módszerével jelölte ki.

Juhász János különösen a közösségi feladatok ellátása tekintetében mutatott jelentős érdeklődést, motivációt, valamint feladatait nagy munkabírással látta el. A tudományos irányvonal már a kezdetektől felkeltette érdeklődését, melynek eredményeként került jelen Ph.D. dolgozat összeállításra.

A dolgozat Juhász János kutatási eredményeit foglalja össze, mely alapján a jelölt részére a Ph.D. cím odaítélését támogatom.

Prof. Dr. Bányai Tamás  
egyetemi tanár

# TARTALOMJEGYZÉK

Rövidítésjegyzék .....	8
<b>1. A Tématerület tudományos aktualitásának vizsgálata .....</b>	<b>9</b>
<b>2. A Szakirodalom áttekintése, a kutatás módszertana és célkitűzései .....</b>	<b>11</b>
2.1. A szakirodalmi áttekintés módszertani bemutatása .....	11
2.1.1. A módszeres irodalomkutatás értelmezése .....	11
2.1.2. A probléma megfogalmazása .....	12
2.1.3. A vizsgálati protokoll kidolgozása és validálása .....	12
2.1.4. A szakirodalmi keresés .....	14
2.1.5. Az adatkivonatolás és az elemzés .....	15
2.1.6. A leíró elemzés .....	16
2.1.7. A tartalmi elemzés .....	19
2.1.8. A következtetések ismertetése .....	25
<b>3. A just-in-sequence ellátási rendszerek modellstruktúrája .....</b>	<b>27</b>
3.1. A modellalkotás logisztikai háttere .....	27
3.2. A just-in-sequence ellátási rendszerek általános egyszerűsített modell struktúrájának feltárása .....	27
3.3. A just-in-sequence ellátási rendszerek újszerű modellstruktúrája .....	29
3.3.1. A beszállítók jellege .....	30
3.3.2. A beszállítók száma .....	31
3.3.3. A felhasználók száma .....	31
3.3.4. Az üzemben belüli tárolási technológia .....	31
3.3.5. A közbenső szintek jellege .....	32
3.3.6. A termékek száma .....	32
3.3.7. A termékek jellege .....	33
3.3.8. Az együtt szállíthatóság kérdése .....	33
3.3.9. A beszállítási mód .....	33
3.3.10. A beszállítás jellege .....	33
3.3.11. A beszállító geográfiai közelsége .....	34
3.3.12. A szállítási mód .....	34
<b>4. A just-in-sequence ellátási rendszerek matematikai leírása .....</b>	<b>37</b>
4.1. A rendszerparaméterek, célfüggvények és korlátozások meghatározása .....	37
4.1.1. A rendszerparaméterek definiálása .....	37
4.1.2. A beszállítók .....	40
4.1.3. A raktárak .....	42
4.1.4. A fuvarozók .....	43
4.1.5. A gyártók .....	45
4.2. A rendszer célfüggvényeinek egyszerűsítése .....	45



<b>5. A just-in-sequence beszállítási stratégiák matematikai modellezése.....</b>	<b>46</b>
5.1. Jellegzetes modellek.....	46
5.2. A ship-to-sequence modellezése .....	46
5.2.1. Ismert paraméterek ship-to-sequence stratégiánál .....	46
5.2.2. A célfüggvény meghatározása ship-to-sequence stratégiánál .....	48
5.2.3. A korlátozások meghatározása ship-to-sequence stratégiánál .....	52
5.2.4. Döntési változók a ship-to-sequence stratégiánál .....	53
5.3. A pick-to-sequence modellezése .....	54
5.3.1. Ismert paraméterek pick-to-sequence stratégiánál .....	54
5.3.2. A célfüggvény meghatározása pick-to-sequence stratégiánál .....	56
5.3.3. A korlátozások meghatározása pick-to-sequence stratégiánál .....	60
5.3.4. Döntési változók a pick-to-sequence stratégiánál .....	61
5.4. A build-to-sequence modellezése.....	61
5.4.1. Ismert paraméterek a build-to-sequence stratégiánál .....	61
5.4.2. A célfüggvény meghatározása a build-to-sequence stratégiánál.....	63
5.4.3. A korlátozások meghatározása build-to-sequence stratégiánál .....	65
5.4.4. Döntési változók a build-to-sequence stratégiánál .....	66
5.5 A just-in-sequence ellátási rendszerek összetett matematikai modellezése .....	67
5.5.1. Ismert paraméterek a hibrid just-in-sequence stratégiánál .....	67
5.5.2. A célfüggvény meghatározása a hibrid just-in-sequence stratégiánál .....	68
5.5.3. A korlátozások meghatározása a hibrid just-in-sequence stratégiánál .....	69
5.5.4. Döntési változók a hibrid just-in-sequence stratégiánál.....	69
5.6. A just-in-sequence jellegzetes modellek összehasonlítása, numerikus elemzései .....	69
5.6.1. A ship-to-sequence beszállítások numerikus elemzése .....	70
5.6.2. A pick-to-sequence beszállítások numerikus elemzése .....	76
5.6.3. A build-to-sequence beszállítások numerikus elemzése .....	82
<b>6. A just-in-sequence ellátási láncok alkalmazási és optimalizálási lehetőségei .....</b>	<b>90</b>
6.1. A gyártási és szolgáltatási folyamatok szintjei és összetevői .....	90
6.2. A just-in-sequence alapú ellátásban rejlő kihívások definiálása .....	91
6.3. A just-in-sequence alapú beszerzési portfólió döntéstámogató modellezése a gyártási hatékonyság növelésére .....	92
6.4. Az esettanulmány és a számítások eredményeinek ismertetése .....	94
6.5. A modell alkalmazhatósága .....	96
<b>7. Összefoglalás .....</b>	<b>98</b>
<b>8. Summary .....</b>	<b>99</b>
<b>9. Az értekezés tézisei .....</b>	<b>100</b>
<b>10. Theses of the dissertation.....</b>	<b>101</b>
<b>11. Irodalomjegyzék.....</b>	<b>102</b>
11.1. Az értekezés témakörében használt saját publikációk .....	102



11.2. Az értekezés témakörében használt idegen publikációk .....	103
<b>12. Mellékletek .....</b>	<b>109</b>
12.1. A szakirodalmi keresés és értékelés .....	109
12.2. A kitöltött SLR-PDSA-Munkalap .....	110
12.3. A számítások eredményeinek összehasonlítása .....	112



## RÖVIDÍTÉSJEGYZÉK

- 3PL: Third Party Logistics – A 3PL a legelterjedtebb logisztikai modell a feladatok kiszervezésére.
- ADR: Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route – A Veszélyes Áruk Nemzetközi Közúti Szállításáról szóló Európai Megállapodás.
- CRM: Customer Relationship Management – Ügyfélkapcsolat-kezelés.
- EFG: Execution Flow Graph – A végrehajtási folyamat grafikon.
- EM: Electromagnetism-like mechanism – Az elektromágnesességszerű mechanizmus.
- FlowGSP: A Generalized Sequential Pattern – GSP-alapú adatbányászati algoritmus.
- FVEC: Frequency Vector – A frekvencia modell alapú előrejelzési algoritmus.
- GDP: a bruttó hazai termék.
- GRASP: Greedy Randomized Adaptive Search Procedures – Az iteratív eljárású metaheurisztikus algoritmus.
- GVM: GPU-Based Java Bytecode Interpreter – GPU-alapú Java bájtkód interpreter, a GVM-keretrendszer.
- HMPC: Hybrid Model Predictive Control – A hibrid modell prediktív vezérlése.
- ISO: International Organization for Standardization – A Nemzetközi Szabványügyi Szervezet.
- INCOTERMS: International Commercial Terms – Nemzetközi Kereskedelmi Feltételek, az INCOTERMS klauzulák.
- JIS: just-in-sequence.
- JIT: just-in-time.
- JitDS: Just-in-time Data Structures – A Just-in-time adatstruktúrák.
- K+F: Kutatás-fejlesztési tevékenységek.
- MLD: Mixed Logical Dynamical framework – Vegyes logikai dinamikus keretrendszer.
- MSZ: Magyar Szabványügyi Testület.
- MSZ EN: Az európai szabványokat bevezető magyar nemzeti szabványok kibocsátói jele.
- PCA: Principal Component Analysis – A főkomponens-elemzés.
- PDCA: Plan-Do-Check-Act method – PDCA módszer: Tervezd meg-Végezd el-Tanulmányozd-Avatkozz be.
- PDSA: Plan-Do-Study-Act method – PDSA módszer: Tervezd meg-Végezd el-Ellenőrizd le-Avatkozz be.
- POLCA cards: Paired-Cell Overlapping Loops of Cards – A POLCA kártyák.
- QM: Quality Management – Minőség-menedzsment.
- RFID: Radio Frequency Identification – A rádiófrekvenciás azonosítás.
- RTVP: The Response Time Variability Problem – A válaszidő változási problémák.
- RVS: Reconfigurable Vibrating Screen – Az újra konfigurálható vibrációs képernyővel ellátott gépek.
- SBA: Service-Based Application – A szoftver a szolgáltatás alapú alkalmazások.
- SCM: Supply Chain Management – Az ellátási lánc menedzsment.
- SLR: Systematic Literature Review – A szisztematikus szakirodalmi áttekintés.
- TPS: Toyota Production System – A Toyota termelési rendszer.
- VBA: Visual Basic for Applications – A Microsoft által kifejlesztett Visual Basic programozási nyelv.
- VM: Virtual Machine – A virtuális gép.





# 1. A TÉMATERÜLET TUDOMÁNYOS AKTUALITÁSÁNAK VIZSGÁLATA

A logisztikai folyamatok diverzitása új módszerek és megoldások kidolgozását követeli meg a Just-in-sequence (JIS) típusú ellátási láncoknál. A fejlesztések során törekedni kell az ideális vállalati működés elérésére, mely napjainkban a logisztikai terület egyik kiemelt és meghatározó feladatává vált – különösen a logisztikai folyamatok vagy szolgáltatások tárgykörében. Ezen tevékenységek túlmutatnak a hagyományos piaci igények kiszolgálásán, hiszen szembeállítja a standard vállalati működést a teljesítménycentrikus gazdálkodási működési modellel, a hatékonyság-növeléssel és a gazdaságosság elérésével.

A logisztikának számos logisztikai feladatot kell tudnia lekezelni, melynek alapja a 7M szabály alapján a megfelelő terméket, a megfelelő mennyiségben, a megfelelő minőségben, a megfelelő helyen, a megfelelő időben, a megfelelő költséggel és a megfelelő vevő számára kell eljuttatni. Ezen logisztikai szolgáltató rendszerek felölelik a teljes ellátási láncot, beleértve a négy logisztikai funkcionális területet is: a beszerzést, a gyártást, az elosztást és az inverz folyamatokat.

A termelési logisztika területén a lean az egyik legfontosabb módszertan, ami az ellátási lánc menedzsmenthez (SCM) kapcsolódik. Az SCM fejlesztése kulcsfontosságú kihívásként jelenik meg a logisztika területén, különösen a termelés, az egészségügy és a kapcsolódó logisztikai szolgáltatások, valamint egyes ágazatok területein. Ez azt is jelenti, hogy ezen rendszereknek kell kiszolgálniuk a társadalom folyamatosan változó igényeit.

Az ellátásban résztvevőknek szükségük van arra, hogy naprakész információhoz jussanak, képesek legyenek teljesíteni a gyártási igényeket és a kapcsolódó logisztikai feladatokat. Ehhez egy olyan hatékony rendszer létrehozására van szükség, melyben minden résztvevő képes egymással kommunikálni és kiszolgálni a kölcsönös igényeket. A fenti gondolatok alapján egy olyan átfogó erőforrás-menedzsment rendszerről beszélünk, ami segít csökkenteni a gyártási folyamatokhoz és a logisztikai szolgáltatásokhoz kapcsolódó működési költségeket.

Az új technológiák alkalmazása olyan összetett rendszerekre is kiterjed, mint például az autópár és a mechatronikai összeszerelő ipar. Ezáltal képesek növelni a folyamatok hatékonyságát, csökkenteni az erőforrások felhasználását, rövidíteni az átfutási időket és javítani a minőséget.

A komplex logisztikai és ipari feladatok megoldásai jelentős változásokat teremtenek, mivel innovatív és versenyképes lehetőségeket biztosítanak a vevők kiszolgálására az Ipar 4.0 megoldások integrációja révén.

A hatékonyság növelése olyan logisztikai célokkal érhető el, mint például a kapacitáskihasználás maximalizálása, a készletek csökkentése, a rugalmasság növelése, az ügyfélkapcsolat-kezelés (CRM) alkalmazása, az időbeosztás tervezése, a rendszerek és a folyamatok átláthatóságának növelése.

A lean filozófia a Toyota termelési rendszer (TPS) elvein alapszik. Az egyik népszerű lean eszköz a just-in-time (JIT) ellátási stratégia, amelyet már just-in-sequence ellátási stratégiának is neveznek. A just-in-sequence ellátási stratégia a just-in-time filozófián alapul, azzal a különbséggel, hogy a cél nem csupán az, hogy az alkatrészeket a megfelelő mennyiségben, a megfelelő minőségben és a megfelelő helyen illesszék egymáshoz, hanem a technológiai helyszín által igényelt megrendelésekre összpontosítanak, különös tekintettel a sorrendiségre.

A just-in-time alapú ellátási stratégiák előnyei ismertek. Egy több mint százötven európai nagyvállalatot érintő felmérés eredménye azt mutatta, hogy a JIT alapú ellátási stratégiák alkalmazásával számos logisztikaspecifikus rendszerparaméter javulása figyelhető meg: a készletek felére csökkenése, a logisztikai költségek csökkenése és a folyamatok termékminőségének javulása.

A just-in-sequence ellátási stratégia alkalmazása jellegéből adódóan a készletek további csökkentése révén még jelentősebb költségmegtakarítást eredményezhet. A vállalatok törekednek arra, hogy az egyes beszállítókat különféle tulajdonságaik alapján rangsorolják, értékeljék és minősítsék az adott igények kiszolgálásának teljesítése érdekében.



A fenti kihívások miatt különösen fontosnak tartom a just-in-sequence beszállítási folyamatok kutatását a teljesítőképesség fokozásra vonatkozóan. A dinamikusan változó és növekvő gyártási vagy szolgáltatási igények miatt fontos kihívás az ellátási folyamatok jobb megértése és fejlesztése.

Mielőtt modelleket, algoritmusokat, vagy megoldási koncepciókat dolgoznék ki, a kapcsolódó szakirodalom alapján össze kell foglalni a legfontosabb tudományos eredményeket. A következő fejezetben a módszeres szakirodalom feldolgozás kerül bemutatásra.



## 2. A SZAKIRODALOM ÁTTEKINTÉSE, A KUTATÁS MÓDSZERTANA ÉS CÉLKITŰZÉSEI

Ebben a fejezetben vizsgálom a kapcsolódó szakirodalmi kutatások relevanciáját, a publikációk feltérképezését, ezek statisztikai és tartalmi jelentőségét. Valamint a szempontrendszerem alapján történő értékelésekből eredő következtetéseket ismertetem a szükséges kutatási irányvonalak azonosítása érdekében.

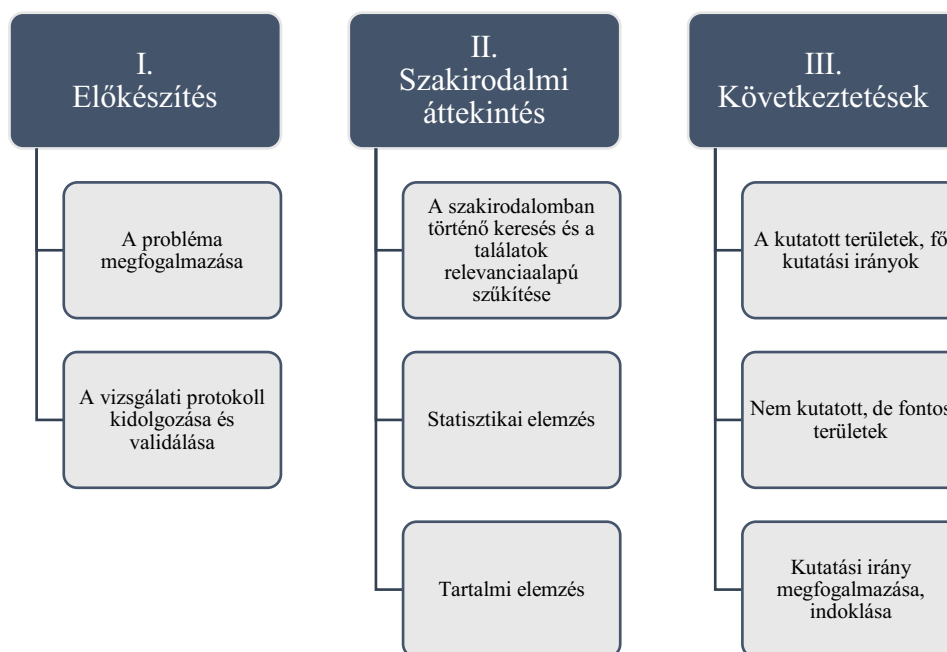
### 2.1. A szakirodalmi áttekintés módszertani bemutatása

A szisztematikus szakirodalmi áttekintés (Systematic Literature Review=SLR) az egyik legfontosabb tudományos megközelítés annak érdekében, hogy a konkrét kutatások tanulságai elérhetővé váljanak a további kutatások érdekében. Olyan lényeges tudományos és szakmai információkat tartalmaznak, melyek támogatják a tervezési folyamatokhoz kapcsolódó döntési feladatokat, és elősegítik a konklúziók felismerését a jövőbeni még potenciált rejtő kutatási irányok megfogalmazásához.

#### 2.1.1. A módszeres irodalomkutatás értelmezése

Az ellátási láncok tervezésénél szükségessé vált egy szigorúbb, rendszerszintű szakirodalmi áttekintés, hiszen ezzel megalapozhatók a tudományos kutatások, tervezések, és oktatások tárgykörei. A szisztematikus módszerek alkalmazása kiváló lehetőséget hordoz magában, hiszen tovább csökkenthetők az érzelemalapú kiválasztások hibalehetőségei, és ezek kockázatai, valamint a szakirodalmi kutatás lépései jól reprodukálhatók, áttekinthetők a jövőbeni fejlesztések, aktualitások és trendek beillesztéséhez. Az érzelemalapú kiválasztás esetén az egyik lehetséges kockázati tényező például az egyes felek között lévő interperszonális kapcsolat [11].

A következőkben bemutatom a szisztematikus szakirodalmi áttekintés módszertanának egy új szemléletű megközelítését, hiszen korábban nem volt jellemző ezen útmutatások rögzítése vagy ismertetése [12]. Céлом az, hogy bemutassam, hogyan lehet az alapvető kutatásokat jobban megérteni, ezek hasznosságát összefoglalni és felhasználni a kutatásom szempontjából is. Ezen vizsgálódások jelentős hatást gyakorolhatnak a felmerülő kutatási kérdések megválaszolására, a szakmai iránymutatások definiálására és a különféle szabványok kidolgozására.



1. ábra A szisztematikus irodalomkutatás módszertani lépései [Saját szerkesztés]

Az 1. ábra szerint az SLR-folyamat három főbb részfolyamatot tartalmaz:

- I. Előkészítés: a felülvizsgálandó terület azonosítása a kutatási kérdések meghatározásához, valamint a felülvizsgálat protokolljának kidolgozása;
- II. Szakirodalmi áttekintés: a kiválasztott publikációk komplex áttekintő feldolgozása;
- III. Következtetés: a lehatárolt, kielemezett és vizsgált szakirodalmak tanulságainak, valamint a következtetéseknek a rögzítése, elemzések leírása [I2].

A módszertan új megközelítésének szempontjait a következőképpen definiálom:

- a probléma megfogalmazása,
- a vizsgálati protokoll kidolgozása és validálása,
- a szakirodalomban történő keresés és a találatok szűkítése,
- statisztikai elemzés: az adatok kinyerése és elemzése,
- tartalmi elemzés: szempontrendszer kialakítása, és következtetések,
- kutatott területek, fő kutatási irányok,
- nem kutatott, de fontos területek és
- a kutatási irány megfogalmazása, indoklása.

A következőkben a kialakított szempontrendszer fázisainak részletes bemutatása történik meg, hiszen ezen lépések ismeretében a kutatási terület megismerhető, elemezhető és tanulságait felhasználva jelen értekezésem célkitűzései leírhatóak.

### 2.1.2. A probléma megfogalmazása

Az első lépés a kutatási kérdések megfogalmazása. Ezen kérdések elősegítik és irányítják az irodalom áttekintésének teljes folyamatát a jövőbeni kutatások elvégzésének érdekében. Az elemzés lehetővé teszi a szakirodalom releváns kiválasztását, mely a just-in-sequence ellátási folyamatok és szolgáltatások körében, valamint a just-in-time területén még potenciálokat rejtő kutatási kérdésekre is válaszokat adhat.

Ezt a lépést a szakirodalom szűkítésének is szokták nevezni, ugyanis a tématerület lényeges fókuszpontjainak meghatározása történik meg.

A szakirodalmi keresés lehetőséget nyújt a nemzetközi kutatások áttekintésére, amelyek felhasználása révén elősegíti a globális kutatási kérdések meghatározását a just-in-sequence ellátási láncok tervezési módszereinek következetes fejlesztésével kapcsolatban.

### 2.1.3. A vizsgálati protokoll kidolgozása és validálása

A második lépés az, hogy rögzítésre kerüljenek az SLR-ben alkalmazott módszerek kiválasztásának irányelvei a korrekt és valós idejű szakirodalmi áttekintés érdekében. A felülvizsgálati protokoll segítségével csökkenthető a kutatók SLR-ben való elfoglaltságának lehetősége, azaz megismerhető a szakirodalom jelenlegi helyzete a vizsgált kutatási terület vonatkozásában.

A protokoll kidolgozásának célja a strukturált kutatási kérdésekre épülő irodalom-kiválasztás kritériumainak meghatározása. Ezen kérdéseket az alábbiak szerint mutatom be:

- a) Just-in-time és just-in-sequence elvű ellátás kihívásai – kiemelten a just-in-sequence ellátási láncokban rejlő vállalati logisztikai megoldások területei;
- b) Kutatási hiányosságok keresése a just-in-sequence ellátási lánc megoldások tervezésében, tervezési módszereiben és alkalmazásaiban, valamint gazdaságosságuk és fenntarthatóságuk új szempontjainak értékelésében;
- c) A COVID-19 világjárvány okozta recesszió következményeinek feltárása és legfőbb tanulságainak rögzítése, valamint a kialakult helyzet kezelését szolgáló best-practice (jó gyakorlatok) bemutatása – kiemelten a logisztikai ellátásban és ennek hatásaiban.



A vizsgálati protokoll definiálása: a vizsgálati protokollnak le kell írnia a felülvizsgálat minden elemét: a vizsgálat céljait, a kutatás konkrét kérdéseit, a kritériumokat, a keresési folyamatokat, az adatfeldolgozást, az ütemezést és konklúziókat.

A vizsgálati protokoll továbbá tartalmazza a szakirodalom áttekintését szolgáló folyamatok státuszának ellenőrzését és feladatainak meghatározását, valamint növeli a megbízhatóságot.

A vizsgálati protokoll elemei a következők:

- a probléma értelmezése alapján a protokoll definiálása,
- a vizsgálat céljának, kutatási kérdéseinek rögzítése,
- SLR-alapú szakirodalmi áttekintés főbb lépéseinek elvégzése:
  - ütemezése,
  - eljárásainak felügyelete,
  - teljesülésének ellenőrzése,
  - eredményeinek közzlése, következtetések bemutatása,
- validálás: folyamat ellenőrzése (teljesült/nem teljesült),
- megbízhatóság vizsgálata [I3].

A vizsgálati protokoll validálása: az egyes elemek sorrendi teljesülései teszik lehetővé az SLR-folyamat sikerességét, mely a folyamat validálását is eredményezi.

Fontos, hogy a szakirodalmi kutatás lépései reprodukálhatóak legyenek, a tanulmányok kiválasztásai lekövethetők legyenek.

A megbízhatóság kérdésére nehéz egzakt választ adni, akkor lehetséges értelmezni, ha mérhető az egyes elemek paraméterei. Éppen ezért tekintjük a vizsgálati protokollt egyfajta folyamatnak, amelynek egyes elemei részfolyamatokat alkotnak. A részfolyamatok validálása révén kiértékelhetővé válik a szakirodalmi kutatás folyamata, mely csökkenti a rendszerben lévő bizonytalanságokat, képes azonosítani a gyenge pontokat és ezek okait, valamint lehetővé teszi a megfelelő minőség elérését.

Megbízhatósági vizsgálatom alapja az MSZ EN ISO 9001 szabvány irányelvrendszere és a benne lévő 9004-4 szerinti eszközháttér, amely mérhetővé teszi a folyamatom elemeit.

Az alkalmazott módszer rövid ismertetése:

a PDSA elv vagy, a Deming-ciklus 1986-ban született meg. A mozaikszó elemeinek jelentése a következő:

- P: Tervezd meg a vizsgálatot (plan),
- D: Végezd el a vizsgálatot (do),
- S: Tanulmányozd, elemezd a problémát (study),
- A: Szükség esetén avatkozz be a folyamatba (act) [I2].

Lényeges különbség a hagyományos PDCA elv harmadik fázisához képest az, hogy megvizsgálja és elemzi az egyes elemek teljesülését a folyamat adott szegmensében.

Ezen változat kutatói célközönség számára készült, mely segíti az egyes lépések áttekinthetőségét, elemzését, a problematikus területek azonosítását, valamint a fölösleges, oda nem illő aktivitások eltávolítását a jövőbeni kutatási törekvések érdekében.

A folyamat érzékenysége szükségessé teszi a szakirodalmi kutatás mérhetőségének kialakítását, ami egyfajta folyamatként elemzi azt, különböző minőségi és mennyiségi mutatók alapján. Jelen elemzés célja az SLR-vizsgálati protokoll folyamatának fejlesztése.

A fentiek alapján egy olyan új SLR-PDSA munkalap került kidolgozásra (lásd 2. ábra), melynek segítségével a vizsgálat elvégezhető, mérhető és dokumentálható a jövőbeni fejlesztések érdekében.

Itt fontos megjegyezni, hogy a módosított protokoll alkalmas későbbi kutatási célok eléréséhez is, kvázi útmutatóként használható. A protokoll szükség szerint módosítható, kiegészíthető, valamint frissíthető az irodalomkutatás hatékonyságának javítása és hasznossága érdekében.



# SLR-PDSA Munkalap



Szervezeti egység	Név	Dátum

SLR projekt/kutatás megnevezése
A szakirodalmi keresés célja:
A vizsgálati protokoll ellenőrzésének indoklása

<p style="text-align: center;"><b><u>I. TERVEZÉS</u></b></p> <p><u>Vizsgálati folyamat rövid leírása:</u></p> <p><u>A vizsgálati protokoll címcincik áttekintése, elvégzendő feladatok rögzítése:</u></p> <p><u>Várható eredmény értelmezése:</u></p> <p style="text-align: center;"><b><u>II. VÉGREHAJTÁS</u></b></p> <p><u>Egyes részfolyamatok teljesülésének ellenőrzése:</u></p> <p><input type="checkbox"/> Igen <input type="checkbox"/> Nem</p> <p><u>Ha nem, akkor melyik elemnél tapasztal eltérést:</u></p> <p><u>Megfigyelések leírása:</u></p>	<p style="text-align: center;"><b><u>III. TANULMÁNYOZÁS</u></b></p> <p><u>Vizsgálati folyamat megfelel-e a célkitűzéseknek?</u></p> <p><input type="checkbox"/> Igen <input type="checkbox"/> Nem</p> <p><u>Előző felülvizsgálattól való eltérések, tapasztalatok:</u></p> <p style="text-align: center;"><b><u>IV. BEAVATKOZÁS</u></b></p> <p><u>Vizsgálat kiértékelése:</u></p> <p><input type="checkbox"/> <u>Elvetés</u></p> <p><input type="checkbox"/> <u>Alkalmazás</u></p> <p><input type="checkbox"/> <u>Elfogadás</u></p>
---	---

**Intézkedések, fejlesztési javaslatok ismertetése**

.....

.....

.....

.....

-----  
**Aláírás**

2. ábra SLR-PDSA munkalap kialakítása [Saját szerkesztés]

## 2.1.4. A szakirodalmi keresés

A részletes keresés folyamatának meghatározása fontos a reprodukálhatóság szempontjából. Ez az alábbi keresési részfolyamatokra bonthatók:

- A kapcsolódó tudományos cikkek felkutatása különféle online szakirodalmi források segítségével, adatbázisok feltérképezése (Scopus, Research Gate, Google Scholar, Web of Science és Science Direct) mellett történik meg. A keresésem alapja a Scopus adatbázissal történő keresés, hiszen ez az egyik legelterjedtebb platform.

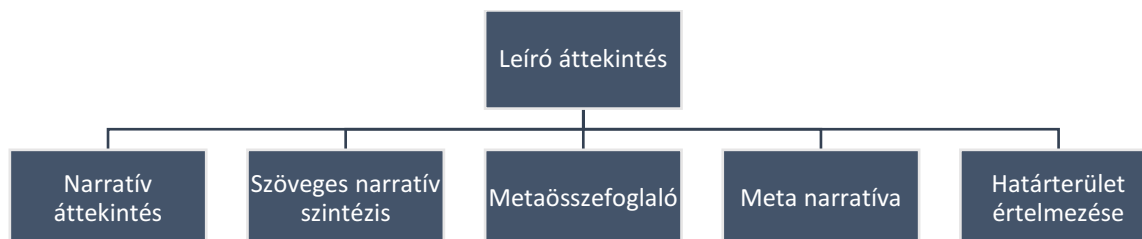


- A releváns szakirodalmi tanulmányok beazonosítása és lehatárolása a kutatómunkához. Ezt megkönnyíti a keresési kulcsszavak használata, hiszen ezáltal pontosabb, átfogóbb képet kaphatunk a tématerület aktualitásairól és tudományos állásáról az ellátási láncok tárgykörében – kiemelten a just-in-sequence ellátási láncok tervezési módszereinek fejlesztését illetően.
- A Scopus adatbázisban való kereséshez a következő kulcsszavakat adtam meg: "just-in-time" és "sequence". A keresésre kapott találatok száma 565 cikk volt, amit azonosítani tudtam.
- Az eredmények finomítása következik annak érdekében, hogy megtaláljam az összes fontos publikációt az azonosított cikkek között. A finomítás alapja egy olyan szűrési eljárás, melyhez meg kell határozni néhány szükséges befogadási és kizárási kritériumot. Az összes kritérium meghatározása ebben a fázisban döntő fontosságú, mivel számos kapcsolódó cikket találtam a just-in-time és just-in-sequence folyamatok esetében. Ez azt jelenti, hogy minden olyan jellemzőt figyelembe kell venni, mely az igényelt minőségű szakirodalmi szűkítést eredményezi.
- Tehát az eredmények finomhangolása érdekében az összes kapcsolódó, és nem ismétlődő publikáció megtalálása a cél. A 3. ábra mutatja be a finomítás alapjait képező szűrési eljárást, melynek leírásához szükséges a befogadási és kizárási kritériumok meghatározása. A befogadási és kizárási kritériumokat a következőképpen definiálom: (1) „open access” hozzáférés kiválasztása, (2) a kutatás szempontjából releváns témakörök tudományterületeinek kiválasztása: informatika-, mérnöki tudományok, matematika-, döntéstudományok, üzlet-, menedzsment- és számvitel-, multidiszciplináris tudományok, illetve társadalomtudományok tárgyköreinek szűkítése. Ezután kizárási kritériumként adom meg (3) azon cikkek eltávolítását, melyek nem relevánsak a kutatási téma és a kutatás kitűzött célja szempontjából, valamint (4) a tudományág szempontjából nem releváns idegen nyelven íródtak. Végül (5) hozzáadtam egyéni keresés útján kiválasztott egyéb hasznos cikkeket vagy könyveket is.

A fenti módszerek alkalmazásával a kutatási kérdések perspektívájából kategorizáltam a publikációk teljes szövegében található információkat (lásd 12.1. melléklet). Ennek eredményeként a tudományos eredmények szempontjából történő osztályozás és értékelés végső listája 76 db közleményt tartalmaz.

### 2.1.5. Az adatkivonatolás és az elemzés

A szakirodalom ismeretében megállapíthatom, hogy az adatkivonatolásra és elemzésre számos szintézis módszer létezik, attól függően, milyen céllal készül az irodalomkutatás. Ehhez kapcsolódóan kerülhet sor az ismert módszerek felhasználására, melyek segítségével az ismerethalmazok, mint adatok áttekinthetők. Az egyik legelterjedtebb kategória a leíró célú áttekintés, mely megvizsgálja a szakirodalom aktuális állapotát egy-egy adott kutatási kérdéssel, témakörrel vagy fogalommal kapcsolatban.



3. ábra A szakirodalmi leíró áttekintés típusai [13]

A 3. ábra bemutatja a leíró elemzések jellegzetes típusait. Lényeges tulajdonsága a leíró elemzésnek az, hogy nem célja az irodalom kibővítése, hanem inkább a szakirodalomnak az áttekintés időpontjában fennálló helyzetéről számol be. Valószínűleg a leíró áttekintésekben van a legtöbb eltérés, mivel sokféleképp történik meg az adatok kinyerése, elemzése és szintetizálása.

## 2.1.6. A leíró elemzés

Az adatkivonatolási és elemzési folyamatok után az adatokat a felülvizsgálatnak megfelelően, a kiválasztásuk paramétereit szerint rendszerezem. Ezután több egyéni diagramot, táblázatot és szöveges leírást készítek az áttekintett irodalmi jellemzőkről, ennek célja az, hogy a rendelkezésre álló szakirodalmi források statisztikai elemzése alapján válaszoljak a 2.1.3. alfejezetben megfogalmazott kérdésekre.

Ahogy már említettem, a Scopusban szereplő szakirodalmi források tartalmi elemzését mutatom be, hiszen ez az egyik legnagyobb elektronikus adatbázis. Továbbá a lektorált közlemények idézése is számottevő forrásként szolgál a kutatók szakirodalmi munkáiban, hiszen lehetőséget nyújt a világ kutatási eredményeinek áttekintésére, értelmezésére és további feldolgozás lehetőségeinek azonosítására. Ezen célok támogatására a Scopus eszközeit biztosít arra, hogy jelen esetben is megkereshettem azokat a lehatárolt kutatásokat, melyeket áttekintettem és elemeztem a kívánt követelményeknek megfelelően.

A fenti előnyök kihasználásának érdekében választottam ezt a platformot az azonosított közlemények statisztikai elemzésére. Ez részletesen bemutatja az adott publikáció elhelyezkedését a nemzetközi szakirodalomban.

A 2.1.4. alfejezetben elvégeztem a szakirodalmi keresést, melynek alapja a kulcsszavak segítségével történő keresés. A kapott találatok azt mutatják, hogy jelen kérdéskör kutatása népszerű az egyes tématerületek vonatkozásában, valamint megfigyelhető a kutatások multidiszciplináris jellege. Ennek okán számos cikk foglalkozik a gyártási folyamatok és szolgáltatások just-in-time és just-in- sequence ellátásával.



4. ábra A megjelent cikkek megoszlása a Scopusban végzett keresés alapján, szakterületi szempontok szerint [Saját szerkesztés]

A cikkek témakörök szerinti megoszlását az 4. ábra mutatja be. A kutatások középpontjában a műszaki és mérnöki szakterületek állnak, de a pénzügyi szempontok fontosságát az üzleti, menedzsment és pénzügyek aránya is kiemeli. Az ellátási lánc megoldásai összetettségük révén komplex modellekhez vezetnek, és ezek megoldásai robusztus optimalizálási módszereken alapulnak (például heurisztikák, metaheurisztikák).



5. ábra A kulcsszavak megoszlása a megjelent cikkekben a Scopusban végzett keresés alapján [Saját szerkesztés]



Az ellátási láncok teljesítményére és fenntarthatóságára nagy hatást gyakorolnak bizonyos világgazdasági tényezők, és rendkívüli, vis maior helyzetek, ilyen például a COVID-19 világjárvány és annak az ellátási láncokra gyakorolt hatása. Emiatt figyelembe kell venni számos tényezőt, illetve ezek hatásait: ilyen szempont lehet az energiahatékonyság és a környezeti hatások.

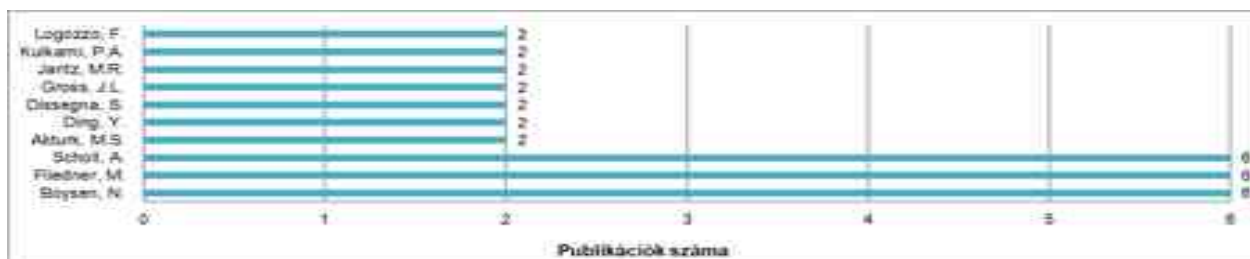
A just-in-sequence ellátási lánc működése komplex döntéshozatali megoldásokat igényel a termelő- és szolgáltatási logisztikai folyamatokban – kiemelten a belső és külső vállalati folyamatokban és ezek tevékenységeiben. A cikkekben használt kulcsszavak eloszlása (lásd 5. ábra) ugyanezt a tendenciát mutatja.

A témához kapcsolódó közleményeket az elmúlt 10 év vonatkozásában vizsgáltam meg, mely az adott év publikált cikkeinek számát mutatja meg (lásd 6. ábra). Ebből is jól látható, hogy a publikált cikkek száma az elmúlt 10 évben markánsan nem változott, amely mutatja e kutatási terület töretlen népszerűségét.



6. ábra Témához kapcsolódó publikációk száma a megjelenési évek szerint a Scopusban végzett keresés alapján [Saját szerkesztés]

Ezt követően további elemzésként meghatároztam a 10 legtöbbet publikáló szerző személyét (7. ábra). Kiderült, hogy a legtöbbet publikálók átlagosan 3 db közleményt tettek közzé. Valamint kettő vagy annál több közlemény összes szerzői száma csupán 17 fő.



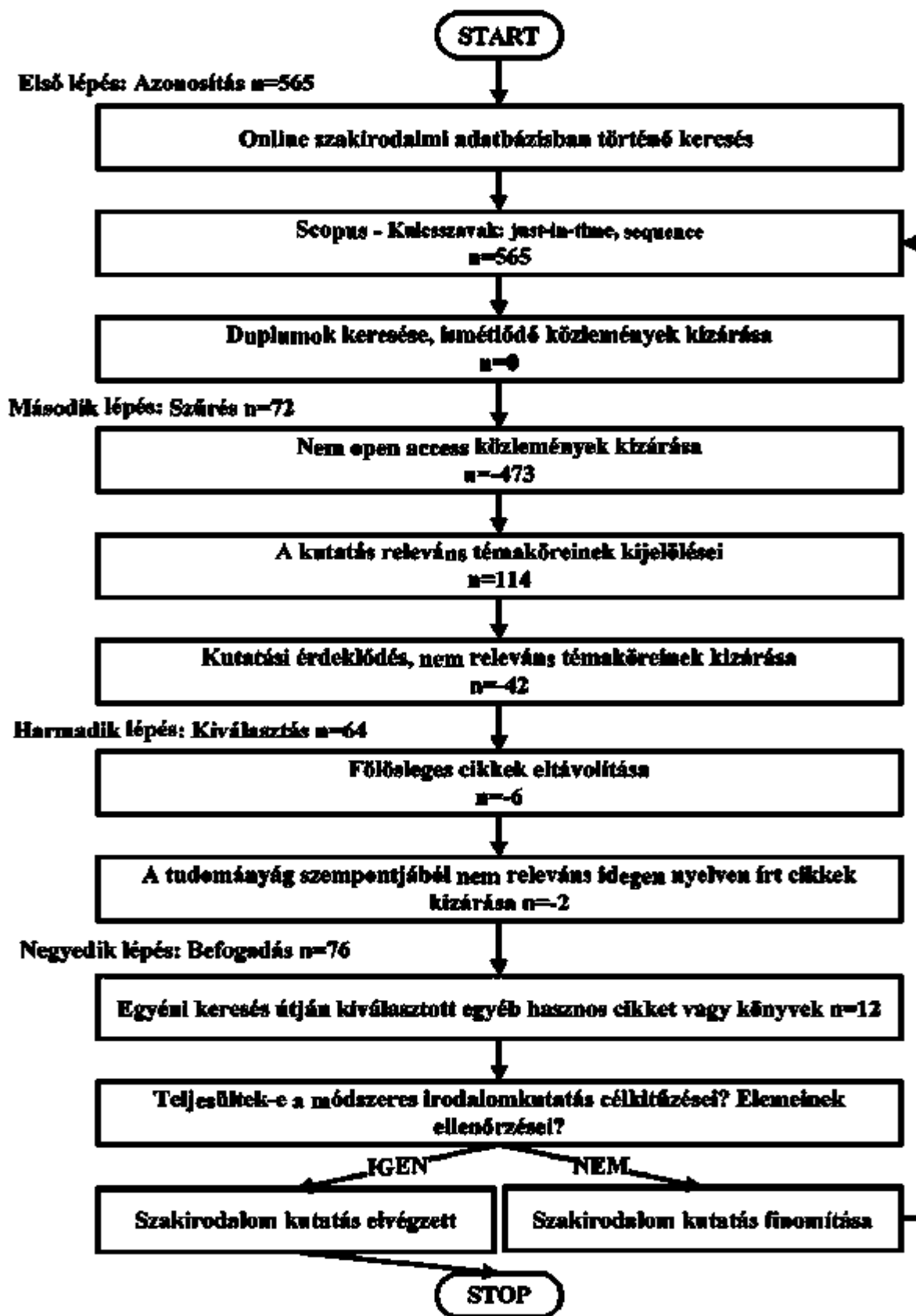
7. ábra Megjelent cikkek száma a témához kapcsolódó, 10 legtöbbet publikáló szerző esetében Scopusban végzett keresés alapján [Saját szerkesztés]

Ahogy a szerzői közlemények nemzetiségi eloszlása mutatja (lásd 8. ábra), a just-in-sequence ellátási lánc kihívásainak mélyebb vizsgálata globális kihívásokat rejt, hiszen szükség van folyamataik tudatos tervezésére, üzemeltetésére és fenntartására.



8. ábra A cikkek megoszlása a szerzők nemzetisége szerint a Scopusban végzett keresés alapján [Saját szerkesztés]

Ahogy a 9. ábra is jól reprezentálja, a szisztematikus irodalomkutatás eredményeként lehatároltam 76 db tudományos közleményt – a Scopus adatbázisban történő SLR irodalomkeresés segítségével. A kapott közlemények az ismertetett SLR-vizsgálati protokoll eljárása alapján kerültek kiválasztásra, melyek alapján a következő átfogó tartalmi elemzésre kerülhetett sor.



9. ábra A Módszeres irodalomkutatás folyamata és értékelése [Saját szerkesztés]

A módszeres irodalomkutatás helyes kialakítása döntő jelentőségű a kutatómunka sikerességének érdekében, hiszen ki kell szűrni a nem kapcsolódó és nem releváns más szakterületi eredményeket. Ennek érdekében olyan komplex struktúra-rendszer kialakítására volt szükség, mely tartalmazza az eljárás döntő folyamatait és a kiválasztási kritériumok kapcsolatait. Ahogyan a 9. ábra is mutatja, a módszertan struktúrája lehatárolja a tématerület megfelelő szegmenseit és a kapcsolódó igényvezérelt befogadási- és kizárási követelmény-rendszert, melynek segítségével megkaptam az  $n$  elemű tudományos közlemény bázisát a kutatási irányvonalak megfogalmazásához [12].

Összességében megállapítható, hogy az adott tématerülethez kapcsolódó kutatásokat át kell tekinteni, mielőtt felhasználjuk azokat az új eredmények kidolgozásához, valamint jövőbeni kutatások definiálása érdekében.

A továbbiakban a kutatót tématerület logisztikai aspektusainak vizsgálati lehetőségeit mind vállalati belső folyamatokra, mind külső folyamatokra egyaránt vizsgálom, hiszen fontos szerepet töltenek be a gyártók és szolgáltatók ellátásának területén.

### 2.1.7. A tartalmi elemzés

A szakirodalmi kutatás eredményeként fellelt közlemények feldolgozásra kerültek, ez alapján az eredmények kellő biztonsággal összegezhetők. Jelen tartalmi elemzés átfogó képet adhat a nemzetközi szakirodalom helyzetéről, lehetőséget nyújthat a kutatók munkásságának megismerésére, illetve a kapcsolódó ismeretek adaptálására és jövőbeni fejlesztési potenciálok azonosítására.

Ezenfelül bemutatom a kutatási területem főbb megállapításait, a kapcsolódó releváns tudományos eredmények összefoglaló elemzését. Az elemzett tanulmányok nem csak kvantitatív vagy kvalitatív adatokat tartalmaznak, hanem SLR-ben ajánlott narratív összefoglalókat is.

Korunk hétköznapi kihívásai, felhasználóink szokásai és igényei a gazdasági recesszió miatt folyamatosan formálódnak, a gazdálkodási és környezeti fenntarthatóság elvárásaként jelenik meg a vállalatok működésében.

A just-in-sequence ellátási láncok tervezési módszereinek fejlesztése témakörben azonosítható jelentősebb szakirodalmi ismereteket az alábbi altémakörökre osztom, ezen rendszerezés alapján végeztem az elemzést.

A szakirodalmi kutatás eredményeként az alábbi szakirodalmi alkategóriákat definiálom, melyek összefoglalják azon területeket, amelyek segítségével sikerült átfogó képet kapnom a just-in-time és sequence kutatás aktualitásairól:

- Logisztikai célok és feladatok
- Ellátási láncok szerepe
- Módszerek
  - Matematikai modellek,
  - Algoritmusok,
  - Heurisztikák,
  - Szimulációs technikák.
- COVID-19 JIT/ JIS alkalmazásai

#### 2.1.7.1 Logisztikai célok és feladatok

A vállalatok életében széles körben elterjedt a Toyota termelési rendszer (TPS) alapelveinek bevezetése, melynek segítségével különféle hatékonyságnövelő eljárásokat és módszereket integrálnak a vállalati működés szervezésére, koordinálására és irányítására.

Olyan kiemelt célokat tűznek ki, mint az üzemen belüli és kívüli folyamatok folyamatos fejlesztése, a hatékonyság növelése vagy éppen a piaci stabilitás megőrzése. Tehát törekednek a jó minőségű termékekkel történő kiszolgálásra alacsony működési költségek mellett, amihez különböző döntési modellek felhasználásával teljesítik a vevői igényeket.



Globális megközelítésben, gondolhatunk a közösségi szolgáltatásokra, mint például a közlekedési rendszerek: a közúti, a vasúti, a vízi és a légi szállítási módok [S1], a gazdaságos és környezettudatos közép- és hosszútávú áruszállítás alterületei [I4].

Ipari megközelítésében, a bonyolult gyártási rendszerek és a hozzájuk szorosan kapcsolódó szolgáltatások zavartalan ellátási-lánc működését kell érteni, melyek a felhasználók különféle igényeit szolgálják ki optimális működtetés révén.

A vállalatok fókuszja a technológiai és logisztikai erőforrások optimális hasznosítására összpontosul, ami kulcsfontosságú kihívássá vált a logisztikai szektor résztvevői számára – különös tekintettel a termelési és szolgáltatási szektor területein.

Az egyre növekvő igények teljesítései túlmutatnak a hagyományos termékek előállításán, melyek lehetővé tették az alaptermék-variációk termelési problémáinak megoldását [I5] ugyanazon a szerelősoron [I6].

Ehhez újszerű ütemezési modellek kidolgozására volt szükség, hiszen lényegesen bonyolultabbá váltak az egyes gyártási szintek közötti tervezési feladatok, amihez pontosabb megoldási eljárások kidolgozása vált szükségessé [I7]. Az ütemezés sorrendiségi problémáit heurisztikus megoldási megközelítésekkel oldjuk fel [I8].

A készletezési modellek vizsgálata hasonlóan történhet, aminek fókuszában a saját működési költség minimalizálása áll [I9]. A BMW gyár is erre törekszik [I10], hiszen komplex raktári kiszolgálást biztosít felhasználói részére [I11].

Számos könyv és cikk jelent meg, amelyek bemutatják a just-in-time és a just-in-sequence, valamint a vállalatok közötti lean rendszerek alkalmazásának előnyeit, amelyek támogatják az egzakt megoldási eljárások finomhangolását [I12].

### 2.1.7.2 Az ellátási láncok szerepe

A just-in-time és just-in-sequence elvein alapuló korszerű intermodális logisztikai rendszerek kialakítása a vállalati szféra több üzletágára is kiterjedt.

A just-in-time és just-in-sequence ellátási láncokba integrált gyártó rendszerek elemzése különböző módszerek alapján megismerhető. Illetve a megfelelő szempontrendszer szerint a termelési költségek és a szolgáltatás minősége értékelhető a további fejlesztések érdekében, mint például a végtermék kiszállításának megbízhatósága [I13].

A gyakorlati alkalmazás azt mutatja, hogy az auditálás jelentősen támogatja a termelő és szolgáltató folyamatok tervezését, kialakítását és esetleges javítását. Ezzel lehetővé teszi a résztvevők közötti kommunikáció, valamint az egyes üzemfolyamatok javítását – a partnerségen alapuló optimalizálás érdekében [I14]. A just-in-sequence stratégia az egyik legnépszerűbb lean módszer, hiszen számos ismert előnye van: mint például a költségek ellenőrzése, az ellátási lánc kockázatainak csökkentése [I15], a folyamatban lévő készletek és ezen kapacitások stabilizálása a termelési hálózatok szervezatközi szintjein keresztül, továbbá a már említett külső logisztikai szolgáltatók feladatainak támogatása [I16]. A szolgáltatások minőségének javítása érdekében olyan operatív döntési jellemzőket kell figyelembe vennünk, amelyek a szolgáltatások innovációs fejlesztését vagy újra-szervezési lehetőségeit határozzák meg [I17].

A just-in-time és just-in-sequence kihívások a megoldások különböző aspektusait határozzák meg [I18]: mint például (1) a logisztikai problémák megoldását szolgáló koncepciók kialakítása, (2) a változó vásárlói igények ellátási láncsal szemben támasztott követelményeinek kezelése, és (3) az iparpolitika megváltoztatására reagáló áruk és szolgáltatások hatékony előállítása. Valójában a JIT/JIS stratégiák hatása figyelhető meg (4) az egyes gyártási és logisztikai folyamatok újjászervezésében [I19], (5) a kapacitás allokációk hatékony ütemezésében és (6) az ellátási lánc menedzsment (SCM) hatékonyságának növelése érdekében [I20].

A megújuló ellátási lánc a globális ellátási láncokhoz kapcsolódik, amik olyan korszerű és új ellátási lánc stratégiákat igényelnek, amelyek képesek támogatni az egyes ágazatok közötti hatékonyabb kommunikációt. A hálózatba rendeződött partnerek ellátási lánc problémáinak megoldásait a kölcsönös kapcsolat határozza meg. A partnerek együttműködésével és a modern technológiák felhasználásával rendkívül hatásos és fenntartható ellátási összefonódások alakíthatók ki.



Az ellátási lánc megoldások változatainak kialakítása a technológiai és logisztikai rendszereken alapul. Az említett folyamatok több logisztikai funkcionális szintet is magukba foglalnak, ahol az egyes szintek egymással kapcsolatban állnak. Ezen rendszerek általában hagyományos rendszerbeli lépéseket követnek, amelyek már ismeretesek.

A just-in-sequence tervezését az ellátási lánc megoldások szempontjából vizsgálom. A just-in-sequence ellátás számos előnnyel rendelkezik a gyártói és beszállítói folyamatok tekintetében [I21], emiatt az autóipar az alábbi feladatokra helyezte figyelmét [I22]: a legkisebb tételszámú termékek előállítására minimális készlet mellett [I23], a szupermarketek és a decentralizált logisztikai területek fókuszára [I24], a teljes tényleges átfutási idő minimalizálása [I25], az autóipar bejövő logisztikai folyamatának just-in-sequence szempontú javítása [I26], a szolgáltatások javítása RFID rádiófrekvenciás azonosítás alkalmazásával és a mesterséges intelligencia felhasználása osztályozási modellek kidolgozására [I27], valamint a teherautó szerelvények felhasználása a nagyobb mennyiségű és tömegű anyagok beszállítására [I28].

A gyártási folyamatok az alábbi operatív logisztikai alrendszereket tartalmazzák: a beszerzési, a gyártási, a vevői és az inverz folyamatok együttesét.

A gyártó és a külső logisztikai szolgáltató vállalatok (3PL) többszekvenciás (multi-sequence) hálózatként kapcsolódnak össze, ami egyre összetettebbé teszi az ellátási lánc folyamatok működési környezetét, különösen a gyártói és szolgáltatói rendszereket [I29]. Ezek a just-in-sequence hatásaira összpontosítanak, folyamatainak zökkenőmentes működtetésére [I30].

Az autóipari és a mechatronikai összeszerelési folyamatokban az egyik legfontosabb kihívás az „Ipar 4.0” megoldások bevezetése a just-in-sequence ellátási lánc fejlesztéseken belül [S2]. A technológiai és logisztikai erőforrások ütemezése a logisztikai piac egyik fő területévé vált, kiemelten a just-in-sequence ellátási láncok területén. A vállalatok elkötelezettek abban, hogy a kapacitásaik korrekt felhasználásával maximalizálják az ellátási folyamatok hatékonyságát és csökkentik a gyártási és kiszolgálási folyamatok költségeit.

A just-in-sequence stratégiákat a just-in-time koncepció újraértelmezésének tekintik. A résztvevők hálózatban történő integrációja elősegíti a szabványosított folyamatok bevezetését, illetve olyan ellátási stratégiák megvalósítását, mint a just-in-time vagy just-in-sequence stratégiák [I31]. Ezen koncepciók segítik az ellátási láncra épülő gyártási folyamatok megújítását és a kapcsolódó szolgáltatások teljesülésének ellenőrzését:

1. a hagyományos ellátási lánc fejlesztése [I32],
2. a modern és innovatív módszerek adaptálása a gyártási és szállítási folyamatokban és
3. a közbenső termékek biztosításában [I33],
4. a szolgáltatások magasabb minőségének elérése érdekében,
5. a környezetterhelés mérséklése,
6. a káros anyag kibocsátásának csökkentése,
7. a kívánt termékek ütemezési és kiszállítási feladatai a vevők kiszolgálásának érdekében a legalacsonyabb költségfordítással a teljes ellátási láncra keresztül [I34],
8. kiemeli az egyes gyártórendszerek főbb hálózati jellemzőit a logisztikai tevékenységek [I35] forrásainak megtervezésével [I36] és ütemezésével.

### 2.1.7.3 Módszerek

Számos olyan kutatás jelent meg, amely már módszertani háttérrel foglalkozik, beleértve a logisztikai problémák megoldására szolgáló matematikai modelleket és programváltozatokat, az analitikus- és heurisztikus algoritmusokat [S1], heurisztikákat, és a szimulációs technikákat is.

A szakirodalomban található olyan matematikai és rendszerszintű modellek, amelyek a just-in-sequence ellátási filozófiával kapcsolatos döntések támogatására szolgálnak. A matematika tudományterülete hozzájárul ezen rendszerek korrekt kialakításához, hiszen támogatja a komplex számítások átláthatóságát, elvégzését adott problémák jobb megértése, illetve megoldása érdekében.

A just-in-sequence matematikai szempontjainak felhasználása optimalizálási problémákra is alkalmazható, többcélú (multi-objective) optimalizálásokra.





A Webster-sorozat formuláit alkalmazva olyan optimális elosztási és ütemezési célú elrendezések alakíthatók ki, melyek megoldják az ütemezési problémákat [I37].

A fuzzy modell képes támogatni az automatizált rendszerek életciklusának követését, hiszen paraméterszintű tulajdonságokat ellenőriz le, kiemelten az információs logisztika terén [I38]. A vizuális „tuning teszt” során egy adott tesztképből bináris kérdések sztochasztikus sorozatát állítja elő az adott objektumok tulajdonságainak és ezek kapcsolatainak vizsgálatára [I39].

A nyomkövető (tracing compilation) modell segítségével a szállítási folyamatok is fejleszthetők, hiszen kiválasztja az optimális útvonalakat, hasonlóan a felesleges, vagy ritkán használt eszközök tárolói (dead-store) eliminációkhoz [I40, I41].

Különböző módszerek kombinált felhasználásával kapcsolat mutatható ki az ellátási lánc teljesítményének javulása és a gazdasági fejlődés fokozódása között. Ezen megoldások az alaptevékenységek körére is értendők, ahol a vállalatirányítási rendszerekben történő integrálhatóságuk révén a teljes üzleti folyamatot támogatják.

A kívánt végtermék minősége érdekében elengedhetetlen a jól megtervezett és kivitelezett gyártó- és szolgáltató folyamatok biztosítása. A Visilean szoftver képes a projektfolyamatok-, illetve a gyártási és szerelési folyamatok vizuális ellenőrzésére, ami lehetővé teszi a működési eljárások javítását képző javaslatcsomagok megfogalmazását. Valós időben vizualizálja az időkereteket, a termelési szolgáltatásokat, és azok szekvencia sorrendjét [I42]. A szoftver a szolgáltatás alapú alkalmazások (SBA) dinamikus adaptálásával a megbízhatóság biztosításának kulcsfontosságú eszközévé válik, különösen jellemző lehet az állapotfüggő szolgáltatások just-in-time alapú főlegesen tevékenységek felismerésének és ezek kompenzációinak felszámolása esetében [I43].

A dinamikus termelési folyamatok hatékonyságának támogatására progresszív (finite progressive) programozási modellt fejlesztettek ki, melynek segítségével optimalizálhatók az összeszerelési műveletek a gyártási idő csökkentése érdekében [I44].

Az előregyártott alkatrészek gyártási folyamatának javítását a Flow felhőalapú program segítségével támogatják [I45], ami biztosítja a különböző munkaállomások igényeinek kiszolgálását, valamint csökkenti a túltermelésből adódó, illetve, a szállításhoz és a készletekhez kapcsolódó pazarlásokat.

A vállalatok a berendezések tervezésével elősegítik a just-in-sequence típusú vevői igények kiszolgálását, hiszen a dinamikus programozási modell lehetővé teszi az újra konfigurálható vibrációs képernyővel ellátott (RVS) gépek költséghatékony működtetését [I46].

A kiterjesztett véges állapotú automatákon PCA-alapú előrejelzések segítségével pontos és hatékony hívássorozatokat definiálhatók, amelyek számos új lehetőséget nyitnak meg a dinamikus programozás optimalizálása előtt [I47, I48]. A szükséges adatstruktúrák a just-in-time adatstruktúrák (JitDS) programozási nyelv segítségével fejleszthetők, így az adathalmazok megfelelő sorrendjére összpontosítanak [I49]. A Dalvik-féle Virtuális gép (VM) teljesítményének javítására számos technika létezik, az egyik módszer a just-in-time program fordítása, hiszen a gyakran végrehajtott utasítássorozatokat alakítja át gazdagépi kóddá [I50].

A hibrid modell prediktív vezérlése (HMPC) egy olyan vegyes logikai dinamikus (MLD)-keretrendszer alapú programsémát mutat be, amely segítségével létrehozza a szekvenciális döntési irányelveket. A szekvenciális döntésekkel szemben támasztott követelményeit vegyes egészértékű lineáris korlátozásoknak ábrázolja [I51]. A gráfelméleti megközelítések számos olyan korszerű modellezési megoldást eredményeztek, melyek révén a komplex rendszerek tervezésének hatékonysága fokozható [I52].

Számos olyan módszer is rendelkezésre áll, mely a just-in-sequence ellátási lánc elemzésére alkalmas algoritmikus megoldások kifejlesztésére irányulnak, beleértve a genetikus, az ant-colony, flower-pollination és a fuzzy bi-objective algoritmusokat. A heurisztikus optimalizálás hatékonyságának folyamatos fejlesztése szükséges [I53], mellyel az NP-hard problémák megoldhatóak [I54]. A multi-objective particle swarm algoritmus is ütemezési probléma megoldására használható, amely elősegíti a fenntartható termelésütemezés kialakítását, valamint az algoritmus teljesítménye más heurisztikákkal értékelhetővé válik [I55, I56].



Az adatbányászati algoritmus (FlowGSP) a végrehajtási folyamat grafikon (EFG) alútvonalaihoz kapcsolódó attribútum-sorozatokat határozza meg, valamint különösen hasznos olyan programok esetében, melyek végrehajtását nem a gyakran végrehajtott ciklusok szegmensei alkotják [I57].

A termelési minőség alapú keretrendszer kialakításával olyan genetikus algoritmusú fázisválasztás történik, amely segítségével teljesítménynövekedés valósul meg [I58]. Ugyancsak elterjedt a genetikus algoritmusok alkalmazása a gépek tételszámainak és ezek ütemezési problémáinak megoldásaira is [I59].

A GVM-keretrendszer újszerű algoritmusokat, ütemezési és adatelrendezési technikákat alkalmaz, amelyek illeszkednek a programozási és végrehajtási modellhez a tesztgeneráló algoritmusok révén, és amelyeket a véletlenszerűen generált tesztesetek végrehajtására is használják [I60]. A frekvencia modell alapú előrejelzési algoritmus (FVEC) felhasználói cselekvéssorozatokat határoz meg, hiszen ezzel több valós adathalmazt vizsgál meg és értékeli ki [I61].

A válaszdő változási problémák (RTVP) megoldását az elektromágnesességű mechanizmus (EM) metaheurisztikus algoritmus alkalmazásával vizsgálják, aminek alapja a vonzás-taszítás mechanizmusa [I62]. A GRASP iteratív eljárású metaheurisztikus algoritmus, mely az optimális sorrend elérését szimulálja. Ezzel lehetővé teszi a szerelősorok valós idejű ütemezését, figyelembe veszi a gyártósorok kapacitásának maximalizálását, valamint az alkatrészek felhasználását és egyéb programozási kritériumokat egyaránt [I63].

A raktárütemezési probléma egy determinisztikus, több cikkből álló készletprobléma, amely korlátozza a rendelkezésre álló raktárterületet. A lépcsőzetes rendelések algoritmusait (Gallego, a Queyranne és a Simchi-Levi) integrálták egy új heurisztikus algoritmus rendelési sorrend kialakításához [I64].

A fentiekén túl más szektorban is bizonyítható az algoritmusok hasznossága. Az egyik jellemző elterjedése például az egészségügyben ismerhető fel, kiemelten a döntést támogató fitness tevékenységek monitorozására. A „HeartSteps V2” elnevezésű mobilapplikáció fizikai aktivitások végzésére irányuló javaslatokat ad [I65]. Emellett, valós képet kaphatunk emberi-készségekről, teljesítőképességről, aktivitásokról és szokásainkról [I66, I67].

A szimulációs és heurisztikus módszerek (simheuristics) integrációja révén kialakult módszerek támogatják a döntéshozatali folyamatokat, melyek segítségével egyes tevékenységek súlyai értékelhetők és sorrendbe állíthatók [I68]. A szimuláció ideális környezetet biztosít a megoldások valós környezetének ellenőrzéséhez. A szakemberek képesek valós környezetben elemezni a folyamatokat, ennek segítségével korrektebb ütemezési megoldások alakíthatók ki. Az összetett ellátási láncok és azok hálózatai a szimulációs megoldások elterjedéséhez vezettek. A javasolt módszerek szimulálhatók a problémamegoldás valós környezetében a módosított metaheurisztikus „bee-colony” módszeren keresztül, hogy megmutassák a megvalósíthatóság és hatékonyság demonstrálásának kiemelkedő pontjait [I69]. A szimulációs modellt több különálló terület hatékony strukturálására, mint a nagy ellátási lánc modellek építőelem-rendszerét fejlesztették ki [I70]. A javasolt megoldások valójában szimulációkkal validálhatók.

A POLCA kártyarendszeren alapuló logika segítségével szimulálja a termelési áramlásokban rejlő koordinációs lehetőségeket [I71]. Egy másik jellemző szimulációs eszköz, a Tecnomatix Plant Simulation program lehetővé teszi a logisztikai rendszerek digitális modelljeinek létrehozását az egyes anyagáramlási rendszerek vizsgálatára és optimalizálására [I72].

#### **2.1.7.4. A COVID-19 JIT/JIS alkalmazásai**

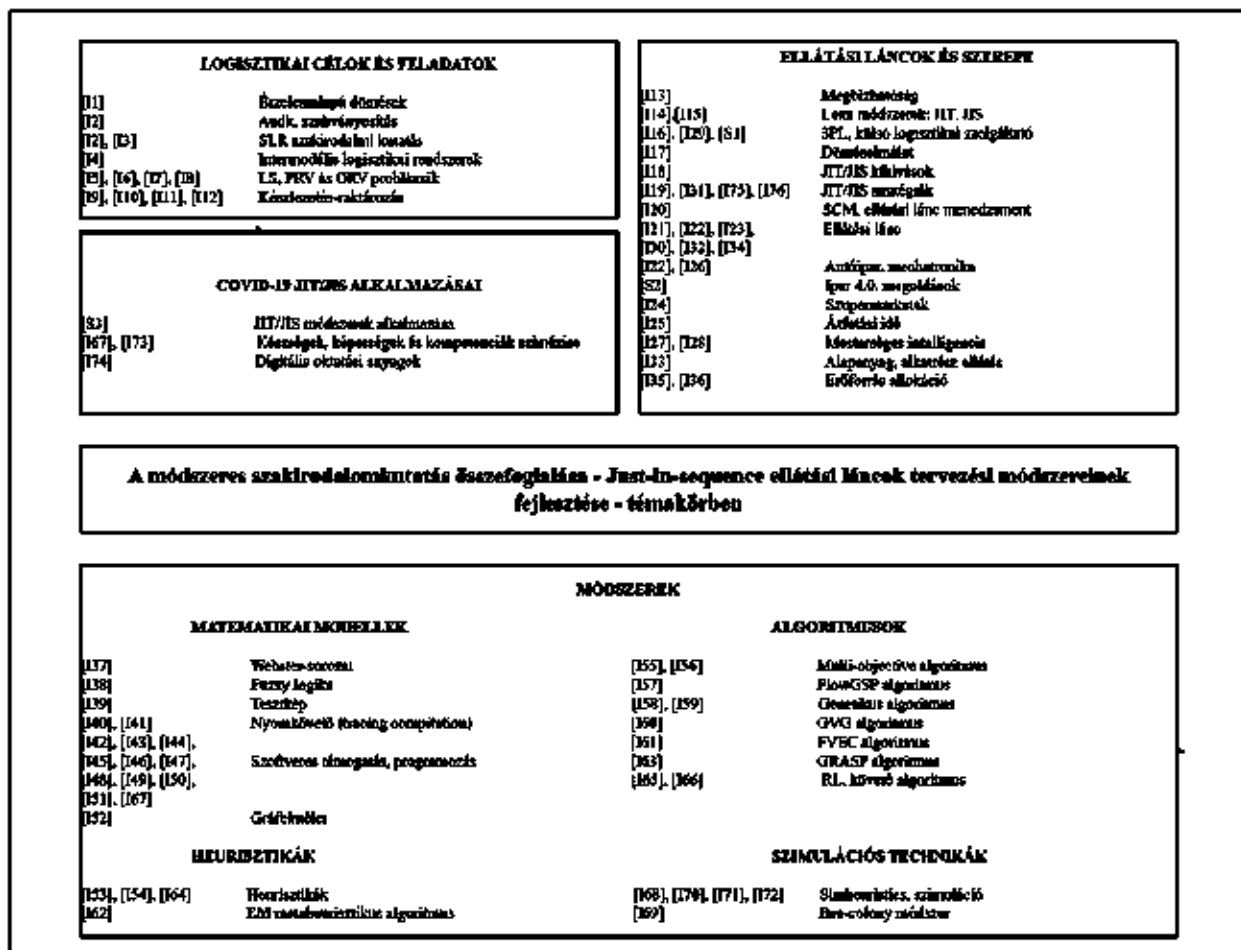
A just-in-time és a just-in-sequence módszerek felhasználása megjelent a társadalom különböző színterein is, különösen a COVID-19 világjárvány okozta zűrzavaros ellátás időszakában [S3]. Az egyik ilyen kapcsolódó társadalmi terület az oktatás volt, hiszen a kialakult helyzetben a közösségi kapcsolattartást online keretek közé szorította az egyes operatív szinteken lévő szakemberek, hallgatók és kutatótársak között. Az alternatív platformok kialakítása időszzerűvé vált, csakúgy, mint a matematika módszertani sajátosságait támogató digitális oktatási anyagoké [I73]. A résztvevők teljesítményének ellenőrzésére olyan JIT-alapú aktív módszereket is kifejlesztettek,



amiknek segítségével elemzik, felügyelik és értékelik az előrehaladásukat – a teljesítendő feladatok súlyozásával [174].

A kapcsolódó cikkek több mint 40%-a az elmúlt 4 évben jelent meg. Ez az eredmény jelzi e kutatási terület tudományos potenciálját, beleértve a just-in-sequence ellátás problémáit az üzem belüli, és külső logisztikai rendszerekben. Számos olyan kutatás jelent meg, aminek témája a just-in-sequence, kiemelten az anyagáramlás teljesítményén és hatékonyságán alapuló újra szinkronizálás jegyében [175]. A szakirodalmi forrásokból továbbá kiderült, hogy a gyártáshoz kapcsolódó ütemezési folyamatok [176], mint például a beszerzés, a beszállítás, a tervezés és az optimalizálás milyen előnyös hatásokkal van a gyártás hatékonyságára és rendelkezésre állására.

Az értekezés következő fejezetei további szakirodalmi hivatkozásokat tartalmaznak, hiszen szükséges a vizsgált területekhez kapcsolódó kutatás forrásainak ismerete.



10. ábra A módszeres szakirodalomkutatás összefoglalása [Saját szerkesztés]

A 10. ábrán szemléltetett, a módszeres irodalomkutatás során bemutatott szakirodalmi forrásokról egy egyszerű áttekintést láthatunk, ami jól reprezentálja a legfontosabb kapcsolódó kulcsszavakat és kutatási témákat.

A 2. fejezetben már részletesen bemutatott módszeres szakirodalmi kutatás, valamint a kialakított SLR-PDSA munkalap elvei alapján elvégeztem a vonatkozó szakirodalmi áttekintést. Ennek megfelelően kitöltöttem a saját SLR-PDSA munkalapomat (lásd 11.2. melléklet), hogy kiemeljem fontosságát és bizonyítsam jelen irodalomkutatás aktualitását.

A megbízhatóság értékelhetővé vált a bemutatott szakirodalmi kutatás lépéseinek alkalmazásával, a vele szemben támasztott kritériumrendszerek (vizsgálati protokoll) részletes ismertetésével, az egyes folyamatlemlékek teljesítéseinek ellenőrzésével, valamint kiértékelésével. Ezzel felismerhetők a jövőben még potenciált rejtő kutatási irányok – a jövőbeni fejlesztések kialakításának érdekében.



### 2.1.8. A következtetések ismertetése

Kidolgoztam egy újszerű, az irodalomkutatási feldolgozás megbízhatóságát fokozó, az ISO 9004-4-ben szereplő PDSA módszeren alapuló vizsgálati protokollt. Ezzel az újszerű megközelítéssel lehetséges az adott kutatási témakör szakirodalmi helyzetének jobb megértése és átfogó áttekintése.

A releváns szakmai és tudományos ismeretek feltérképezése nélkülözhetetlen a következetes kutatói munkában, illetve jelen esetben – a just-in-sequence ellátási folyamatok tervezési módszereinek fejlesztése érdekében.

#### 2.1.8.1. Kutatott területek, fő kutatási irányok

A globalizált világban feltehetjük azt a kérdést, hogy mely vállalatok képesek alkalmazni az ellátási lánc tervezési és ellenőrzési megoldások fejlesztését a folyamataikban, és szolgáltatásaikban.

A vizsgált források jelentős része foglalkozik az alábbi területekkel. A 10. ábra kategorizálása alapján:

- logisztikai tényezők és feladatok,
- JIT/JIS ellátási láncok,
- matematikai modellek,
- analitikus és heurisztikus algoritmusok,
- COVID-19 JIT/JIS alkalmazások.

Fő kutatási irányok ismertetése: a szakirodalom szerint a piaci igények teljesítéséért élénk gazdasági verseny folyik, amely a költségek minimalizálásával érhető el az üzemen belüli rendszerekben, a vevői kérésekkel kapcsolatos válaszok (azonnali) kidolgozásával, valamint az üzemen belüli átfutási idők csökkentésével.

Ezen hatások az értéklánc különböző pontjain figyelhetők meg:

- I. A gyártó és szolgáltató vállalatok arra összpontosítanak, hogy versenyképesek legyenek az iparágban és a piacokon, különösen az autóipar és a mechatronikai összeszerelési folyamatok területein,
- II. A végtermék-szállítási szolgáltatásokra irányulnak, beleértve a „best-practice”, „jó gyakorlatokat” és a versenyképesség fokozását célzó innovatív megoldásokat is,
- III. A just-in-time elvein nyugvó just-in-sequence rendszerek komplexitása hasonló a globális ellátási láncok komplexitásához, amik bonyolultságuk és összetettségük révén új naprakész ellátási lánc módszerek kialakítását igénylik,
- IV. Az erőforrások – mint a kapacitások és a készletek kezelésén alapuló just-in-sequence ellátási folyamatok – irányíthatók – a különböző ütemezési és szállítási igények szerint,
- V. A just-in-sequence stratégia támogatja az ellátási folyamatokat, különösen a logisztikai és szolgáltatási folyamatok ellenőrzésében.

#### 2.1.8.2. Nem kutatott, de fontos területek

A szakirodalom alapján a JIT/JIS ellátási láncok vizsgálata elvárt, kiemelten a just-in-sequence ellátási láncok témakörében. Kevés számú kutatómunka célozta meg az alábbi alterületeket, melyek megerősítettek kutatási célkitűzéseim definiálásában:

1. a just-in-sequence folyamatok vizsgálata,
2. a jellegzetes just-in-sequence ellátási modellek kidolgozása – kiemelten a belső vállalati logisztikai folyamatokra,
3. a világjárvány során szerzett tapasztalatok integrálása az esetleges vis maior helyzetekbe.

#### 2.1.8.3. Kutatási irány megfogalmazása, indoklása

A lean filozófia alapját a Toyota termelési rendszere képezi, melyre alapozva újabb és újabb lean eszközök kerültek kifejlesztésre és alkalmazásra. A lean talán egyik legkedveltebb eszköze a



just-in-time ellátási stratégia, illetve az azon alapuló újabb úgynevezett just-in-sequence ellátási stratégiák.

A korábban említett logisztikai funkcionális területeket úgy kell figyelemmel kísérni, hogy az egyes gyártó és szolgáltató folyamatok a teljes ellátási lánc gazdaságos végtermék áramlását biztosítani tudják.

Az alábbi főbb szempontok befolyásolják:

1. a logisztikai célok definiálása,
2. a kapacitások korrekt kihasználása,
3. a fölösleges készletek eltávolítása,
4. a beszerzési portfólió kialakítása,
5. a rugalmasság növelése,
6. a vevői igények kiszolgálása,
7. az üzleti érdekek teljesülése,
8. a rendszerek és folyamatok felülvizsgálata a fejlesztések érdekében, valamint
9. a hosszútávú fenntartható működés kialakítása.

A 2.1.1. – 2.1.7. alfejezetekben végzett módszeres szakirodalmi kutatás, valamint e Ph.D. értekezés témájának aktualitása alapján az alábbiak szerint foglalhatók össze a kutatás célkitűzései:

- az üzemi just-in-sequence folyamatok vizsgálatára alkalmas modellrendszer kidolgozása és a modellrendszerből a jellegzetes ellátási modellek leszármaztatása,
- a vizsgálati modellekben megfogalmazott tervezési feladatok megoldására alkalmas módszerek kidolgozása,
- jövőbeni fejlesztési lehetőségek összefoglalása.

A logisztikai folyamatok optimális kialakítása a globalizált gazdaság egyik létfontosságú feladatává vált jelen recesszió küszöbén, hiszen a vállalati szegmens résztvevői a költségeiket alapvetően logisztikai rendszereik optimális kialakítása révén tudják csökkenteni. A kidolgozásra kerülő logisztikai folyamatfejlesztési eljárások meghatározása üzemben belüli anyagellátási rendszerekre terjed ki.

A tudományterületünkön jelentős szerepe van az ellátási lánc modellezésének, aminek logisztikai háttérét a következő fejezetben részletesen bemutatom. A célkitűzéseimnek megfelelően bebizonyítható, hogy az üzemben belüli folyamatok fejleszthetővé válnak, amelyekhez olyan döntéstámogató rendszerstruktúra alakítható ki, ami hozzájárul a fenntarthatóbb vállalati működéshez.

## I. TÉZIS

**Kidolgoztam egy új módszeres szakirodalmi feldolgozás megbízhatóságát fokozó, az ISO 9004-4-ben szereplő PDSA módszeren alapuló vizsgálati protokollt. A szisztematikus irodalomkutatás újszerű megközelítése a leíró jellegű áttekintéseken túl szigorúbb kritérium- és követelményrendszer alapján vizsgálja meg az adott kutatási témakör szakirodalmi helyzetét.**

**Megállapítom, hogy az új kidolgozott vizsgálati protokoll segítségével elvégzett irodalomkutatás eredményeként: a kialakított vizsgálati protokoll átfogó képet ad a just-in-time elvein nyugvó just-in-sequence ellátási lánc megoldások tervezési kérdéseiről – különösen az ellátási láncok vállalati szintű gyártó- és szolgáltató folyamataiban.**

A tézis állítását alátámasztó saját publikációk és előadások: [S1], [S2], [S3], [S4].



### 3. A JUST-IN-SEQUENCE ELLÁTÁSI RENDSZEREK MODELLSTRUKTÚRÁJA

Ebben a fejezetben kerül sor a just-in-sequence (JIS) ellátási láncok beszállítási jellegzetességei feltárására és a döntés támogató rendszerstruktúra kialakítására.

#### 3.1. A modellalkotás logisztikai háttere

Ahogy már a módszeres irodalomkutatás során is említettem az általános modellalkotás elengedhetetlen háttere a műszaki, logisztikai és vállalati folyamatok átfogó ismerete. Kiemelten olyan folyamatok esetében, ahol a zavartalan anyagáramlás lebonyolítása szükséges. Ekkor az igényelt termékeket rendelkezésre tudják bocsátani a megfelelő időben, helyen, igényelt mennyiségben, minőségben és választékban.

A termékek előállításához nélkülözhetetlen alapanyagokat, félkész termékeket és segédanyagokat a logisztika területe fogja tudni kezelni. A vállalati folyamatok szervezésénél törekednek arra, hogy a termelésben érintett termékek folyamatos anyagáramlás mellett jussanak el a végfelhasználóhoz, hiszen sikerességük a valós piaci igények és vevői megrendelések teljesítésében rejlik.

Más megközelítésben olyan akadémiai-, illetve empirikus ismeretek és módszerek összességéről beszélünk, melyek alkalmasak a vállalati rendszereken belüli és kívüli termékek; erőforrások és információk áramlásának tervezésére és irányítására, melyek támogatják a végfelhasználói elégedettség elérését.

Meglátásom szerint a vállalkozások által előállítandó termékek olyan komplex logisztikai feladatokat generálnak, amelyek a teljes ellátási láncra hatást gyakorolnak. A piaci szegmens nyomása miatt egyre nagyobb figyelmet kell fordítani ezen folyamatok tervezéseire, kialakítására és működtetésére.

Ezen értekezésem kutatási potenciálja a just-in-sequence alapú ellátási láncok költségalapú optimalizálási lehetőségeinek vizsgálatában rejlik, hiszen segítségével olyan működési stratégiák alakíthatók ki, amikkel elérhetővé válik egy új, ügyfélcentrikus, ám profitot termelő vállalati működési koncepció. A vevői igényeket testesítik meg a termelő vállalatokkal szemben. Termelői oldalról fontos azt megjegyezni, hogy olyan termékek előállítása kell, hogy megtörténjen, amelyek valós vevői igények teljesítését és kiszolgálását eredményezik – a profit maximalizálás és a hosszútávú stabil működés reményében.

A Just-in-sequence ellátási láncok tervezési módszereinek fejlesztése kiemelt kutatási terület a termelő és szolgáltató ipari környezetben:

- a vállalatok hagyományos és komplex folyamatainak hatékony és gazdaságos szervezése,
- működtetése elengedhetetlen a multimodális logisztikai tevékenységek kiszolgálására és
- feladatainak kezelésére.

Kutatásom az anyagmozgatási modellezés területét célozza meg, az internal és external vállalati logisztikai folyamatok tervezéseiben, kialakításaiban, és fenntartható fejlődésében ajánl újszerű megoldásokat a jellegzetes rendszerváltozatok leírására és értékelésére.

Számos tudományterületen kiemelt szerepe van a modellalkotásnak – kiemelten a műszaki területeken, hiszen ennek segítségével értelmezhetjük és jellemezhetjük a folyamatainkat bizonyos üzleti célok elérésének érdekében, amely jelen esetben a nyereségalapú működés. Ez nem jelent mást, mint hogy a folyamataink újragondolásával nem csupán egy döntést támogató rendszerstruktúrát építhetünk fel, hanem egy új, tudatos vállalati működési koncepciót is.

#### 3.2. A just-in-sequence ellátási rendszerek általános egyszerűsített modell struktúrájának feltárása

A szakirodalom alapján a just-in-sequence ellátási stratégiáknak három fő módozatát sorolhatjuk fel:



- a pick-to-sequence,
- a ship-to-sequence és
- a build-to-sequence stratégiák.

Ezek a beszerzési ellátási lánc folyamataira összpontosítanak, melyek révén a vállalatok egy korszerűbb és versenyképesebb JIS-alapú ellátásra helyezik gyártási működésüket. A JIS szemléletű ellátás magába foglalja a szállítói folyamatok és a klasszikus auditálás előnyeit, hiszen folyamatait és szolgáltatásait vizsgálja, ellenőrzi és javítja üzleti eredményességének fenntartása érdekében.

A pick-to-sequence stratégia azt jelenti, hogy a szükséges alkatrészeket nem a gyártás helyszínén állítják elő, hanem külső helyszíni forrásból – jellemzően a gyártósori készletekből szállítják be a felhasználás által igényelt sorrend alapján. A gyártó műhelyek ellátását tekinthetjük just-in-sequence elv szerinti megvalósításnak, hiszen a teljes ellátási lánc (például a készletek tárolóiba történő beszállítások) nem feltétlen követ just-in-time és just-in-case szerinti elveket. A szükséges készletek összeállítását képző beszállítási folyamatokat érdemes vizsgálni, hiszen megismerhetők a teljes ellátás sajátosságai.

A ship-to-sequence stratégia esetén, a kommissiók képzése nem a felhasználó telephelyén történik, hanem a beszállító vagy a vele kapcsolatban lévő átmeneti raktárakban / disztribúciós központokban (cross docking). Ezek megfelelnek a gyártósor által támasztott speciális követelményeknek, a különbség csupán az előállítás helyszíne lesz. A rábízott feladatokat eltoljuk (push) az ellátási lánc korábbi állomásaira, amivel megakadályozzuk a nagy készletek felhalmozódását a felhasználóknál. Tehát azt fogjuk beszállítani, amire a termeléshez ténylegesen szükségünk van. Nem jellemző a nyomó (pull) rendszereknél ismeretes óriási készlet tartása.

A build-to-sequence stratégia esetén a szükséges alkatrészeket szekventáltan állítják elő a technológiai helyek által igényelt sorrendben. Lehetnek szerelés-közeli, vagy az ellátás különböző pontjaira kihelyezett gyártások, azonban a végső kommissiózás a közbenső raktárban, illetve cross docking egységekben történik, mivel nagyobb rugalmasságot tesznek lehetővé a felmerülő igények kiszolgálásában.

Mint ismeretes, a három stratégia alapján két fontos feltételt határozhatunk meg:

- a megfelelő készletben történő rendelkezésre állás, ahol az állandó ellátási szekvenciák kialakíthatók, illetve
- az alkatrészek előállítása a megrendelések igényei szerint kerül teljesítésre.

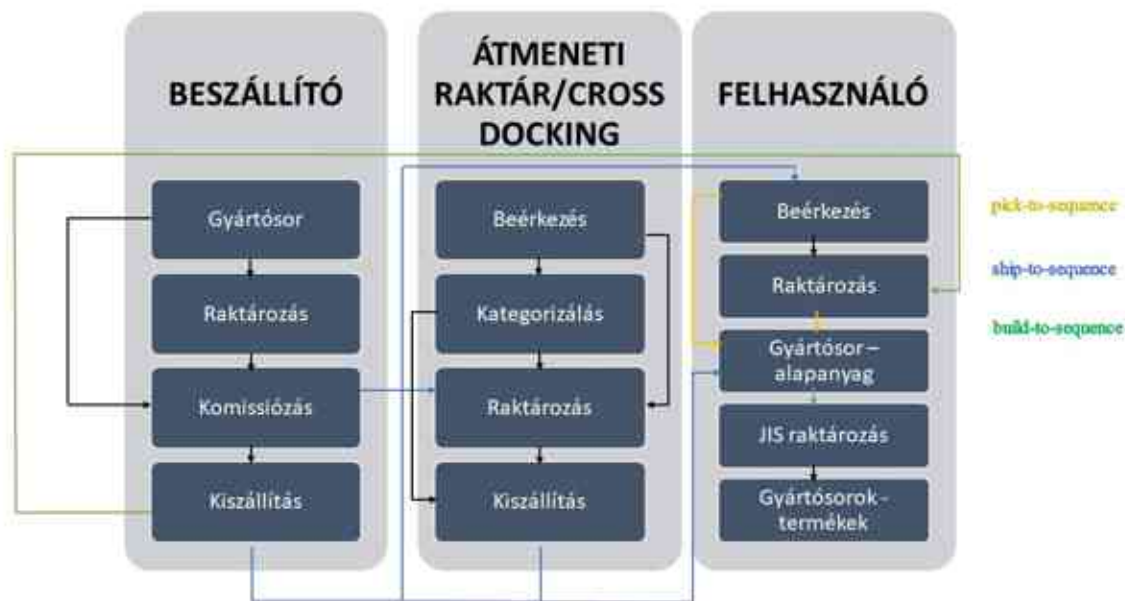
A rendszerváltozatok feltételei összehasonlíthatók és értékelhetőek a lean filozófia hagyományos elveivel az újszerű JIS ellátási rendszerek létrehozása érdekében. Az elsődleges cél az, hogy mindkét esetben azonosítsam a folyamatok szűk keresztmetszeteit, illetve ezek veszteségeit, valamint feloldjam a rendszerben azonosított felesleges elemeket, vagy egyszerűen csak eltávolítsam ezeket a rendszerből.

Lehetővé válik a felesleges készletek felhalmozása – a muda alapján, de hatással lehetnek rájuk más mura és muri veszteségek is. Ekkor a készletszint változása a normál just-in-time készletről just-in-sequence típusúra változik meg. Ezáltal csökkenthetjük az amúgy is alacsony készletszintet annak köszönhetően, hogy minimalizáljuk költségeit a biztonságos termelés veszélyeztetése nélkül.

Ahogy a 11. ábra is jól mutatja, a gyártáshoz szükséges kommissiók már előállításra kerülnek a termékek létrehozását követően, vagy akár közvetlenül is. Ritkább esetben a termékek kommissiózásukig, raktározásra kerülnek, és a kimenő tárolóban maradnak mindaddig, amíg nem kerülnek az ellátási lánc további helyszínein felhasználásra – a kívánt vevői termékvariánsok felmerüléséig. Ezt követően átkerülnek a felhasználóhoz vagy az átmeneti raktár / cross docking állomásaira. Az igényelt kommissiók letárolásra kerülnek az átmeneti vagy a közbenső raktárakba, vagy éppen a cross docking állomásokra, továbbá a beérkező termékek letárolásra kerülnek a továbbításukig – igénylésük adott időpontjában. A felhasználó esetében több állomáson is megjelenhet a termék: a beérkezési tárolóban, a gyártósori tárolóban vagy a JIS gyártósori



tárolóban, ami az ideális eset. Ezek alapján sikerülhet megfogalmazni az egyes ellátási stratégiák jellemzésére alkalmas rendszerstruktúra paramétereit.



11. ábra A just-in-sequence egyszerűsített általános modellje [Saját szerkesztés]

A just-in-time és just-in-sequence megoldások támogatják a belső és külső logisztikai beszállítás azon szereplőit, akik közvetlenül érdekeltek a termelési folyamatokban – kiemelten az autóiipari és mechatronikai gyártásban. A felhasználók, a beszállítók és a közbenső raktárak ezáltal képesek az alaptévékenységükre összpontosítani, valamint indirekt módon a későbbi szolgáltatási folyamatok elősegítésére – a végfelhasználóhoz történő juttatásig.

A fenti okok alapján a JIS ellátási stratégiák vizsgálatához olyan modellstruktúrát kell kidolgozni, mely alkalmas a paraméterek, illetve ezek értékelésével mindhárom típusú ellátási stratégia jellemzésére. A JIS ellátási stratégiák lehetővé teszik gazdasági és környezeti fenntarthatóságot célzó ellátási lánc fejlesztését.

Műszaki tudományok modellalkotásánál is fontos tudnunk, hogy mit akarunk vizsgálni és hogyan akarjuk mérni a hasznosságát. Az ellátási láncok működése során számos feladat jelentkezik, melyek megoldására és modellezésére van szükség – a logisztikai tényezők figyelembevételével. Gyakorlatilag olyan átfogó szempontrendszert alkot, amely támogatja a stratégiai fontosságú döntések meghozatalát, ezzel lehetővé teszi az optimális ellátási stratégia kiválasztását.

Jelen vizsgálatom a hagyományos- és a just-in-time, valamint a just-in-sequence beszállítások körére korlátozódik, továbbá ezek modellezésére és elemzésére – különösen a költségalapú és természetes célfüggvények segítségével.

### 3.3. A just-in-sequence ellátási rendszerek újszerű modellstruktúrája

Ebben az alfejezetben a rendszerstruktúra megalkotásához szükséges szempontokat ismertetem, melyek alapvetően meghatározzák az ellátási lánc beszállítói anyagáramlását.

A sokszínű vevői igényeket úgy tudják a piaci versenyben lévő vállalkozások eredményesen kezelni, ha ezekre időben felkészülnek, gyorsan reagálnak, és maradéktalanul teljesítik őket. Ennek érdekében olyan döntési ellátási modellek kidolgozása szükséges, melyek elősegítik a többszintű ellátási láncok közötti harmonikus együttműködéseket az egyes szintek között.

Perry L. Johnson szerint jelentős gazdasági előnyökkel jár az ideális beszállítói és felhasználói kapcsolat.



Az előnyök a következők:

- a) a beszállítói kontroll költségei minimalizálhatóak,
- b) az alacsony raktározási költségek elérhetőek az optimális beszerzési stratégia alkalmazásával,
- c) a minőségi kockázatok csökkenthetőek.

Kettős üzleti céllal jelenik meg ez az attitűd, egyrészt a vevői oldalon kiszolgálja a felmerülő diverz vevői igényeket, másrészt üzleti oldalon összehangoltan működteti folyamatait és szolgáltatásait.

A versenyszféra vezető pozíciójának megőrzése érdekében szervezi, koordinálja és irányítja erőforrásainak allokációját, mellyel csökkenti a környezetére gyakorolt hatását, megszünteti a felesleges készlet felhalmozását, és minimalizálja működési költségeit.

A kutatás újdonságértéke, hogy az egyre növekvő összetett vállalati igények olyan újszerű és innovatív rendszerváltozatok megfogalmazását teszik lehetővé, melyek segítségével jelentős gazdasági eredményesség érhető el a vállalatok gyártási és szolgáltatási folyamatainak intenzifikálásában.

A gyártási folyamatok alapanyagellátási igénye elég változó, így a termeléshez szükséges anyagok beszállítása attól függ, milyen alkatrész-összeállítást kíván meg. A beszállítandó termékek adják a gyártási folyamatok alapanyagait, hiszen ezek segítségével előállításra kerülhet a felhasználó által igényelt végtermék. Különböző logisztikai igényeknek megfelelően kerül a szerelősorra, ahol közvetlenül feldolgozásra kerül.

### 3.3.1. A beszállítók jellege

A vállalati logisztikai rendszer ismeretében az operatív szintű feladatok elvégzése kiemelt a termelési logisztikai folyamatokban, különösen a kommissiózás. Jelen esetben a beszállítók szerepét a just-in-sequence kommissiók eljuttatásának kapcsán emelem ki. A vállalatok a termék előállításához szükséges anyagokat a beszállítóktól vásárolják meg, hiszen az áruk előre meghatározott rendelések szerint kerülnek legyűjtésre, majd beszállításra. A szerelősorokra történő kommissiók kiszolgálása az alábbiak szerint történhet:

- a) Külső beszállító (KB): Az egyes folyamatok kihelyezése (outsourcing) már az 1990-es években is megjelent [I76]. A beszállító szorosán támogatja a vállalat gyártó tevékenységét, hiszen a termelési folyamat egy részét kiszervezi külső szolgáltató felé. Ekkor a felhasználói alkatrészeket külső helyszínen gyártják le, majd szállítják be a szerelősorra.  
A bázis (core) tevékenységekre történő nagyobb koncentráció jelentős piaci előnyt és gazdasági fejlődést hozhat a vállalatok életében, gondoljunk például az elmúlt időszak vis maior alaptermékeinek vevői kiszolgálásának esetében [S4].
- b) Szerelősori tároló (SZT): A beszállítás alapja a felhasználói készlet eredete, hiszen csak a szerelősori ellátás tekinthető just-in-sequence elvűnek. Fontos a beszállítási folyamatainak ismerete – különösen a kommissiók képzésére szolgáló készletek beszerzése.  
A készletek képzése nem különül el a gyártási folyamatoktól, hiszen a szükséges anyagokat be kell tudni szállítani – ez a gyártáshoz szükséges alap- és segédanyagok közvetlen kiszolgálását jelenti.  
A kereslet ingadozása miatt törekedni kell az alacsony készlet szint tartására – a just-in-sequence elvű beszállítás érdekében.
- c) Alapanyag tároló (AT): A szerelősori tárolóhoz hasonló elveket követ, azonban itt több termék gyártásához szükséges alapanyag összeállítások ideiglenes tárolását jelenti – a gyártási felhasználásig.
- d) Saját gyártósor (SGYS): A kommissiók összeállításához szükséges anyagokat a felhasználó saját maga, helyben állítja elő – a szerelősorok által igényelt mennyiségekben és sorrendekben.



Ez a felhasználói alpanyaggyártás tekinthető igazán just-in-sequence és just-in-time elvűnek, hiszen elkerüli a túltermelésből adódó magas készlet szintek felhalmozását, a következetes és gazdaságos gyártási folyamatok hosszútávú ellátásának érdekében.

### 3.3.2. A beszállítók száma

A szakirodalom alapján a termék/szolgáltatás jellege már alapvetően meghatározza a kialakítandó vevői-szállítói kapcsolatot, hiszen a beszerzések alapja nem más, mint a folyamatos alpanyagellátás biztosítása – az egyes gyártási folyamatok igényeinek kiszolgálása érdekében. Emiatt különösen fontos egy olyan beszállítói rendszer kialakítása, mely lehetővé teszi a zökkenőmentes anyagáramlást a végtermékek előállításának érdekében.

A beszerzési politika szerint két főbb döntési típust különböztetünk meg, ez lehet az együttműködési modell, vagy éppen a versenyeztető modell szerinti megközelítése.

- a) Ha a beszállítók száma egy, akkor a vállalat megtalálta azt az ideális, vagy a kizárólagos stratégiai beszállítóját, mely hosszú távon (keretszerződés) ki tudja szolgálni a rendelési igényüket. Ez esetben kritikus a beszállítótól való függőség.
- b) Ha a beszállítók száma több, akkor egyidejűleg több féltől is beszerzi a szükséges termékeket, számos minőségi követelmény (audit) teljesülése mellett. A beszállító csak abban az esetben kap megrendelést, ha teljesíti az elvárt kritériumokat (versenyeztetés), ami például lehet: a kedvezőbb minőség és a tartósan alacsony beszerzési ár.

Ennek érdekében folyamatosan ellenőrzi szállítóinak teljesítményét, időközönként bizonyos időszakokban minősíti szolgáltatásaik színvonalát, valamint visszajelzést ad az esetleges minőségi és mennyiségi eltérések kezelése érdekében. A kialakított minősítési rendszer támogatja a vállalat beszállítóinak kiválasztását, esetleges eltávolítását a folyamatos és fenntartható beszállítások biztosítása érdekében. Továbbá rangsorolja szállítóit, hogy a felmerülő megrendeléseinek teljesítésére melyikük iránt mutasson elköteleződést.

### 3.3.3. A felhasználók száma

A gyártói beszállítási folyamatok egyik legfontosabb felhasználói a szerelősorok, ahol a szükséges alpanyagokból létrehozzák a vevői igényeknek megfelelő termékeket. A szerelősorok zökkenőmentes termeléséhez több gyártási feltétel egyidejű teljesülésére van szükség, melyek nem csupán fizikai feltételeket jelentenek.

A gyártási rendszer fontos része a termék előállításához szükséges anyagok beszállítási folyamatainak kezelése.

- a) Ha a felhasználók száma egy, akkor meghatározott termék legyártásához szükséges igényeket szolgál ki, ilyen például: egyedi gyártás.
- b) Ha a felhasználók száma több, akkor adott termékkonstrukciót több szerelősori állomáson szolgál ki. A szerelősorainak ellátása több helyszínen elvárt, hiszen párhuzamosan több azonos megrendelést is teljesít: pl.: tömeggyártás.

### 3.3.4. Az üzemben belüli tárolási technológia

A termelési folyamatok egyik fontos kérdése a legyártott alkatrészek ideiglenes letárolása, vagy közvetlen beszállítása a felhasználásáig. Az üzemben belüli tárolási technológiák a következők:

- a) Szupermarket (SZM): A gyártási logisztikai folyamatoknál is jól használható, fizikailag frekvenciált helyeken kerülnek kialakításra – előírt készlet szint (kanban számtól függően) mellett. A felhasználói jelzést követően újra tölti a gyártói készleteket. A szupermarketek funkciója az, hogy két folyamatot elválasszanak egymástól, ezzel elkerülve a vevői folyamat kockázatait.
- b) Szerelősori bemenő tároló (SZBT): A szükséges alkatrész kommissiók a szerelősori bemenő tárolóba is érkehetnek, ahonnan közvetlenül kerülnek felhasználásra a gyártási



folyamat során. A beérkező alkatrészek tárolását valósítja meg, mely kiszolgálja a szerelő munkahelyek igényeit.

- c) Milkrun (MR): Általában üzemen belül használt anyagmozgatási koncepció, mely során adott időközönként meghatározott útvonalon keresztül látja el a gyártósorok alapanyag- és göngyöleg-igényeit. A milkrun körjárat az aktuális fogyásnak megfelelő alapanyagokkal látja el a szerelősorokat. Ezzel csökken a gyártósorok melletti készlet szint felhalmozása, hiszen rövid időn belül új beszerzés indul a kívánt anyag igények szerint.  
További feladata, hogy a szerelősorokon megüresedett csomagolóanyagokat összegyűjtse és szelektálja.
- d) Water spider (WTS): Olyan standard dolgozó, aki kézi anyagmozgatás mellett támogatja az anyagáramlást az egyes folyamatrészek között. A rábízott feladat speciális és időalapú, ami tartalmazhatja kvázi „supervisor” feladatok ellátását is, mint például ad hoc tréning lebonyolítása.

### 3.3.5. A közbenső szintek jellege

Az alapanyag-áramlás egyik fontos stratégiai kérdése a raktározás, hogy a beszállító és a felhasználó közötti állomásokon milyen raktározási formát használjunk. Tehát a kívánt logisztikai feladatok hol kerüljenek elvégzésre: lehetnek rakodási, tárolási és egyéb feladatok.

Ezek a következők lehetnek:

- a) Konzignációs raktár (KSZR): A beszállító készletraktára a felhasználónál, mely során a beszállító árukészletet helyez el a felhasználó által kijelölt tárolóterületeken.  
A felhasználás igényeit figyelembe véve biztonsági készlet szintet tart fent a beszállítóval szemben. Az áru a raktári kivételezés időpontjában cserél tulajdonost, mellyel a felhasználónak fizetési kötelezettsége jelentkezik a beszállítója felé.  
A beszállító és a felhasználó szerződéses jogviszony keretei között rögzíti együttműködését, amely tartalmazza a konzignációs árukkal kapcsolatos szabályokat és előírásokat.
- b) Cross-docking (CD): Egyetlen tranzitállomáson belül lekezelt anyagok átadó pontja, ahol azonnal előkészítésre kerülnek a szállítandó egység rakományok, majd továbbításra kerülnek a felhasználó által igényelt pontokra. Tehát a beérkező anyagokat szétválogatják az új kiszállítási egységek összeállításának érdekében.  
A Cross-docking megköveteli a termékek adatainak azonosíthatóságát, hogy a megfelelő helyre kerüljön szétosztásra. Ezen elv segítségével tárolásmentes készletgazdálkodás valósítható meg.
- c) Közbenső raktár (KR): A legyártott anyagok beérkezését követően kerül majd sor a kommissiózásra, ahol a felhasználó igényei alapján állítják össze a kiszállítandó egység rakományokat.  
Ha a beérkező áruk összeállítása egy előző munkaállomáson történt, akkor ideiglenesen letárolják, majd a felhasználás időpontjában kiszállítják a felhasználó által igényelt helyszínekre.

### 3.3.6. A termékek száma

A termékek száma függ az adott késztermék előállításához szükséges alapanyagok számától. Megkülönböztetünk két főbb termékváltozatot:

- a) Egyféle termék (ETM): Egy adott típusú termék beszállítása szükséges a szerelősorra. A termék elérése közvetlenül lehetséges, egy beszállító mellett is.
- b) Többféle termék (TTM): Több különböző típusú és mennyiségű termékek beszállítása szükséges a gyártósori helyszínekre.  
Szükséges az áruk kategorizálása: lehetnek homogén vagy inhomogén termékek.





### 3.3.7. A termékek jellege

A sokszínű vevői igények teljesítése számos termékstruktúrát kíván meg, általában nem csak egyféle termék iránt van kereslet.

A termékek az alábbi termékstruktúrára bonthatók:

- a) Homogén (HM): Homogén termékstruktúrának tekinthető az azonos termékek halmaza. Az egyféle termék ára az egyetlen, amely mentén a homogén termékeket gyártó cégek versenyeznek.
- b) Inhomogén (IHM): Az inhomogén termékstruktúra pedig több különböző, többféle termékből áll össze, kevert típusnak is nevezik. Itt már több beszállítós modell mentén szerzik be a termékeket, lényegesebb a beszerzési piackutatás szerepe. A homogén árucsoportokból kerülnek összeállításra a kommissiók, a felhasználói igény szerint történik ez.

### 3.3.8. Az együtt szállíthatóság kérdése

Felmerül a kérdés: lehet-e együtt szállítani a különböző ellátási kockázatot jelentő termékeket? Erre az eldöntendő kérdésre két pólusú válasz lehetséges: igen vagy nem.

- a) Igen: Ha nem gyakorol különösebb hatást a termékek beszállítására, valamint az egyes termékpaletták összekeverhetőek. Ekkor lehetséges több termék közös és egyidejű beszállítása a felhasználó által igényelt helyszínekre.
- b) Nem: Ebben az esetben nem megoldható a felhasználói termékek együttes szállítása, hiszen a termék jellege nem teszi lehetővé: ilyenek például ADR veszélyes vagy robbanásveszélyes anyagok. Továbbá vannak olyan árutípusok, melyek speciális beszállítást igényelnek: például steril környezet.

### 3.3.9. A beszállítási mód

Az igényelt termékek beszállítására az alábbi fuvarszervezési modellek kerültek felhasználásra és terjedtek el:

- a) Ingajárat: A beszállító járművei továbbítják az igényelt termékeket a feladópontról a leadópontra, valamint folyamatosan üresen visszatérnek, míg nem teljesítik a feladatukat egy adott műszak alatt.
- b) Gyűjtőjárat: Olyan körjárat, melynek során a jármű több helyszínen legyártott termékeket gyűjt össze, majd szállítja be a felhasználó egy megadott gyártói helyszínére.

### 3.3.10. A beszállítás jellege

A beszállítás jellegén azt értjük, hogy milyen logisztikai szolgáltatás segítségével szállítjuk be a szükséges termékeket: saját erőforrás által vagy erre specializálódott logisztikai szolgáltatók igénybevételevel történhet meg.

Ezek a következők lehetnek:

- a) Saját szállítás (SSZ): A felhasználó saját járműflottájával látja el az egyes termékek beszállítását, a tárolás helyszínétől a felhasználás helyszínéig a logisztikai tevékenységeket. Rövidtávú továbbítás esetében előnyös, a saját gyártású termék beszállításánál.
- b) Szállítmányozó (SZM): Megbízási díj ellenében olyan szolgáltatást biztosít, mely a fuvarozót és a fuvaroztatót kapcsolja össze a beszállítandó termékek vonatkozásában. Ezáltal kvázi tehermentesíti a megbízóját, ellátja a fuvarozási és egyéb szerződéses logisztikai feladatok koordinálását.
- c) Fuvarozó (FR): Fuvarozási díj ellenében szállítja el az árukat, a meghatározott feladási helytől a leadási helyig. A fuvarozó szerződést köt a szolgáltatóval kapcsolatban, mely tartalmazza a beszállítás feltételeit és a kapcsolódó logisztikai feladatok vállalásait.



### 3.3.11. A beszállító geográfiai közelsége

A beszállító megválasztásánál az egyik fontos szempont, hogy hol helyezkedik el az adott szolgáltató. Hagyományosan földrajzi távolságot mérünk. A két pont közötti legrövidebb útvonalat.

- a) Helyi: A felhasználó telephelyén, közvetlen szomszédságként értelmezhető, lokális beszállító. Agglomerációs előnyök kihasználása érdekében, helyben biztosít különböző logisztikai szolgáltatásokat. Önellátás előtérbe kerülése figyelhető meg.
- b) Távoli: A felhasználó telephelyén kívül helyezkedik el, speciális termékek ellátása érdekében. Kihelyezett külső logisztikai szolgáltatásokat biztosít az igényelt felhasználói helyszíneken. A beszállítás bizonytalanra válhat vis maior helyzetek, például járvány, energiaválság vagy háború esetén.

### 3.3.12. A szállítási mód

A szállítási mód megválasztása alapvetően a beszállítandó terméktől függ. Hagyományos értelemben adott személyek és tárgyak, jelen esetben termékek térbeni és időbeli helyváltoztatása. Klasszikus értelmezés szerint ezt a helyváltoztatást nevezzük közlekedésnek.

Az áruszállítás módját több alaptényező is befolyásolja: (1) a szállítandó áru mérete, (2) a szállítandó áru tulajdonságai, (3) a beszállítások gyakorisága, (4) a beszállítások földrajzi távolsága, (5) a szállítás időtartama, határidők és a (6) szállítás szolgáltatási díja.

A beszállítások fő feladata, hogy az áruszállítás során a feladópontról a leadópontra, azaz a termékek adott desztinációba történő eljuttatását valósítsa meg. Ezzel ki tudja szolgálni mind az üzemen belüli és kívüli felhasználói igényeket, a rendeltetési helyekre történő rendeléseket teljesíti.

A kombinált áruszállítás fogalma ismeretes, miszerint több szállítási mód együttes használatát vesszük igénybe termékeink szállítási feladatainak kiszolgálásához. Ezen kombinációknak több fajtája is van, melyek közül a multimodális szállítást emelem ki, a klasszikus áruszállítási módokkal.

A közlekedési módozatok közül az alábbi áruszállítási módokat definiálom:

- a) Multimodális (MULTM): A szállítási módok kombinációi közül ez jelenti a főbb kontingenst, tehát az egynél több szállítási mód felhasználása valósul meg.  
A fuvarmegbízás egyszeri, lehet intermodális szállítás és kombinált fuvarozás: az intermodális szállítás során az áruk a szállítóeszközzel együttesen kerülnek felrakodásra, míg a kombinált fuvarozás során a legrövidebb fuvar útvonalán keresztül jutnak el a termékek a célállomásukig.
- b) Közút (KZ): A közúti szállítás lehetővé teszi a kisebb árumennyiségű termékek rövid távú beszállítását, mely becsatlakozik a belföldi és nemzetközi közlekedési forgalomba. A szállításait, szerződéseit és tarifáit rugalmasan kezeli a felhasználó igényeihez mérten, viszont kellő odafigyelés szükséges a fuvarjai szervezésében.  
Két főbb árutovábbítási típusa: a fuvarozás és a darabáru szállítások.
- c) Vasút (VS): A vasúti szállítás elsősorban nagy mennyiségű áruk nagy távolságra történő szállítása. Kötött pályán halad, független az általános külső környezeti hatásoktól. A szállítások ütemezhetőek a vasúti menetrendek miatt, tarifáik előkalkulálhatók.  
Három főbb árutovábbítási típusa: a kocsirakományú, expresszáru és a darabáru szállítások.
- d) Vízi (VZ): A vízi szállítás teszi lehetővé a tömegtermékek nagy távolságú belföldi és nemzetközi továbbítását, melyek elsősorban tengeri vagy belvízi áruszállítások. Alkalmazása akkor előnyös, ha hosszú teljesítési idő áll rendelkezésre.  
A folyami áruforgalom típusai: a darabáru-, uszályrakomány- és a részrakomány-fuvarozások.  
A tengeri áruforgalmi típusok: a vonal- és szabadhajózások, illetve a bérelt hajózások.



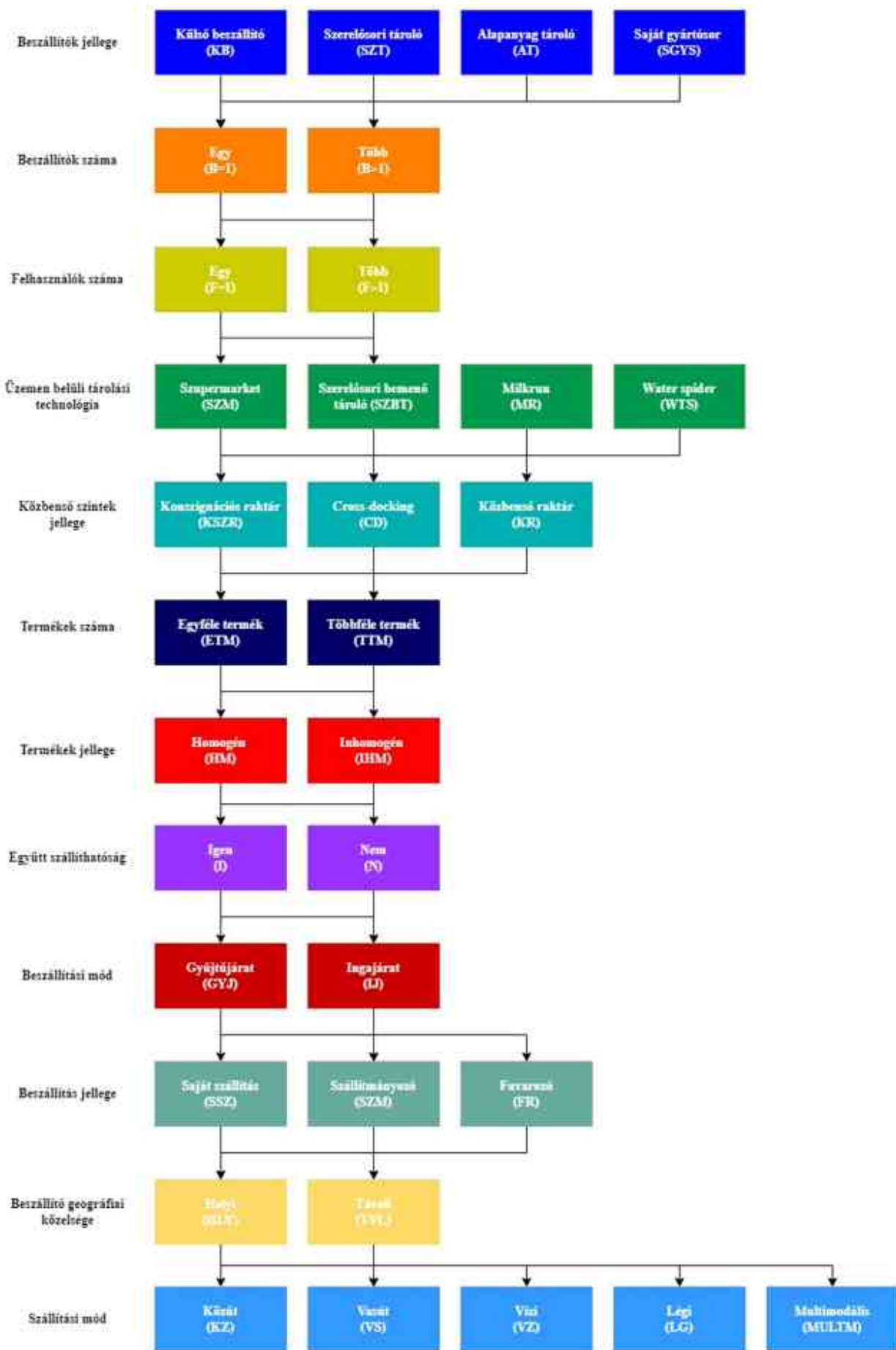
e) Légi (LG): A légi szállítás során olyan speciális, kismennyiségű expanszív termékeket kell nagy távolságra eljuttatni, melyek teljesítési igényei rövid időn belül esedékesek. Ilyenek lehetnek a rövid szavatosságú ételek, az ékszerek, műszerek stb.

A légi áruforgalom lebonyolítható közösségi menetrend szerinti vonal járatokkal, vagy áruszállító (charter) járatokkal is.

Az áruk szállítása adott légifolyosón keresztül történik, repülőtérrel rendelkező desztinációk között. A termékeket ezt követően más szállítási mód segítségével juttatják el a felhasználóig (kombinált szállítás).

A fenti gondolatok alapján kidolgoztam a just-in-sequence ellátási rendszerek jellemző paramétereit összefoglaló rendszerstruktúrát (lásd 12. ábra), ami alapján az egyes stratégiák matematikailag leírhatók, jellemezhetők, és főbb jellemzői megfogalmazhatóak néhány tipikus rendszerváltozat vizsgálatával [S8]. A 12. ábra mutatja a 46080 db lehetőséget. Ez adja a következő fejezet témáját.





12. ábra A just-in-sequence ellátási rendszerek új rendszerstruktúrája [Saját szerkesztés]

## 4. A JUST-IN-SEQUENCE ELLÁTÁSI RENDSZEREK MATEMATIKAI LEÍRÁSA

Ebben a fejezetben a rendszerstruktúra alapján az egyes rendszerváltozatok leszámaztathatók, a matematika eszközeinek segítségével egyértelműen leírhatók (matematikai modellezés).

### 4.1. A rendszerparaméterek, célfüggvények és korlátozások meghatározása

A matematikai modellek segítségével képesek vagyunk a logisztikai rendszer teljesítményének elemzésére és értékelésére, így támogatják a gyártási, beszerzési, elosztási és inverz folyamatokat, valamint más szolgáltatási tevékenységek hatékonyságának fejlesztését.

#### 4.1.1. A rendszerparaméterek definiálása

A rendszerparaméterek megválasztásával és ezek finomhangolásával valósítható meg a rendszer következetes és gazdaságos működtetése. Az anyagáramlási rendszerek méreteiket és sokszínűségüket tekintve számos paraméterrel jellemezhetők.

Az anyagáramlási rendszerben, illetve ezek részrendszereiben az anyagáram és az áramló anyagmennyiség mátrix alakban leírható [I78].

- A  $D$  távolságmátrix egy olyan rendszerparaméter, ami  $qxq$  méretű, és megmutatja az egyes rendszerelemek közötti távolságot.

$$D = m \begin{matrix} & 1 & n & q \\ \begin{matrix} 1 \\ q \end{matrix} & & d_{mn} & \end{matrix} \text{ [km]}, \text{ ahol} \quad (1)$$

- Az  $m, n$  index.
- A  $q$  elemszáma az alábbi tagokból tevődik össze:

$$q = BSZ + RT + FR + GY; \quad q \in \mathbb{N} \\ \mathbb{N} = \{1, 2, 3, \dots\} \quad (2)$$

- a  $BSZ$  a beszállítók száma,
- az  $RT$  a raktárak száma,
- az  $FR$  a fuvarozók száma,
- a  $GY$  a gyártói szerelősorok (felhasználók) száma.

A  $D$  távolságmátrix kvadratikus, azaz négyzetes mátrix, mivel minden ellátási láncban lévő objektum fel van tüntetve a sorokban és oszlopokban is.

Az objektumok saját maguktól mért távolsága 0, így a mátrix főátlója csupa nulla elemből áll. Ez a mátrix partícionálható, azaz több részre bontható:

$$D = [D_{mn}(d_{ij})] \quad (3)$$

Az ellátási lánc több piaci szereplő között értelmezhető, ahol a vállalatok egyes piaci adottságai jelentős hatást gyakorolnak a menedzsment folyamatokra. Elvárás a gazdaságos működtetés a versenyképesség megőrzése érdekében.

Az ellátási lánc menedzsment fogalma alapján az ellátási lánc több piaci résztvevő között értelmezhető, célja a végfelhasználó igényeinek maximális kielégítése, valamint az értékteremtés.



Az egyes rendszerelemek kapcsolatai szerint felbontva:

$$D = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{BSZ} & \text{RT} & \text{FR} & \text{GY} \end{matrix} \\ \begin{matrix} \text{BSZ} \\ \text{RT} \\ \text{FR} \\ \text{GY} \end{matrix} & \begin{bmatrix} \begin{matrix} 1 & \Omega & l \\ \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \end{matrix} & \begin{matrix} 1 & \alpha & \beta \\ \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \end{matrix} & \begin{matrix} 1 & \gamma & \delta \\ \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \end{matrix} & \begin{matrix} 1 & \omega & \varepsilon \\ \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \end{matrix} \\ \hline \begin{matrix} 1 & & & \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \end{matrix} & \begin{matrix} D_{11} & D_{12} & D_{13} & D_{14} \\ \hline 1 & & & \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \end{matrix} & \begin{matrix} D_{21} & D_{22} & D_{23} & D_{24} \\ \hline 1 & & & \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \end{matrix} & \begin{matrix} D_{31} & D_{32} & D_{33} & D_{34} \\ \hline 1 & & & \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \end{matrix} & \begin{matrix} D_{41} & D_{42} & D_{43} & D_{44} \end{matrix} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (4)$$

A  $H$  kapcsolati mátrix, azaz a hozzárendelés mátrixa, amely azt fejezi ki, mely rendszerelemek között van kapcsolat. Hasonlóan, mint a távolságmátrix, ez is  $qxq$  méretű és partícionálható.

$$H = \begin{matrix} & 1 & n & q \\ m & \begin{bmatrix} h_{mn} \end{bmatrix} \\ q \end{matrix} \quad (5)$$

$$H = [H_{mn}(h_{ij})] \quad (6)$$

ahol:

- Az  $m, n$  index.
- $h_{mn} = \begin{cases} 1, \\ 0. \end{cases}$
- $h_{mn} = 1$ , az  $m$ -ből a  $n$ -be történik anyagáramlás,  $i$ -dik és  $j$ -dik rendszerelem egymással kapcsolatban vannak.
- $h_{mn} = 0$ , az  $m$ -ből a  $n$ -be nem történik anyagáramlás,  $i$ -dik és  $j$ -dik rendszerelem nincs kapcsolatban.

A kapcsolati mátrix felépítése, partíciós bontása:

$$H = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{BSZ} & \text{RT} & \text{FR} & \text{GY} \end{matrix} \\ \begin{matrix} \text{BSZ} \\ \text{RT} \\ \text{FR} \\ \text{GY} \end{matrix} & \begin{bmatrix} \begin{matrix} 1 & \Omega & l \\ \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \end{matrix} & \begin{matrix} 1 & \alpha & \beta \\ \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \end{matrix} & \begin{matrix} 1 & \gamma & \delta \\ \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \end{matrix} & \begin{matrix} 1 & \omega & \varepsilon \\ \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \end{matrix} \\ \hline \begin{matrix} 1 & & & \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \end{matrix} & \begin{matrix} H_{11} & H_{12} & H_{13} & H_{14} \\ \hline 1 & & & \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \end{matrix} & \begin{matrix} H_{21} & H_{22} & H_{23} & H_{24} \\ \hline 1 & & & \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \end{matrix} & \begin{matrix} H_{31} & H_{32} & H_{33} & H_{34} \\ \hline 1 & & & \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \end{matrix} & \begin{matrix} H_{41} & H_{42} & H_{43} & H_{44} \end{matrix} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (7)$$

ahol:

- a  $\Omega, l$  a beszállító futó indexe,
- a  $\alpha, \beta$  a raktárak futó indexe,



- a  $\gamma, \delta$  a fuvarozók futó indexe,
- a  $\omega, \varepsilon$  a gyártók futó indexe.

A  $h_{mn}$  jelenti a rendszer hozzárendelési feladatait, amik a célfüggvények és korlátozások definiálásait követően megoldhatóak, azaz optimálhatóak.

A kapcsolati mátrix részei, amelyek megadják az egyes részrendszerek milyen rendszerparaméterekkel kapcsolódnak egymáshoz, illetve milyen  $F$  funkciókat látnak el az anyagáramlásban, a  $p$  komissió termékek beszállításában:

- a főátló elemei,  $H_{11}; H_{22}; H_{33}; H_{44} = [0]$ , mivel a modellben nincs külön kapcsolat a rendszerelemek között,
- a  $H_{12}; H_{21}^T = [1]$ , kifejezi az  $l$ -dik beszállító hozzárendelését a  $\beta$ -dik raktárhoz,
- a  $H_{31}; H_{13}^T = [0]$ , jelentése, hogy a  $\delta$ -dik fuvarozó nincs kapcsolatban az  $l$ -dik beszállítóval,
- a  $H_{41}; H_{14}^T = [0]$ , az  $\varepsilon$ -dik gyártói szerelősor hozzárendelése az  $l$ -dik beszállítóhoz, ebben a változatban nem értelmezhető, az inverz folyamatokat ajánlott a logisztika ágának ez irányú feladatait is külön kiszervezni,
- a  $H_{32}; H_{23}^T = [1]$ , az  $\delta$ -dik fuvarozó hozzárendelése a  $\beta$ -dik raktárhoz, az igényelt felhasználói  $q$ -dik sequence-ek, az  $o$ -dik megrendelések fogadása érdekében, továbbá a just-in-sequence előnyös alkalmazásának szinterei vizsgálandók, alkalmazásának eredménye összehasonlítható a hagyományos just-in-time beszállítással,
- a  $H_{42}; H_{24}^T = [0]$ , az  $\varepsilon$ -dik gyártói szerelősor hozzárendelése a  $\beta$ -dik raktárhoz, ebben a változatban nem értelmezhető,
- a  $H_{43}; H_{34}^T = [1]$ , a  $\delta$ -dik fuvarozó hozzárendelése  $\varepsilon$ -dik gyártói szerelősorhoz, az igényelt felhasználói sequence-ek alapján, a  $j$ -dik megrendelés beszállítása érdekében,
- az  $F$  funkciók ( $F1, F2, F3 \dots F_n$ ) jelentik a logisztikai anyagáramlás egyes feladatait.

Az alábbi vektor tartalmazza a (2) kapcsolati mátrix komponens csoportjait, ezek  $x$ -dik elemszámát, azaz darabszámát:

$$\mathbf{V}^\psi = \begin{matrix} BSZ & RT & FR & GY \\ |x_{BSZ} & x_{RT} & x_{FR} & x_{GY}|, \text{ ahol} \end{matrix} \quad (8)$$

- a  $\psi$  a lehetséges részrendszerek száma,
- az  $x_{BSZ}$  a beszállítók  $x$ -dik elemszáma,
- az  $x_{RT}$  a raktárak  $x$ -dik elemszáma,
- az  $x_{FR}$  a fuvarozók  $x$ -dik elemszáma,
- az  $x_{GY}$  a gyártói szerelősorok  $x$ -dik elemszáma.

$$\mathbf{V}^\psi = \{1,1,1,1\}, \text{ ahol} \quad (9)$$

- ha  $\mathbf{V}^\psi$  valamelyik eleme 1, akkor  $x = 1$  adott rendszer tagelem pontosan egyszer fordul elő,
- ha  $\mathbf{V}^\psi$  valamelyik eleme 1-nél nagyobb, akkor  $x > 1$  több rendszer tagelem is van,
- ha  $\mathbf{V}^\psi$  vektor valamelyik eleme 0, akkor  $x = 0$  valamelyik rendszer tagelem nincs, nem értelmezhető.

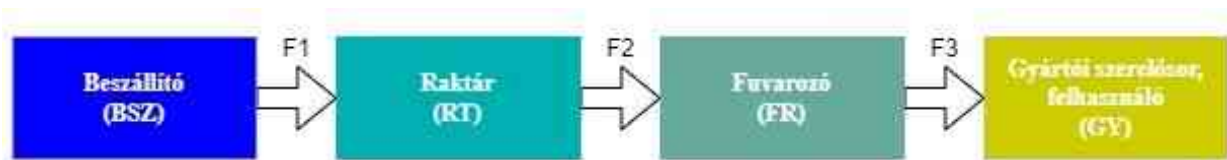
Két rendszerváltozat értelmezhető, (9)  $\mathbf{V}^\psi$  vektor alapján:

- Az egyszerű változatot a struktúra elemei alkotják meg, soros elrendezés (lásd 13. ábra),
- Összetett változat, párhuzamos elrendezés (lásd 14. ábra).

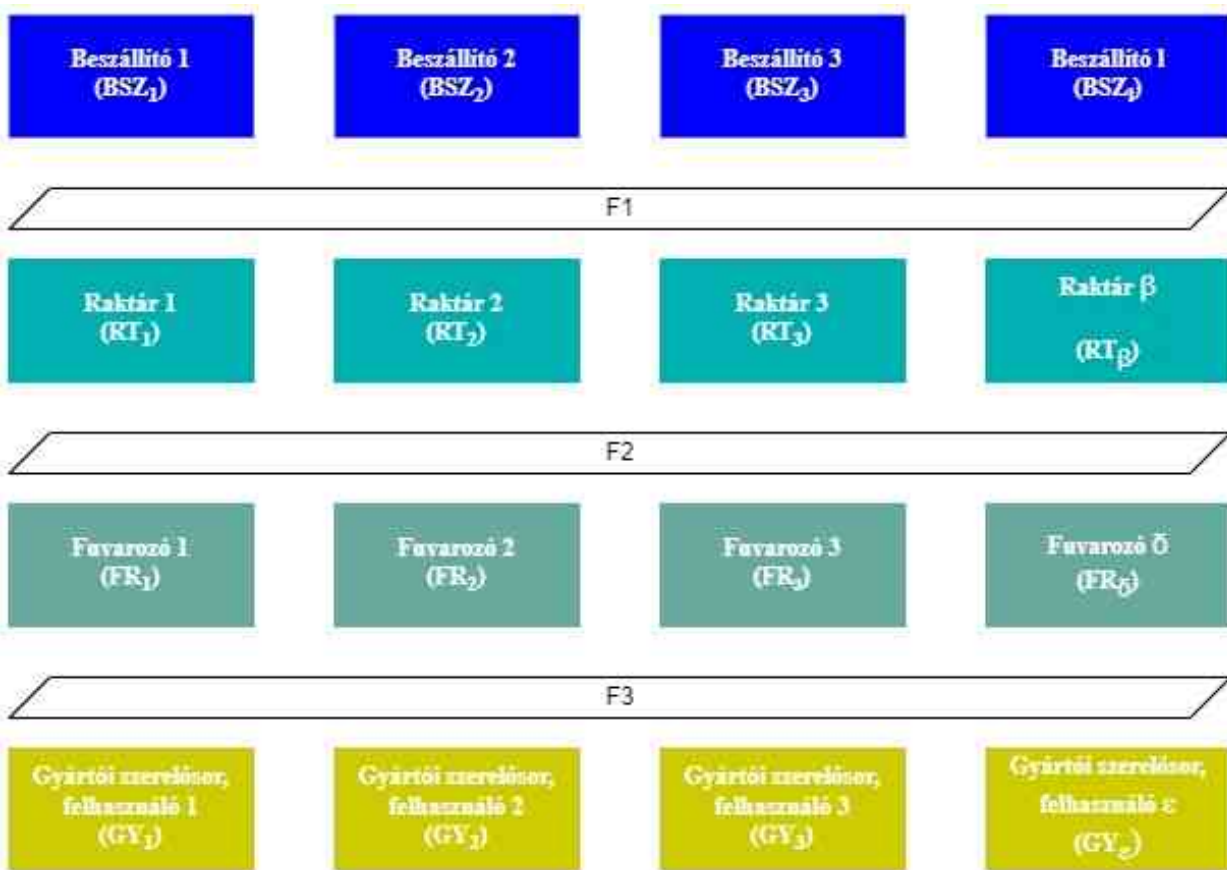
Célom az, hogy a jellegzetes alapmodelleket, részrendszereket megvizsgáljam, a bemutatott just-in-sequence ellátás rendszerparamétereit különböző módszerek segítségével összehasonlítsam a jövőbeni fejlesztések érdekében.







13. ábra Példa az egyszerű részrendszerre [Saját szerkesztés]



14. ábra Példa az összetett részrendszerre [Saját szerkesztés]

#### 4.1.2. A beszállítók

A beszállítók kiválasztása és minősítése különösen nehéz feladat, hiszen a vásárolt termékhez kötődő költség a teljes beszerzés logisztikai ráfordításában jelentkezik.

A beszállítókat definiálja:

A (8) és a (4) összefüggések alapján

- az  $x_{BSZ}$  a beszállítók száma,
- és a  $D$  mátrix, a lokációs adatok.

A beszerzéshez kapcsolódóan az alábbi költségeket emelem ki:

- a beszállítói termék beszerzési ára,
- a beszállítandó termék „QM”, minőségbiztosítási költsége, hogy az elvárt minőségű termék kerülhessen beszállításra, kifogásolt hibás termék bejuttatásának elkerülése,
- a termékkedvezmények, mint a mennyiségi vagy értékhatár után járó kedvezményes termékár,
- a logisztikai anyagkezelés költségei, azaz a logisztikai feladatok ellátásának díjai,
- a beszállítások teljesítési határidői,
- az ütemezések költségei.



A  $c_{x_{BSZ}}$  a beszállítás fajlagos költsége a raktárhoz a következő, az optimalizálás paramétereinek csökkentése miatt konstansnak tekintem – a beszállítói sokféleség miatt:

$$c_{x_{BSZ}} = c_p + c_{rp} + c_f, \text{ ahol} \quad (10)$$

- a  $c_p$  a  $p$  igényelt termékek beszerzési költsége,
- a  $c_{rp}$  a termék „QM”, minőségbiztosítási költsége,
- a  $c_f$  a logisztikai funkciók biztosítási díja.

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n K_{BSZ(ij)} = H_{mn}(d_{ij}) \cdot D_{mn}(d_{ij}) \cdot B_{BSZ_{mn}}(d_{ij}) \cdot c_{x_{BSZ}}, \text{ ahol} \quad (11)$$

- a  $K_{BSZ}$  a beszállítás költsége a beszállítótól a raktárakba,
- a  $B_{BSZ}$  az egyes termék beszállítások száma, amelyek beszerzési mátrixként írhatók fel:

$$B_{BSZ} = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & \dots & sz \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ \vdots \\ b \end{matrix} & \begin{bmatrix} & & \\ & b_{BSZ} & \\ & & \end{bmatrix} \end{matrix}, \text{ ahol} \quad (12)$$

- a  $b_{BSZ}$  a termék beszállítások száma, a  $b$ -dik beszállító az  $sz$ -dik raktárba az  $\theta$ -dik idő alatt.

A célfüggvény a beszállítókhöz kapcsolódó költségek minimalizálása:

$$K_{BSZ} \rightarrow \min \quad (13)$$

Korlátozás 1: A beszállítási kockázatok és mulasztások.

A beszállítói korlátok a következők:

- áthelyezés,
- áthárítás,
- megosztás.

$$K_{BSZ}^P = K_{BSZ} \cdot 25\%, \text{ ahol} \quad (14)$$

- a  $K_{BSZ}^P$  a beszállítói kötbér, büntető költsége, ha valamelyik beszállítói korlát fennáll.

Korlátozás 2: A beszállítás időtartama, az időkeret alsó és felső határát nem szabad túllépni.

$$t_{BSZ}^{min*} \leq t_{BSZ}^{sch} \leq t_{BSZ}^{max*}, \text{ ahol} \quad (15)$$

- a  $t_{BSZ}^{min*}$  és a  $t_{BSZ}^{max*}$  az egyes beszállítások célállomásáig történő szállítási idejének alsó és felső határa,
- a  $t_{BSZ}^{sch}$  a  $p$  komissió termékek tervezett beszállítás ideje.

Ennek az optimalizálási problémának az első döntési változója a hozzárendelési mátrix (8) - (9) összefüggésekből származtatva, amelyek meghatározzák a potenciális beszállítók hozzárendelését a megfelelő felhasználóhoz.

A döntési változók csak bináris értékeket vehetnek fel.

$$X_{BSZ} = [x_{BSZ}] \in (0,1) \quad (16)$$

Egybeszállítós megoldás esetén a hozzárendelési mátrix a következőképpen írható fel:

$$X'_{BSZ} = [x'_{BSZ}] \in (0,1) \quad (17)$$

A beszállítások ütemezése,  $T_{BSZ}$  ütemezési mátrix definiálható, amely meghatározza az optimális ütemezését.

$$T_{BSZ} = [\tau_{BSZ}], \text{ ahol} \quad (18)$$



$$t_{BSZ}^{min*} = t_{BSZ}^{min} - \tau_{BSZ} \wedge t_{BSZ}^{max*} = t_{BSZ}^{max} - \tau_{BSZ} \quad (19)$$

- a  $t_{BSZ}^{min}$  és a  $t_{BSZ}^{max}$  az egyes beszállítások idejének alsó és felső határa,
- a  $\tau_{BSZ}$  egy beszállítási ciklus ideje.

### 4.1.3. A raktárak

Az igényelt anyagok áramoltatása egy igazán különleges és összetett teendő, amelyhez több logisztikai feladatot is el kell végezni a beszállító és a felhasználó közötti állomásokon.

A raktározás szerepe kiterjed a teljes logisztikai folyamatra, hiszen biztosítja az integrált alapanyag- és információ-áramlás megvalósítását az ellátási lánc zavartalan ellátásában.

A raktárakat definiálja:

a (8) és a (4) összefüggések alapján

- az  $x_{RT}$  a beszállítók száma,
- és a  $D$  mátrix, a lokációs adatok – ez függ a kihelyezett raktári kapacitás lehetőségétől, takarékosági szemlélet. Ellenben nem releváns, ha saját raktárral rendelkezik.

Ha a raktár lokációja nem ismert, akkor új raktártelepítésének lehetőségét kell figyelembe venni. Ha van választási lehetőség, mint különféle logisztikai alrendszerhez való kapcsolódás: például a konszignációs raktár, a cross-docking vagy a közbelső raktár között, akkor törekedni kell a logisztikai költségek csökkentésére.

A raktározáshoz kapcsolódóan az alábbi költségeket emelem ki:

- a raktár logisztikai költségei,
- a raktár kapacitása,
- a raktár átfutási ideje,
- a raktár infrastruktúra adottságai
- az ehhez szükséges erőforrás allokáció.

A  $c_{x_{RT}}$  a raktározás fajlagos költsége a raktárhoz a következő – konstans a (10) indoklása alapján:

$$c_{x_{RT}} = c_{lo} + c_{inf} + c_f, \text{ ahol} \quad (20)$$

- a  $c_{lo}$  a raktározás logisztikai költségei,
- a  $c_{inf}$  a létesítmény használati költségei,
- a  $c_f$  a logisztikai funkciók, feladatok ellátásának költségei.

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n K_{RT(ij)} = H_{mn}(d_{ij}) \cdot D_{mn}(d_{ij}) \cdot B_{RTmn}(d_{ij}) \cdot c_{x_{RT}}, \text{ ahol} \quad (21)$$

- a  $K_{RT}$  a raktározás költsége,
- a  $B_{RT}$  az egyes termékraktározások száma, amelyek raktározási mátrixként írhatók fel:

$$B_{RT} = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & t \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ r \end{matrix} & \left[ \begin{matrix} & \\ & b_{RT} \end{matrix} \right], \text{ ahol} \end{matrix} \quad (22)$$

- a  $b_{RT}$  a termékraktározások száma, a  $r$ -dik raktárból az  $t$ -dik fuvarozóhoz az  $\theta$ -dik idő alatt.

A célfüggvény a beszállítókhöz kapcsolódó költségek minimalizálása:

$$K_{RT} \rightarrow \min \quad (23)$$



Korlátozás 1: A raktárok kapacitásai, logisztikai rendszerek üzemzavaros állapotai.

A raktározási korlátok a következők:

- kapacitáshiány,
- tárolási rendszer sajátosságai,
- anyagmozgatási rendszer hibái.

$$K_{RT}^P = K_{RT} \cdot 20\%, \text{ ahol} \quad (24)$$

- a  $K_{RT}^P$  a raktározási kötbér, büntető költsége, ha valamelyik kapacitási korlát fennáll.

Korlátozás 2: A raktározás átfutási ideje, az időkeret alsó és felső határát itt sem szabad túllépni.

$$t_{RT}^{min*} \leq t_{RT}^{kom} \leq t_{RT}^{max*}, \text{ ahol} \quad (25)$$

- a  $t_{RT}^{min*}$  és a  $t_{RT}^{max*}$  az egyes raktározási technológia átfutási idejének alsó és felső határa,
- a  $t_{RT}^{kom}$  az egyes kommissiók tárolási ideje.

A hozzárendelési mátrix (24) - (25) összefüggésekhez hasonlóan, amelyek meghatározzák a potenciális raktár hozzárendelését a megfelelő rendszerelemhez.

A döntési változók ismét bináris értékeket vehetnek fel.

$$X_{RT} = [x_{RT}] \in (0,1) \quad (26)$$

Szimpla megoldás esetén a hozzárendelési mátrix a következőképpen írható fel:

$$X'_{RT} = [x'_{RT}] \in (0,1) \quad (27)$$

A raktárok ütemezése,  $T_{RT}$  ütemezési mátrix definiálható, amely meghatározza az optimális ütemezését.

$$T_{RT} = [\tau_{RT}], \text{ ahol} \quad (28)$$

$$t_{RT}^{min*} = t_{RT}^{min} - \tau_{RT} \wedge t_{RT}^{max*} = t_{RT}^{max} - \tau_{RT} \quad (29)$$

- a  $t_{RT}^{min}$  és a  $t_{RT}^{max}$  az egyes raktározások idejének alsó és felső határa,
- a  $\tau_{RT}$  egy raktározási ciklus ideje.

#### 4.1.4. A fuvarozók

A fuvarozók fő feladata, hogy az igényelt termékeket beszállítsák egyrészt a megfelelő célállomásokra, másrészt pedig a gyártás által igényelt megfelelő sorrendben és időben (just-in-sequence).

Ennek segítségével vannak a fuvarszervezési modellek alkalmazása és az erre specializálódott saját vagy külső logisztikai szolgáltatók.

A fuvarozókat definiálja:

A (8) és a (4) összefüggések alapján

- az  $x_{FR}$  a fuvarozók száma,
- és a  $D$  mátrix, a lokációs adatok:  
Tehát az egyes rendszerlemeztől való távolság – függ a geográfiai közelségtől és az ehhez köthető szállítási mód megválasztásától.

A fuvarozóhoz kapcsolódóan az alábbi költségeket emelem ki:

- a fuvarozó logisztikai költségei,
- a jármű szállítási módjának elérhetősége és közelsége,
- a fuvarszervezés jellege,
- az erőforrás allokáció,
- a járművek kapacitása,



- a jármű kiszállítási ideje.

A  $c_{x_{FR}}$  a fuvarozás fajlagos költsége a fuvarozóhoz a következő – konstans a (10) indoklása alapján:

$$c_{x_{FR}} = c_{lo} + c_v + c_f, \text{ ahol} \quad (30)$$

- a  $c_{lo}$  a fuvarozó logisztikai költségei,
- a  $c_v$  a jármű üzemeltetési és karbantartási költségei,
- a  $c_f$  a logisztikai funkciók, feladatok ellátásának költségei.

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n K_{FR(ij)} = H_{mn}(d_{ij}) \cdot D_{mn}(d_{ij}) \cdot B_{FR*mn}(d_{ij}) \cdot c_{x_{FR}}, \text{ ahol} \quad (31)$$

- a  $K_{FR}$  a fuvarozás költsége,
- a  $B_{FR*}$  az egyes termékfuvarozások száma, amelyek fuvarozási mátrixként írható fel:

$$B_{FR} = \frac{1}{f} \begin{bmatrix} 1 & r^* \\ & b_{FR} \end{bmatrix}, \text{ ahol} \quad (32)$$

- a  $b_{FR}$  a termékfuvarozások száma, a  $f$ -dik fuvarozótól az  $r^*$ -dik gyártóhoz az  $\theta$ -dik idő alatt.

A célfüggvény a beszállítókhoz kapcsolódó költségek minimalizálása:

$$K_{FR} \rightarrow \min \quad (33)$$

Korlátozás 1: A járművek szállítási kapacitásai.

A jármű korlátok a következők:

- a kapacitáshiány,
- a paletták számának limitáltsága,
- a jármű meghibásodása, üzemképtelensége.

$$K_{FR}^P = K_{FR} \cdot 60\%, \text{ ahol} \quad (34)$$

- a  $K_{FR}^P$  a fuvarozási kötbér, büntető költsége, ha valamelyik kapacitási korlát fennáll.

Korlátozás 2: A fuvarozás szállítási ideje, az időkeret alsó és felső határát itt sem szabad túllépni.

$$t_{FR}^{min*} \leq t_{FR}^{vr} \leq t_{FR}^{max*}, \text{ ahol} \quad (35)$$

- a  $t_{FR}^{min*}$  és a  $t_{FR}^{max*}$  az egyes jármű kiszállítás átfutási idejének alsó és felső határa,
- a  $t_{FR}^{vr}$  az egyes járművek rendelkezésre állás ideje.

A hozzárendelési mátrix (34) - (35) összefüggésekhez hasonlóan, amelyek meghatározzák a potenciális fuvarozók hozzárendelését a megfelelő gyártóhoz.

A döntési változók itt is bináris értékeket vehetnek fel.

$$X_{FR} = [x_{FR}] \in (0,1) \quad (36)$$

Egy fuvarozós-elv megoldás esetén a hozzárendelési mátrix a következőképpen írható fel:

$$X'_{FR} = [x'_{FR}] \in (0,1) \quad (37)$$

A fuvarozók ütemezése:  $T_{FR}$  ütemezési mátrix definiálható, amely meghatározza az optimális ütemezést.



$$T_{FR} = [\tau_{FR}], \text{ ahol} \quad (38)$$

$$t_{FR}^{min*} = t_{FR}^{min} - \tau_{FR} \wedge t_{FR}^{max*} = t_{FR}^{max} - \tau_{FR} \quad (39)$$

- a  $t_{FR}^{min}$  és a  $t_{FR}^{max}$  az egyes fuvarozások idejének alsó és felső határa,
- a  $\tau_{FR}$  egy fuvarozási ciklus ideje.

#### 4.1.5. A gyártók

A gyártóknak, azaz a felhasználóknak központi szerepük van a vevői igények teljesítésében, a végfelhasználó termékeinek legyártásában.

Ehhez viszont az szükséges, hogy az ellátási lánc folyamatai zavartalanul menjenek végbe az egyes ellátási szintek között.

A gyártókat, a szerelősorokat definiálja:

A (8) és a (4) összefüggések alapján

- az  $x_{GY}$  a gyártók száma,
- és a  $D$  mátrix, a lokációs adatok, a szerelősorok elhelyezkedése a gyártási helyszíneken.

A gyártók a késztermékek kezelésére raktározási feladatokat végeznek, akkor a logisztikai terhek és költségek azonosak a 4.1.3-ban ismertetettek szerint.

A felhasználók költségei a kiszállítási költségekben jelennek meg a végfelhasználó kapcsán, ezt nem vizsgálom jelen munkában.

#### 4.2. A rendszer célfüggvényeinek egyszerűsítése

$$\left. \begin{array}{l} K_{BSZ} \rightarrow \min \\ K_{RT} \rightarrow \min \\ K_{FR} \rightarrow \min \end{array} \right\} \quad (40)$$

A szerelősorok kiszolgálásához kapcsolódó rendszer általános célfüggvénye (41), amely megadja az egyes rendszerelemek között felmerülő költségek csökkentését (40), azaz a teljes rendszerre vonatkozatható működési költséget:

$$K = K_{BSZ} + K_{RT} + K_{FR} \rightarrow \min \quad (41)$$

A célfüggvény a rendszer  $K$  összköltségének minimalizálása:

$$K \rightarrow \min \quad (42)$$

### II. TÉZIS

**Kidolgoztam a just-in-sequence ellátási rendszerek egy olyan új típusú modellstruktúráját, melyből a jellegzetes rendszerváltozatok leképezhetőek a további vizsgálatok elvégzéséhez.**

**Meghatároztam a just-in-sequence ellátási rendszer matematikai modell hátterét, amely leírja a rendszerszintű és az egyes rendszerelemek paramétereit.**

**A beszállítók, a raktárak, a fuvarozók, valamint a gyártók esetében ismertettem azokat a rendszerparamétereket, célfüggvényeket és korlátozásokat, amelyeket a speciális modellváltozatok kidolgozásakor mindenképp figyelembe kell venni.**

A tézis állítását alátámasztó saját publikációk és előadások: [S5], [S8].



## 5. A JUST-IN-SEQUENCE BESZÁLLÍTÁSI STRATÉGIÁK MATEMATIKAI MODELLEZÉSE

A 3.2. alfejezetben már megismert három alapvető JIS stratégia kerül matematikai modellezésre, amelynek segítségével definiálható a vállalatok üzemen belüli just-in-sequence ellátási lánc folyamatainak működési fenntarthatósága, különösen a költségek és sequence-ek vonatkozásában. Továbbá itt kerül sor a rendszerválozatok numerikus elemzésére, értékelésére és összehasonlítására.

### 5.1. Jellegzetes modellek

A cél a három just-in-sequence stratégiának a modellezése, azok összehasonlítása, a modellek érzékenységvizsgálata, ami alkalmas lehet a megfelelő just-in-sequence stratégia kiválasztására. A három modell közötti különbség:

- a ship-to-sequence: ekkor a felhasználó által igényelt termékek az igényelt sorrendben érkeznek be a felhasználóhoz, akár közvetlenül a gyártósorra, amit nevezünk az  $A$  stratégiának;
- pick-to-sequence: ekkor a felhasználóhoz a termékek nem sorrendben érkeznek be, a felhasználó maga állítja össze a sequence-eket a rendelkezésre álló készletből, amit nevezünk a  $B$  stratégiának;
- build-to-sequence: ekkor a felhasználó maga állítja elő a szükséges termékeket a sequence-nek megfelelően, beszállító olyan szempontból van, hogy a termékek gyártásához szükséges alkatrészeket ő szállítja be, ezt a matematikai modell komplexitásának függvényében figyelembe lehet venni, amit nevezünk a  $C$  stratégiának.

A just-in-sequence alapú ellátás lehetővé teszi gyártási működés következetes kialakítását, hatékony módszerek kombinált felhasználását [I67], hiszen a vállalat gyártási folyamatait modern és gazdaságos ellátási stratégiákra helyezi [I79]. Az egyik lényeges különbség az, hogy a just-in-sequence ellátás többszintű beszállításokat is lehetővé tesz [S6]. Ehhez olyan egyedi tervezésű és a termékfajtánkénti konstrukció kialakítására van szükség, amely már az elejétől fogva vevői elvárásokat szolgál ki [I80].

A fenti cél elérésének érdekében kiemelt fontosságúnak tartom, hogy a matematikai modellezések leírásánál hasonló módszertant készítssek mindhárom stratégia vonatkozásában.

### 5.2. A ship-to-sequence modellezése

A ship-to-sequence esetében a beszállítónál történik meg a szükséges termékek gyártása és sequence szerinti sorrendben történő beszállítása a felhasználóhoz.

#### 5.2.1. Ismert paraméterek ship-to-sequence stratégiánál

A ship-to-sequence ellátási stratégia esetén nem hozunk létre a pull rendszerre jellemző nagy felhasználói készleteket, hanem eltoljuk az ellátási lánc korábbi pontjaira. Ezzel az ellátási stratégia már jobban megfelel a just-in-sequence alapelveknek.

Tehát a  $k$ . termék sequence szerinti komissióinak összeállítása nem a felhasználónál történik meg, hanem a beszállítónál, vagy egy közbenső raktárban, vagy egy cross-docking létesítményében.

Ismert paraméterek:

- a  $d_{ijk\tau}^{A,F}$  az  $i$ . beszállítótól a  $j$ . felhasználó általi igény a  $k$ . termékre vonatkozóan a  $\tau$ . sequence-ben,
- a  $d_{ijk\tau}^{A,B}$  az  $i$ . beszállító által a  $j$ . felhasználó számára gyártott  $k$ . termék mennyisége a  $\tau$ . sequence esetében, mely nem feltétlenül egyezik meg a felhasználó általi igénnyel, ami a





beszállítónál az említett igénynél nagyobb tárolókapacitást és tárolási költséget eredményezhet:

$$\forall i, j, k: |d_{ijk\tau}^{A,F} - d_{ijk\tau}^{A,B}| \quad (43)$$

- a  $t_{ijk\tau}^{A,F}$  a j. felhasználó általi igény időpontja az i. beszállítótól várt k. termékre vonatkozóan a  $\tau$ . sequence-ben,
- a  $t_{ijk\tau}^{A,B}$  az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termék elkészülésének időpontja a  $\tau$ . sequence-ben, mely nem egyezik meg a beszállító és a felhasználó közötti szállítás időtartamából adódóan:

$$\forall i, j, k: |t_{ijk\tau}^{A,F} - t_{ijk\tau}^{A,B}| \quad (44)$$

- a  $c_{ijk}^{A,BM}$  az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termék fajlagos előállítási költsége (gyártási költsége), mely lehetne akár független a felhasználótól is, azonban a modell általánosítása célszerű, hiszen ezzel figyelembe vehetők a felhasználók által a gyártási költséget befolyásoló tényezők is, melyek például keretszerződésekben kerülhetnek rögzítésre,
- a  $c_{ijk}^{A,BW}$  az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termék fajlagos tárolási költsége, mely abból adódik, hogy a leggyártott termék nem kerül azonnal kiszállításra a felhasználóhoz.

Felhasználótól való függését az indokolja, hogy a különböző felhasználók elvileg előírhatnak különböző tárolási körülményeket azonos termékekre vonatkozóan, mely más és más tárolási költségeket eredményezhet,

- a  $c_{ijk}^{A,BH}$  az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termék fajlagos anyagkezelési költsége, mely a gyártás befejezésétől a kiszállításig megvalósuló anyagkezelési költségeket tartalmazza (rakodás, egységtrakományképzés és -bontás, kommissiózás, csomagolás, sequencing).

Felhasználótól való függését az indokolja, hogy a különböző felhasználók által igényelt ugyanazon termékkel különböző anyagkezelési műveleteket lehetséges elvégezni, mely más és más anyagkezelési költséget eredményezhet,

- a  $c_{ijk}^{A,BI}$  az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termékre vonatkozó fajlagos tőkelekötés mértéke,
- az  $a_{ijk}^A$  az i. beszállító részére a j. felhasználó által fizetett fajlagos (egy termékre vonatkozó) vételár a k. termék esetében,
- a  $c_{i,j,\tau}^{A,S}$  a fajlagos szállítási költség az i. beszállító és a j. felhasználó közötti szállítás esetében a  $\tau$ . sequence-re vonatkozóan,
- a  $c_{ijk}^{A,FH}$  az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termék fajlagos anyagkezelési költsége a j. felhasználónál, mely a beérkezett sequence átvételétől a gyártósor megfelelő pozíciójában történő elhelyezésig tart (rakodás, egységtrakomány képzése és bontása), illetve még ide számolhatók a sequence-ben lévő termékek felhasználása után keletkező üres raklapokhoz, csomagolóanyagokhoz kapcsolódó anyagkezelési költségek is.

Mivel a vizsgálati időhorizonton belül az egyes sequence-ekben a fajlagos költségeket állandónak tételezzük fel, azaz

$$\forall i, j, k, \alpha, \beta: c_{ijk\alpha}^{A,BM} = c_{ijk\beta}^{A,BM}, c_{ijk\alpha}^{A,BW} = c_{ijk\beta}^{A,BW}, c_{ijk\alpha}^{A,BH} = c_{ijk\beta}^{A,BH}, c_{ijk\alpha}^{A,BI} = c_{ijk\beta}^{A,BI} \quad (45)$$

ahol a fajlagos költség  $\alpha$  és  $\beta$  indexe a vizsgálati időhorizonton belüli sequence sorszáma.



Így alkalmazhatjuk a vizsgálati időhorizonton belül a  $c_{ijk}^{A,BM}$ ,  $c_{ijk}^{A,BW}$ ,  $c_{ijk}^{A,BH}$ ,  $c_{ijk}^{A,BI}$  fajlagos költségeket. Ugyanezek igazak a felhasználónál jelentkező költségekre is.

Ugyanezen állítás igaz lehet a fajlagos vételárra is, hiszen az egy vizsgálati időhorizonton belül állandónak tekinthető, emiatt nem szükséges  $a_{ijk\tau}^A$  alkalmazása.

### 5.2.2. A célfüggvény meghatározása ship-to-sequence stratégiánál

A beszállítónál az alábbi költségeket szükséges figyelembe venni:

- termékek gyártási költsége,
- termékek tárolási költsége,
- termékek anyagkezelési költsége, mely tartalmazza a sequencing költségét is,
- termékek tárolásából adódó tőkelekötés.

Ezen költség meghatározása az alábbi módon végezhető el:

$$K_A^B = K_A^{BM} + K_A^{BW} + K_A^{BH} + K_A^{BI} + K_A^{BS}, \quad (46)$$

ahol  $K_A^{BM}$  a gyártási költség a beszállítónál,  $K_A^{BW}$  a tárolási költség a beszállítónál,  $K_A^{BH}$  az anyagkezelési költség a beszállítónál,  $K_A^{BI}$  a tőkelekötés a beszállítónál és  $K_A^{BS}$  a szállítási költség beszállítóra eső része.

Az egyes beszállítónál jelentkező **gyártási költség** az alábbi módon számítható abban az esetben, amikor a gyártott mennyiség megegyezik az igényelt mennyiséggel a vizsgálati időhorizonton belül, azaz ha a gyártott és igényelt mennyiség összege megegyezik a vizsgálati időhorizonton belüli sequence-ekhez rendelt termékmennyiségek összegével:

$$\forall i, k: \sum_{j=1}^n \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{A,F} = \sum_{j=1}^n \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{A,B}, \quad (47)$$

akkor

$$\forall i: K_{Ai}^{BM} = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} c_{ijk}^{A,BM} \cdot d_{ijk\tau}^{A,B}, \quad (48)$$

ahol  $\tau_{ijk}^{max}$  az i. beszállítótól a j. felhasználó általi igények maximális száma a k. termékre vonatkozóan.

Az egyes beszállítónál jelentkező gyártási költség az alábbi módon számítható abban az esetben, amikor a gyártott mennyiség nagyobb, mint az igényelt mennyiség a vizsgálati időhorizonton belül az összes sequence-re vonatkozóan, azaz ha:

$$\forall i, k: \sum_{j=1}^n \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{A,F} < \sum_{j=1}^n \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{A,B}, \quad (49)$$

akkor amennyiben a többletgyártás költségét a vizsgálati időhorizonton belül számoljuk el, akkor

$$\forall i: K_{Ai}^{BM} = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} c_{ijk}^{A,BM} \cdot d_{ijk\tau}^{A,F}, \quad (50)$$

ellenkező esetben a mennyiség a következő időhorizont gyártási költségéhez adódik hozzá.

$$\Delta K_{Ai}^{BM} = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} c_{ijk}^{A,BM} \cdot (d_{ijk\tau}^{A,S} - d_{ijk\tau}^{A,F}) \quad (51)$$

Ezek alapján a beszállítók általi gyártási költség a vizsgálati időhorizontra az alábbi módon írható fel – (45) alapján, amennyiben a gyártott mennyiség és az igényelt mennyiség megegyezik:

$$K_A^{BM} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{A,BM} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{A,F} \right) \quad (52)$$

A beszállítók általi gyártási költség a vizsgálati időhorizontra az alábbi módon írható fel, amennyiben a gyártott mennyiség meghaladja az igényelt mennyiséget és a teljes gyártási költség a vizsgált időhorizonton kerül elszámolásra:



$$K_A^{BM} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{A,BM} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{A,B} \right) \quad (53)$$

Az egyes **beszállítónál** jelentkező **tárolási költség** az alábbi módon számítható abban az esetben, amikor a gyártott mennyiség megegyezik az igényelt mennyiséggel a vizsgálati időhorizonton belül:

$$K_A^{BW} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{A,BW} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{A,B} \cdot (t_{ijk\tau}^{A,F} - t_{ijk\tau}^{A,B} - t_{ijk\tau}^{A,TR}) \right) \quad (54)$$

ahol  $t_{ijk\tau}^{A,TR}$  az i. beszállítótól a j. felhasználóhoz történő szállítás időtartama a k. termékre vonatkozó  $\tau$ . igény esetében. Azért ez a számítás módszere, mivel a ship-to-sequence stratégia esetében is teljesülni kell a just-in-time elveknek, így olyan időpontban lehet csak elindítani az adott igény beszállítását, hogy az éppen a  $t_{ijk\tau}^{A,F}$  időpontban érkezzen be, azaz  $(t_{ijk\tau}^{A,F} - t_{ijk\tau}^{A,B} - t_{ijk\tau}^{A,TR})$  időtartamban kell az elkészült termékeket a beszállítónál tárolni.

Amennyiben a rendelési tételekenti gyártott és igényelt mennyiség nem egyezik meg egy-egy sequence esetében, akkor a vizsgálati időhorizonton belüli tárolási költség számítása az alábbi módon végezhető el:

$$K_A^{BW} = \sum_{i=1}^m \left\{ \sum_{k=1}^p \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} (\tau_{seq A} + t_{ijk\tau}^{A,F} - t_{ijk\tau}^{A,B} - t_{ijk\tau}^{A,TR}) \cdot \left[ \sum_{\vartheta=1}^{\tau} \sum_{j=1}^m c_{ijk}^{A,BW} \cdot (d_{ijk\tau}^{A,B} - d_{ijk\tau}^{A,F}) \right] \right\}, \quad (55)$$

ahol  $\tau_{seq A}$  két sequence közötti átlagos ciklusidő, míg a  $t_{ijk\tau}^{A,F} - t_{ijk\tau}^{A,B} - t_{ijk\tau}^{A,TR}$  érték ennek korrigálására szolgáló időtartam, mely figyelembe veszi az adott sequence esetében a beszállítónál történő elkészülés időpontját, a felhasználó általi igény időpontját és a szállítás időtartamát.

A fenti összefüggés abban az esetben teljesül, ha minden egyes sequence kiszállítható a beszállítótól hiánytalanul a felhasználónak, azaz:

$$d_{ijk\tau}^{A,B} - d_{ijk\tau}^{A,F} \geq 0 \quad (56)$$

Az egyes **beszállítónál** jelentkező **anyagkezelési költség** az alábbi módon számítható abban az esetben, amikor a rendelési tételekenti gyártott és igényelt mennyiség megegyezik egy-egy sequence esetében:

$$K_A^{BH} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{A,BH} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{A,B} \right) \quad (57)$$

Amennyiben eltérés van a rendelési tételekenti gyártott és igényelt mennyiségben, akkor az anyagkezelési költség (mivel az az adott sequence esetében történik meg) a gyártott mennyiség függvényében határozható meg:

$$K_A^{BH} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{A,BH} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{A,F} \right) \quad (58)$$

Az egyes **beszállítónál** jelentkező **tőkelekötés** az alábbi módon számítható abban az esetben, amikor a gyártott mennyiség megegyezik az igényelt mennyiséggel a vizsgálati időhorizonton belül:

$$K_A^{BI} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{A,BI} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{A,B} \cdot (t_{ijk\tau}^{A,F} - t_{ijk\tau}^{A,B} - t_{ijk\tau}^{A,TR}) \right) \quad (59)$$

Hasonlóan a tárolási költség számításához, mivel a ship-to-sequence stratégia esetében is teljesülni kell a just-in-time elveknek, így a tárolás időtartama  $(t_{ijk\tau}^{A,F} - t_{ijk\tau}^{A,B} - t_{ijk\tau}^{A,TR})$  módon számítható.

Amennyiben a rendelési tételekenti gyártott és igényelt mennyiség nem egyezik meg egy-egy sequence esetében, akkor a vizsgálati időhorizonton belüli tőkelekötés számítása az alábbi módon végezhető el:



$$K_A^{BI} = \sum_{i=1}^m \left\{ \sum_{k=1}^p \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} (\tau_{seq A} + t_{ijk\tau}^{A,F} - t_{ijk\tau}^{A,B} - t_{ijk\tau}^{A,TR}) \cdot \left[ \sum_{\vartheta=1}^{\tau} \sum_{j=1}^m c_{ijk}^{A,BI} \cdot (d_{ijk\tau}^{A,B} - d_{ijk\tau}^{A,F}) \right] \right\}, \quad (60)$$

amely esetében a tőkelekötés szempontjából számításba veendő időtartam a  $(\tau_{seq A} + t_{ijk\tau}^{A,F} - t_{ijk\tau}^{A,B} - t_{ijk\tau}^{A,TR})$  összefüggéssel határozható meg, és figyelembe veszi az egyes sequence-ek közötti átlagos ciklusidőt, a beszállító-felhasználó relációban a szállítás időtartamát, valamint a sequence-ekhez tartozó termékek elkészülésének időpontja és az igény időpontja közötti különbséget.

A **szállítási költség** esetében három lényeges modellt lehetséges megkülönböztetni az alkalmazott INCOTERMS klauzula függvényében:

- a szállítási költség a beszállítót terheli, ekkor
- a szállítási költség a felhasználót terheli, ekkor
- a szállítás egy megosztott költségmodell alapján kerül elszámolásra.

Amennyiben a szállítási költség a beszállítót terheli, akkor annak számítása az egyes beszállítók esetében az alábbi módon végezhető el:

$$\forall i: K_{Ai}^{BS} = K_{Aj}^S, \quad (61)$$

ahol  $K_{Ai}^S$  a teljes szállítási költség az *i.* beszállító és az összes többi felhasználó között.

Amennyiben a szállítás egy megosztott költségmodell alapján történik, akkor az egyes beszállítókra jutó szállítási költség az alábbi módon határozható meg:

$$\forall i: K_{Ai}^{BS} = \sum_{j=1}^n \sum_{\tau}^{\tau_{ijk}^{max}} \mu_{i,j,\tau}^A \cdot c_{i,j,\tau}^{A,S}, \quad (62)$$

ahol  $\mu_{i,j,\tau}^A$  a megosztott költségmodell jellemző állandó a  $]0; 1[$  intervallumból, mely azt fejezi ki, hogy a teljes költség milyen hányada kerül a beszállító által kifizetésre az *i.* beszállító és a *j.* felhasználó között a  $\tau.$  sequence esetében.

Amennyiben közvetlen beszállítás van, akkor egyéb költség nem merül fel a beszállító és a gyártó közötti ellátási láncban. Mivel jelen ship-to-sequence modell esetében a beszállítás a szükséges sequence szerint történik, ezért nem merül fel egyéb költség (más anyagkezelési, tárolási, csomagolási, minőségellenőrzési stb.) a beszállító és a gyártó közötti ellátási láncban. Ezen költség az olyan típusú modellek esetében fontos, ahol:

- a sequencing egy közbenső raktárban/logisztikai szolgáltatónál/crossdocking létesítményben történik meg,
- a pick-to-sequence-et vagy build-to-sequence-et előkészítendő a gyártóhoz történő beszállítás egy közbenső raktárban/logisztikai szolgáltatónál/crossdocking létesítményben történik.

A **beszállítónál a bevétel** megegyezik a felhasználó részéről fizetett vételárral, mely az alábbi összefüggéssel határozható meg:

$$\forall i: B_{Ai}^B = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( a_{ijk}^A \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{A,F} \right) \quad (63)$$

és az összes beszállítóra ezek összegeként határozható meg:

$$B_A^B = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( a_{ijk}^A \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{A,F} \right) \quad (64)$$

A felhasználónál ship-to-sequence beszállítás esetén az alábbi költségeket szükséges figyelembe venni:

- termék vételára,
- termékek tárolási költsége (amennyiben van),
- termékek anyagkezelési költsége (amennyiben van).



A fenti gondolatok figyelembevételével a ship-to-sequence beszállítás esetében a felhasználónál jelentkező költségek az alábbi formában fogalmazhatók meg. Ezen költség meghatározása az alábbi módon végezhető el:

$$K_A^F = K_A^{FV} + K_A^{FW} + K_A^{FH} + K_A^{FS}, \quad (65)$$

ahol  $K_A^{FV}$  a szükséges sequence szerint beszerzett termékek vételára a teljes vizsgálati időhorizontot érintő összes sequence esetében összegezve,  $K_A^{FW}$  a tárolási költség a felhasználónál,  $K_A^{FH}$  az anyagkezelési költség a felhasználónál és  $K_A^{FS}$  a szállítási költség felhasználóra eső része. A felhasználónál a **beszerzési költség** a gyártó részére fizetett vételár, mely az alábbi összefüggéssel határozható meg:

$$\forall j: K_{Aj}^{FV} = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p \left( a_{ijk}^A \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{A,F} \right) \quad (66)$$

és az összes felhasználóra ezek összegeként határozható meg:

$$K_A^{FV} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( a_{ijk}^A \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{A,B} \right) \quad (67)$$

a beszállító bevétele megegyezik a felhasználó beszerzési költségével, ezért a (64) és (67) összefüggések alapján:

$$\sum_{j=1}^n K_{Aj}^{FV} = \sum_{i=1}^m B_{Ai}^B \quad (68)$$

Az egyes **felhasználóknál** jelentkező **tárolási költség** a just-in-sequence beszállítás miatt nehezen értelmezhető. Elvileg nincs tárolási költség, hiszen a szükséges termékek a szerelősorra (gyártósorra) just-in-time érkeznek be, azaz a felhasználás időpontjában. Mivel nem „one piece flow” anyagáramlás valósul meg a just-in-sequence ellátás ship-to-sequence stratégiája esetében, ezért az egyes sequence-ek felhasználási ideje tekinthető az egyes sequence-ek közötti átlagos ciklusidőnek, így ennek ismeretében meghatározható az egyes felhasználóknál felmerülő tárolási költség:

$$K_{Aj}^{FW} = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{A,FW} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{A,F} \right), \quad (69)$$

majd a teljes, összes felhasználóra vetített tárolási költség:

$$K_A^{FW} = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{A,FW} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{A,F} \right) \quad (70)$$

Az egyes **felhasználóknál** jelentkező **anyagkezelési költség** az alábbi módon számítható ki, amennyiben az egyes sequence-ekben beszállított termékmennyiségek pontosan megegyeznek az igénnyel, ami a just-in-sequence beszállítás ship-to-sequence stratégiájának egy alapvető feltétele:

$$K_A^{FH} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{A,FH} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{A,F} \right) \quad (71)$$

Amennyiben a szállítási költség a felhasználót terheli, akkor annak számítása az egyes felhasználók esetében az alábbi módon végezhető el:

$$\forall j: K_{Aj}^{FS} = K_{Aj}^S, \quad (72)$$

ahol  $K_{Aj}^S$  a teljes szállítási költség az összes beszállító és a j. felhasználó között.

Amennyiben a szállítás egy megosztott költségmodell alapján történik, akkor az egyes felhasználókra jutó szállítási költség az alábbi módon határozható meg:

$$\forall j: K_{Aj}^{FS} = \sum_{i=1}^m \sum_{\tau}^{\tau_{ijk}^{max}} \left( 1 - \mu_{i,j,\tau}^A \right) \cdot c_{i,j,\tau}^{A,S} \quad (73)$$

Mivel a szállítási költséget teljes mértékben a beszállító és a felhasználó fedezi valamilyen jól definiált költségmegosztás formájában, ezért az alábbi feltételeknek kell teljesülniük:



$$\sum_{i=1}^m K_{Ai}^S = \sum_{j=1}^n K_{Aj}^S, \quad (74)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{\tau}^{\tau_{ijk}^{\max}} \mu_{i,j,\tau}^A \cdot c_{i,j,\tau}^{A,S} + \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \sum_{\tau}^{\tau_{ijk}^{\max}} (1 - \mu_{i,j,\tau}^A) \cdot c_{i,j,\tau}^{A,S} = K_A^S \quad (75)$$

Ezen gondolatmenet eredményeként a ship-to-sequence beszállítási stratégia értékelésére alkalmas függvény egy olyan költségfüggvény formájában írható fel, mely az ellátási lánc szereplőinek teljes költségét igyekszik minimalizálni:

$$\begin{aligned} K_A = & \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{\max}} c_{ijk}^{A,BM} \cdot d_{ijk\tau}^{A,B} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{A,BW} \cdot \right. \\ & \left. \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{\max}} d_{ijk\tau}^{A,B} \cdot (t_{ijk\tau}^{A,F} - t_{ijk\tau}^{A,B} - t_{ijk\tau}^{A,TR}) \right) + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{A,BH} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{\max}} d_{ijk\tau}^{A,B} \right) + \\ & \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{A,BI} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{\max}} d_{ijk\tau}^{A,B} \cdot (t_{ijk\tau}^{A,F} - t_{ijk\tau}^{A,B} - t_{ijk\tau}^{A,TR}) \right) + \\ & \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{\tau}^{\tau_{ijk}^{\max}} \mu_{i,j,\tau}^A \cdot c_{i,j,\tau}^{A,S} + \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{A,FW} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{\max}} d_{ijk\tau}^{A,F} \right) + \\ & \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{A,FH} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{\max}} d_{ijk\tau}^{A,F} \right) + \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \sum_{\tau}^{\tau_{ijk}^{\max}} (1 - \mu_{i,j,\tau}^A) \cdot c_{i,j,\tau}^{A,S} \rightarrow \min \end{aligned} \quad (76)$$

### 5.2.3. A korlátozások meghatározása ship-to-sequence stratégiánál

A beszállítói rendszerek esetében számos korlátozás írható elő, ezeket alapvetően kapacitás- és időkorlátokként definiálhatjuk. Jelen modellben a következő korlátozások kerülnek figyelembevételre:

- a beszállítók rendelkeznek a felhasználói igények kielégítésére alkalmas gyártási kapacitással,

$$\forall i: KAP_{Aik} \geq \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{\max}} d_{ijk\tau}^{A,F}, \quad (77)$$

ahol  $KAP_{Aik}$  az  $i$ . beszállító  $k$ . termékre vonatkozó gyártási kapacitása a vizsgálati időhorizonton belül,

- a beszállítók pontosan azt a mennyiséget szállítják be az igényelt termékekből, ami a felhasználói igény:

$$\forall i, j, k, \tau: d_{ijk\tau}^{A,F} = d_{ijk\tau}^{A,B} \quad (78)$$

- a beszállítók pontosan arra az időpontra szállítják be az egyes sequence-eket, amikorra azt a felhasználó igényli:

$$t_{ijk\tau}^{A,F} = t_{ijk\tau}^{A,B} \quad (79)$$

- a sequence-ek mérete úgy van meghatározva, hogy rendelkezésre áll azok beszállítására a megfelelő anyagkezelési és tárolási kapacitás a felhasználónál:

$$\sum_{j=1}^n KAP_{Aj\tau}^H \leq KAP_A^{H*} \text{ és } \sum_{j=1}^n KAP_{Aj\tau}^W \leq KAP_A^{W*}, \quad (80)$$

ahol  $KAP_{Aj\tau}^H$  a  $j$ . felhasználó  $\tau$ . sequence-éhez tartozó szükséges anyagkezelési kapacitás,  $KAP_A^{H*}$  a rendelések beszállításához rendelkezésre álló anyagkezelési kapacitás,  $KAP_{Aj\tau}^W$  a  $j$ . felhasználó  $\tau$ . sequence-éhez tartozó szükséges tárolókapacitás,  $KAP_A^{W*}$  a rendelések beszállításához rendelkezésre álló tárolókapacitás,

- a sequence-ek mérete úgy van meghatározva, hogy rendelkezésre áll azok beszállítására a megfelelő szállítási kapacitás:





$$\sum_{j=1}^n KAP_{Aj\tau}^T \leq KAP_A^{T*}, \quad (81)$$

ahol  $KAP_{Aj\tau}^T$  a j. felhasználó  $\tau$ . sequence-éhez tartozó szükséges szállítási kapacitás,  $KAP_A^{T*}$  a rendelések beszállításához rendelkezésre álló szállítási kapacitás.

#### 5.2.4. Döntési változók a ship-to-sequence stratégiánál

A ship-to-sequence stratégiának számos megoldása lehetséges. Amennyiben közvetlen ellátásról van szó, azaz a beszállítók és a felhasználók közötti kapcsolat közvetlen, akkor az alábbi alapvető döntési változókat érdemes figyelembe venni:

- beszállítók, felhasználók és sequence-ek egymáshoz rendelése: ezen döntési változó azért nem vonatkozhat felhasználó által igényelt termékekre, mert a közvetlen beszállítás miatt komplett sequence-ek beszállítása szükséges egy-egy beszállító részéről. Amennyiben egy hibrid megoldás kerül alkalmazásra, például a ship-to-sequence és a pick-to-sequence stratégiák integrálása révén, akkor lehetséges ezen hozzárendelésnél nem csupán a sequence-eket, hanem az egyes termékeket is figyelembe venni. Ebben az esetben a döntési változó egyszerű módon beépíthető a célfüggvénybe és a korlátozásokba úgy, hogy az  $i$ . beszállítótól a  $j$ . felhasználó általi igény a  $k$ . termékre vonatkozóan a  $\tau$ . sequence-ben csak abban az esetben lesz nem negatív, amikor olyan hozzárendelés valósul meg az érintett beszállító, felhasználó, termék és sequence között, mely beszállítási folyamatot indukál:

$$x_{Aijk\tau} = 0 \rightarrow d_{ijk\tau}^{A,F} = 0 \text{ egyébként } d_{ijk\tau}^{A,F} = d_{ijk\tau}^{A,F*}, \quad (82)$$

- ahol  $x_{Aijk\tau}$  az  $i$ . beszállító, a  $j$ . felhasználó, a  $k$ . termék és a  $\tau$ . sequence összerendelését definiáló hipermátrix:  $x_{Aijk\tau} = 1$ , ha létezik a kapcsolat, egyébként  $x_{Aijk\tau} = 0$ ,  $d_{ijk\tau}^{A,F*}$  az  $i$ . beszállítótól a  $j$ . felhasználó általi tervezés előtti igény a  $k$ . termékre vonatkozóan a  $\tau$ . sequence-ben.
- sequence mérete: Ezen döntési változó jelentős hatással van a költségekre, hiszen szélsőséges esetben a ship-to-sequence beszállítási stratégia egy „one piece flow” típusú beszállítássá is transzformálódhat, ami viszont jelentősen megnöveli a szállítási költséget, miközben a felhasználónál a gyártósori tárolási költség elméletileg teljesen megszüntethető, viszont a kapcsolódó anyagkezelési költségek jelentősen növekedhetnek. A sequence mérete úgy építhető be a célfüggvénybe, hogy a teljes vizsgálati időhorizonton jelentkező igényt a sequence-ek számával osztjuk, azaz

$$d_{ijk\tau}^{A,F} = \frac{d_{ijk\tau}^{A,FTW}}{n_{seq A}}, \quad (83)$$

- ahol  $n_{seq A}$  a sequence-ek száma az adott vizsgálati időhorizonton.
- a szállítási folyamat megválasztása: a szállítási idő a költségfüggvény alapján számos költségre hatást gyakorol, így például a beszállítónál jelentkező szállítási költségre is, amennyiben a beszállítónál az egyes sequence-ek elkészülési ideje adott.
- a beszállítónál a gyártás ütemezése: amennyiben a beszállítónál nagyszámú terméktípus tartozik egy-egy sequence-be, akkor nagyszámú terméktípus gyártását kell két sequence közötti átlagos ciklusidő alatt legyártani, ami viszont a gyártási költséget jelentősen növelheti a gyakori átállások és a kis sorozatnagyságok miatt. Ugyanakkor a vizsgálati időhorizonton belüli sequence-ek esetében lehetséges előregyártás is, mely ugyan a gyártási költséget csökkentheti, akkor akár jelentős tárolási költségnövekedést és tőkelekötés-növekedést is eredményezhet.



### 5.3. A pick-to-sequence modellezése

A pick-to-sequence esetében a felhasználónál történik meg az igényelt kommissiók összeállítása és sequence szerinti sorrendben történő beszállítása a felhasználóhoz.

#### 5.3.1. Ismert paraméterek pick-to-sequence stratégiánál

A pick-to-sequence ellátási stratégia esetén a szerelősorok ellátása csak akkor tekinthető just-in-sequence elv szerinti megvalósulásnak, ha a kommissiók készzésére szolgáló készletek beszerzési folyamatait is vizsgáljuk. Emiatt a pick-to-sequence stratégia a beszállító-felhasználó relációjában ismét jól alkalmazható, hiszen az egyes beszállító rendelkezik azon kompetenciákkal, amikkel alkalmassá teszi a just-in-time beszállítást, és a just-in-sequence elv csak a felhasználó létesítményein belül érvényesül.

Tehát a k. termék nem az igényeknek megfelelő sorrendben kerül beszállításra a felhasználó létesítményeibe, nevezetesen lehetnek a beérkező alkatrészek szerelősori-, vagy a gyártási helyszínen található JIS alapanyag tárolói. Ekkor a felhasználó által igényelt sequence-ek a szerelősorok előtt, vagy az ellátási lánc korábbi pontján kerülnek összeállításra, ilyen lehet a közbelső raktár, vagy a cross-docking létesítmény.

Ismert paraméterek:

- a  $d_{ijk\tau}^{B,F1} \geq 0$ , az i. beszállítótól a j. felhasználó általi igény a k. termékre vonatkozóan, amit a felhasználó által igényelt sequence-ekbe az ellátási lánc korábbi állomásán rendeznek össze,
- a  $d_{ijk\tau}^{B,F2} \geq 0$ , az i. beszállítótól a j. felhasználó általi igény a k. termékre vonatkozóan, amit a felhasználó által igényelt szerelősorok előtt rendeznek a  $\tau$ . sequence-ben, ami a felhasználónál a beszállító által gyártott k. terméknel nagyobb anyagkezelési költséget eredményezhet.
- a  $d_{ijk\tau}^{B,B1} \geq 0$ , az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termék mennyisége a  $\tau$ . sequence esetében,
- a  $d_{ijk\tau}^{B,B2} \geq 0$ , az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termék mennyisége a  $\tau$ . sequence esetében, ezúttal is eltér a felhasználó általi igényel, amely fokozza (43) összefüggés alapján a tárolási kapacitások kihasználását és költségeit:

$$\forall i, j, k: d_{ijk\tau}^{B,F} = d_{ijk\tau}^{B,F1}, \text{ vagy } d_{ijk\tau}^{B,F2} \quad (84)$$

$$\forall i, j, k: d_{ijk\tau}^{B,B} = d_{ijk\tau}^{B,B1}, \text{ vagy } d_{ijk\tau}^{B,B2} \quad (85)$$

$$\forall i, j, k: |d_{ijk\tau}^{B,F1} - d_{ijk\tau}^{B,B1}| = |d_{ijk\tau}^{B,F2} - d_{ijk\tau}^{B,B2}| \quad (86)$$

$$\forall i, j, k: |d_{ijk\tau}^{B,F} - d_{ijk\tau}^{B,B}| \quad (87)$$

- a  $t_{ijk\tau}^{B,F}$  egyaránt a j. felhasználó általi igény időpontja az i. beszállítótól várt k. termékre vonatkozóan a  $\tau$ . sequence-ben,
- a  $t_{ijk\tau}^{B,B}$  egyaránt az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termék elkészülésének időpontja a  $\tau$ . sequence-ben, mely (44) összefüggés alapján itt sem feltétlen egyezik meg:

$$\forall i, j, k: |t_{ijk\tau}^{B,F} - t_{ijk\tau}^{B,B}| \quad (88)$$

- a  $c_{ijk}^{B,BM}$  az i. beszállító által a j. felhasználó számára előállított k. termék fajlagos gyártási költsége, ahol az igényelt alkatrészek lehetséges leggyártása történik. A gyártás ebben az esetben is kihelyezésre került. Tehát a kiszervezés feltételrendszerét szerződéses



jogviszonyban rögzítik, amely figyelembe veszi a gyártás körülményeit befolyásoló rendszerparamétereket. Ritkább esetben elképzelhető egy olyan változat is, ahol a felhasználó maga végzi az igényelt alkatrészek gyártását, ekkor a  $c_{ijk}^{B,BM}$  értéke zérus, és máshol jelenik meg;

- a  $c_{ijk}^{B,BW}$  az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termék fajlagos tárolási költsége, mely ez esetben is abból adódik, hogy a legyártott termék nem kerül azonnal kiszállításra a felhasználóhoz, szállításig az erre a célra telepített raktárakban kerül tárolódik.

Ami azt eredményezi, hogy a legyártott termékekkel szemben biztosítani szükséges speciális körülményeket, hiszen igen szerteágazóak a felhasználó vevői igények. Ennek okán egyedi költségtényezők jelennek meg, melyekkel meghatározható a rendszer teljes fajlagos tárolási költsége.

A Cross-docking koordinált stratégia szerint ezen működési költséget a járműüzemeltetésből (fix és flexibilis költségek is), a tárolásból és a késleltetésből adódó összköltséggé definiálom.

- a  $c_{ijk}^{B,BH}$  az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termék fajlagos anyagkezelési költsége az i. beszállítónál, mely ebben az esetben is a gyártás befejezésétől a kiszállításig megvalósuló anyagkezelési feladatok költségeit tartalmazza. A különbség az lesz, hogy itt a sequencing az ellátási lánc korábbi pontján, vagy a szerelősorok előtt kerül összeállításra.
- a  $c_{ijk}^{B,BI}$  egyaránt az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termékre vonatkozó, tárolásból adódó fajlagos tőkelekötés mértéke,
- az  $a_{ijk}^B$  hasonlóan az i. beszállító részére a j. felhasználó által fizetett fajlagos (egységnyi) vételár a k. termék esetében,
- a  $c_{i,j,\tau}^{B,S}$  ugyanúgy a fajlagos szállítási költség az i. beszállító és a j. felhasználó közötti szállítás esetében adott  $\tau$ . sequence-ére vonatkozóan,
- a  $c_{ijk}^{B,FM}$  az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termék fajlagos gyártási költsége, ahol az igényelt alkatrészek gyártását maga a felhasználó végzi. Ekkor a JIS szerelősori tárolón keresztül szolgálja ki a tároló igényeit, a gyakorlatban ez az eset nem jellemző,
- a  $c_{ijk}^{B,FH}$  az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termék fajlagos anyagkezelési költsége a j. felhasználónál, mely a beérkezett komissiók átvételétől az esetleges sequence-ek szerinti kiszolgálása a gyártósor megfelelő pozíciójában történő elhelyezésig tart (esetleges sequencing, rakodás, egységtrakomány-képzés és -bontás), valamint a kapcsolódó inverz költségek is,
- a  $c_{ijk}^{B,FW}$  az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termék fajlagos tárolási költsége a j. felhasználónál, amely nem tartalmazza a sequence költségeit, amennyiben felmerül,
- a  $c_{ijk}^{B,FE}$  az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termékből kialakított sequence-ek egyéb fajlagos költségei. Felhasználótól való függőségét az indokolja, hogy az igényelt alkatrészek sequence kialakításai a felhasználó létesítményén belül bemenő-, szerelősori, vagy éppen JIS tárolókban valósul meg.

Mivel a (43) összefüggést alkalmazva a vizsgálati időhorizonton belül az egyes sequence-ekben a fajlagos költségeket jelen modellben is állandónak tételezzük fel, azaz

$$\forall i, j, k, \alpha, \beta: c_{ijka}^{B,BM} = c_{ijk\beta}^{B,BM}, c_{ijka}^{B,BW} = c_{ijk\beta}^{B,BW}, c_{ijka}^{B,BH} = c_{ijk\beta}^{B,BH}, c_{ijka}^{B,BI} = c_{ijk\tau\beta}^{B,BI}, \quad (89)$$



ahol a fajlagos költség itt is  $\alpha$  és  $\beta$  indexe a vizsgálati időhorizonton belüli sequence sorszama. Így alkalmazhatjuk a vizsgálati időhorizonton belül a  $c_{ijk}^{B,BM}$ ,  $c_{ijk}^{B,BW}$ ,  $c_{ijk}^{B,BH}$ ,  $c_{ijk}^{B,BI}$  fajlagos költségeket. Ez a felhasználónál felmerülő költségek esetén változatlan. Továbbá a fajlagos vételárakra is igaz, hiszen az egy vizsgálati időhorizonton belül állandónak tekinthető, emiatt a  $B$  stratégiánál sem szükséges  $a_{ijk\tau}^B$  alkalmazása.

### 5.3.2. A célfüggvény meghatározása pick-to-sequence stratégiánál

A beszállítónál az alábbi költségeket szükséges figyelembe venni:

- termékek gyártási költsége, ritkább esetben a felhasználó maga végzi,
- termékek tárolási költsége, mely nem feltétlen tartalmazza a sequencing költségét,
- termékek anyagkezelési költsége, mely tartalmazhatja a sequencing költségét is,
- termékek tárolásából adódó tökelekötés.

Ezen költség meghatározása az alábbi módon végezhető el - (46) összefüggés nyomán:

$$K_B^K = K_B^{BM} + K_B^{BW} + K_B^{BH} + K_B^{BI} + K_B^{BS}, \quad (90)$$

ahol  $K_B^{BM}$  a gyártási költség a beszállítónál,  $K_B^{BW}$  a tárolási költség a beszállítónál,  $K_B^{BH}$  az anyagkezelési költség a beszállítónál,  $K_B^{BI}$  a tökelekötés a beszállítónál és  $K_B^{BS}$  a szállítási költség beszállítót terhelő költséghányada.

Ha az egyes **beszállítónál** jelentkező **gyártási költség** merül fel, akkor a (47) és (48) összefüggések szerint számítható, ekkor a gyártott mennyiség megegyezik az igényelt mennyiséggel a vizsgálati időhorizonton belül, tehát a vizsgálati időhorizonton belüli sequence-ekhez rendelt termékmennyiségek összegével:

$$\forall i, k: \sum_{j=1}^n \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} a_{ijk\tau}^{B,F} = \sum_{j=1}^n \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{B,B}, \quad (91)$$

akkor

$$\forall i: K_{Bi}^{BM} = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} c_{ijk}^{B,BM} \cdot d_{ijk\tau}^{B,B} \quad (92)$$

Hasonlóan kell eljárunk abban az esetben is, ha a gyártott mennyiség nagyobb, mint az igényelt mennyiség a vizsgálati időhorizonton belül az összes sequence-re vonatkozóan - (49) összefüggés alapján:

$$\forall i, k: \sum_{j=1}^n \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} a_{ijk\tau}^{B,F} < \sum_{j=1}^n \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{B,B}, \quad (93)$$

Továbbá, ha (48) és (49) képleteket alkalmazva a többletgyártás költsége felmerülhet, akkor a vizsgálati időhorizonton belül számoljuk el, akkor

$$\forall i: K_{Bi}^{BM} = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} c_{ijk}^{B,BM} \cdot d_{ijk\tau}^{B,F}, \quad (94)$$

ellenkező esetben a

$$\Delta K_{Bi}^{BM} = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} c_{ijk}^{B,BM} \cdot (d_{ijk\tau}^{B,S} - d_{ijk\tau}^{B,F}) \quad (95)$$

mennyiség a következő időhorizont gyártási költségéhez adódik hozzá.

A fentiek és az (52) és (53) összefüggések alapján is a beszállítók általi gyártási költség a vizsgálati időhorizontra az alábbi módon írható fel, ha a gyártott mennyiség és az igényelt mennyiség megegyezik:

$$K_B^{BM} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{B,BM} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{B,F} \right) \quad (96)$$

Ha pedig ez meghaladja az igényelt mennyiséget, és a teljes gyártási költség a vizsgált időhorizonton kerülhet elszámolásra:



$$K_B^{BM} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{B,BM} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{B,B} \right) \quad (97)$$

Ritkább, speciális esetekben a felhasználó maga végzi el az alkatrészek gyártását, ekkor a  $K_B^{BM}$  értéke zérus, a gyártási költség pedig a felhasználónál fog felmerülni.

Az  $A$  stratégia alapján (54) az egyes **beszállítónál** jelentkező **tárolási költség** itt is számítható, ha a gyártott mennyiség megegyezik az igényelt mennyiséggel a vizsgálati időhorizonton belül:

$$K_B^{BW} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{B,BW} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{B,B} \cdot (t_{ijk\tau}^{B,F} - t_{ijk\tau}^{B,B} - t_{ijk\tau}^{B,TR}) \right) \quad (98)$$

ahol  $t_{ijk\tau}^{B,TR}$  az  $i$ . beszállítótól a  $j$ . felhasználóhoz történő szállítás időtartama a  $k$ . termékre vonatkozó  $\tau$ . igény esetében. A pick-to-sequence stratégia esetében is teljesülni kell a just-in-time elveknek, így olyan időpontban lehet csak elindítani az adott igény beszállítását, hogy az éppen a  $t_{ijk\tau}^{B,F}$  időpontban érkezzen be, azaz hasonlóan  $(t_{ijk\tau}^{B,F} - t_{ijk\tau}^{B,B} - t_{ijk\tau}^{B,TR})$  időtartamban kell az elkészült termékeket letárolni.

Továbbá ha a rendelési tételenkénti gyártott és igényelt mennyiség nem egyezik meg egy-egy sequence esetében, akkor a vizsgálati időhorizonton belüli tárolási költség számítása ugyanúgy az alábbi módon végezhető el – (55) képlettel:

$$K_B^{BW} = \sum_{i=1}^m \left\{ \sum_{k=1}^p \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} (\tau_{seq\ B} + t_{ijk\tau}^{B,F} - t_{ijk\tau}^{B,B} - t_{ijk\tau}^{B,TR}) \cdot [\sum_{\vartheta=1}^{\tau} \sum_{j=1}^m c_{ijk}^{B,BW} \cdot (d_{ijk\tau}^{B,B} - d_{ijk\tau}^{B,F})] \right\}, \quad (99)$$

ahol hasonlóan a  $\tau_{seq\ B}$  jelenti a két sequence közötti átlagos ciklusidőt, míg a  $t_{ijk\tau}^{B,F} - t_{ijk\tau}^{B,B} - t_{ijk\tau}^{B,TR}$  érték ennek korrigálására szolgáló időtartam.

A fenti összefüggés itt is teljesül, ha minden egyes sequence kiszállítható a beszállítótól hiánytalanul a felhasználónak, azaz:

$$d_{ijk\tau}^{B,B} - d_{ijk\tau}^{B,F} \geq 0 \quad (100)$$

Az egyes **beszállítónál** jelentkező **anyagkezelési költség** az (57) összefüggést felhasználva itt is értelmezhető, amikor a rendelési tételenkénti gyártott és igényelt mennyiség megegyezik egy-egy sequence esetében:

$$K_B^{BH} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{B,BH} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{B,B} \right) \quad (101)$$

Amennyiben eltérés van a rendelési tételenkénti gyártott és igényelt mennyiségben, akkor az ellátási lánc korábbi pontján az anyagkezelési költség a tényleges sequence mennyisége (58) alapján határozható meg:

$$K_B^{BH} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{B,BH} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{B,F} \right) \quad (102)$$

Az egyes **beszállítónál** jelentkező **tőkelekötés** is az  $A$  stratégiához (59) hasonlóan számítható ki:

$$K_B^{BI} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{B,BI} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{B,B} \cdot (t_{ijk\tau}^{B,F} - t_{ijk\tau}^{B,B} - t_{ijk\tau}^{B,TR}) \right) \quad (103)$$

Hasonlóan a just-in-time elvek teljesülése érdekében a tárolás időtartama  $(t_{ijk\tau}^{B,F} - t_{ijk\tau}^{B,B} - t_{ijk\tau}^{B,TR})$  módon számítható ki.

Amennyiben a rendelési tételenkénti gyártott és igényelt mennyiség mégsem egyezik meg egy-egy sequence esetében, akkor a vizsgálati időhorizonton belüli tőkelekötés számítása – az (59) alapján végezhető el:





$$K_B^{BI} = \sum_{i=1}^m \left\{ \sum_{k=1}^p \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} (\tau_{seq B} + t_{ijk\tau}^{B,F} - t_{ijk\tau}^{B,B} - t_{ijk\tau}^{B,TR}) \cdot [\sum_{\vartheta=1}^{\tau} \sum_{j=1}^m c_{ijk}^{B,BI} \cdot (d_{ijk\tau}^{B,B} - d_{ijk\tau}^{B,F})] \right\}, \quad (104)$$

a tökelekötés időtartama ez esetben is a  $(\tau_{seq B} + t_{ijk\tau}^{B,F} - t_{ijk\tau}^{B,B} - t_{ijk\tau}^{B,TR})$  összefüggéssel határozható meg.

A szállítási költség esetében az 5.2.2-ben már bemutatott INCOTERMS klauzula alapján, eltérő költségmodellek szerint határozható meg (61) - (62) összefüggések szerint, ekkor egy-egy szállítás költségét más-más arányban viseli el a beszállító-felhasználó reláció:

ha a szállítási költség a beszállítót terheli, akkor számítása az egyes beszállítók esetében a következőképp számítható ki:

$$\forall i: K_{Bi}^{BS} = K_{Bi}^S, \quad (105)$$

ahol  $K_{Bi}^S$  a teljes szállítási költség az i. beszállító és valamennyi felhasználó között; amennyiben a szállítás egy megosztott költségmodell alapján történik, akkor az egyes beszállítókra jutó szállítási költség az alábbiak szerint határozható meg:

$$\forall i: K_{Bi}^{BS} = \sum_{j=1}^n \sum_{\tau}^{\tau_{ijk}^{max}} \mu_{i,j,\tau}^B \cdot c_{i,j,\tau}^{B,S}, \quad (106)$$

ahol  $\mu_{i,j,\tau}^B$  a megosztott költségmodellt jellemző állandó a  $]0; 1[$  intervallumból, mely  $B$  stratégiánál is azt fejezi ki, hogy a teljes költség milyen hányada kerül a beszállító által kifizetésre az i. beszállító és a j. felhasználó között a  $\tau$ . sequence esetében, azaz ki milyen terhet visel a szállítási költségek esetében.

A **beszállítónál a bevétel** itt is megegyezik a felhasználó részéről fizetett vételárral, amely hasonlóan (63) és (64) összefüggésekből az alábbi számítással meghatározható:

$$\forall i: B_{Bi}^B = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( a_{ijk}^B \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{B,F} \right) \quad (107)$$

és az összes beszállítóra vonatkoztatva a teljes összegeként határozható meg:

$$B_B^B = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( a_{ijk}^B \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{B,F} \right) \quad (108)$$

A felhasználónál pick-to-sequence beszállítás esetén az alábbi költségeket szükséges figyelembe venni:

- termék egységnyi vételára,
- termékek tárolási költsége (amennyiben van),
- termékek anyagkezelési költsége (amennyiben van), amely nem tartalmazza a sequence költségeket,
- termékek sequencig költsége (amennyiben van),
- termékek egyéb költsége (amennyiben van).

A fenti gondolatok figyelembevételével a pick-to-sequence beszállítás esetében a felhasználónál jelentkező költségek az alábbi formában fogalmazhatók meg. Ezen költség meghatározása az (65) összefüggés szerint itt is elvégezhető:

$$K_B^F = K_B^{FM} + K_B^{FV} + K_B^{FW} + K_B^{FH} + K_B^{FE} + K_B^{FS}, \quad (109)$$

ahol  $K_B^{FM}$  az esetleges gyártási költség a felhasználónál,  $K_B^{FV}$  a szükséges sequence szerint beszerzett termékek vételára a teljes vizsgálati időhorizontot érintő összes sequence esetében összegezve,  $K_B^{FW}$  a tárolási költség a felhasználónál,  $K_B^{FH}$  az anyagkezelési költség a felhasználónál,  $K_B^{FE}$  a sequencig egyéb speciális költségei a felhasználónál és  $K_B^{FS}$  a szállítási költség felhasználóra eső része.





A **felhasználó** gyártási költsége a vizsgálati időhorizonra az alábbi módon írható fel:

$$K_B^{FM} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{B,FM} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{B,F} \right) \quad (110)$$

A felhasználónál a **beszerzési költség** a gyártó részére fizetett vételárral megegyezik – (66) és (67) összefüggések alapján határozható meg:

$$\forall j: K_{Bj}^{FV} = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p \left( a_{ijk}^B \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{B,F} \right) \quad (111)$$

és az összes felhasználóra ezek összegeként határozható meg:

$$K_B^{FV} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( a_{ijk}^B \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{B,B} \right) \quad (112)$$

a beszállító bevétele megegyezik a felhasználó beszerzési költségével, ezért hasonlóan a (108) és (112) összefüggések alapján:

$$\sum_{j=1}^n K_{Bj}^{FV} = \sum_{i=1}^m B_{Bi}^B \quad (113)$$

Az egyes **felhasználóknál** jelentkező **tárolási költség** értelmezése nehezebb, ezért az egyes sequence-ek felhasználási ideje – az  $A$  stratégia (69) és (70) szerint – az egyes sequence-ek közötti átlagos ciklusidőnek, az egyes felhasználóknál felmerülő tárolási költség a következő:

$$K_{Bj}^{FW} = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{B,FW} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{B,F} \right), \quad (114)$$

majd a teljes, összes felhasználóra vetített tárolási költség:

$$K_B^{FW} = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{B,FW} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{B,F} \right) \quad (115)$$

Az egyes **felhasználóknál** jelentkező **anyagkezelési költség** a korábban ismert módon meghatározható, hiszen az egyes sequence-ekben beszállított termékmennyiségek pontosan meg fognak egyezni az igénnyel, ami a just-in-sequence beszállítás alapvető feltétele – (71) összefüggést felhasználva határozható meg:

$$K_B^{FH} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{B,FH} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{B,F} \right) \quad (116)$$

Az egyes **felhasználóknál** is jelentkező **egyéb speciális költség** a sequence-szek kialakításának és koordinálásának költségeit tartalmazza az egyes felhasználói létesítményein belül:

$$K_B^{FE} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{B,FE} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{B,F} \right) \quad (117)$$

Kivétel a felhasználó saját gyártása, hiszen ekkor már az igényei szerint valósítja meg a beszállítást, ekkor  $K_B^{FE}$  értéke zérus.

Amennyiben a szállítási költséget a felhasználó viseli – (72) képlettel azonos:

$$\forall j: K_{Bj}^{FS} = K_{Bj}^S, \quad (118)$$

ahol  $K_{Bj}^S$  a teljes szállítási költség valamennyi beszállító és a  $j$ . felhasználó között.

Amennyiben a szállítás egy megosztott költségmodell alapján történik, akkor az egyes felhasználókra jutó szállítási költség (73) alapján határozható meg:

$$\forall j: K_{Bj}^{FS} = \sum_{i=1}^m \sum_{\tau}^{\tau_{ijk}^{max}} \left( 1 - \mu_{i,j,\tau}^B \right) \cdot c_{i,j,\tau}^{B,S} \quad (119)$$

Mivel a szállítási költséget teljes mértékben a beszállító és a felhasználó fedezi valamilyen jól definiált költségmegosztás formájában, ezért az alábbi feltételeknek kell teljesülniük – (74) és (75) összefüggéseket alkalmazva:



$$\sum_{i=1}^m K_{Bi}^S = \sum_{j=1}^n K_{Bj}^S, \quad (120)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{\tau}^{\tau_{ijk}^{\max}} \mu_{i,j,\tau}^B \cdot c_{i,j,\tau}^{B,S} + \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \sum_{\tau}^{\tau_{ijk}^{\max}} (1 - \mu_{i,j,\tau}^B) \cdot c_{i,j,\tau}^{B,S} = K_B^S \quad (121)$$

A fenti okfejtés alapján a pick-to-sequence beszállítási stratégia értékelésére alkalmas függvény hasonlóan költségfüggvény formájában írható fel, ami az ellátási lánc szereplőinek teljes költségét igyekszik figyelembe venni és ezeket minimalizálni:

$$\begin{aligned} K_B = & \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{\max}} c_{ijk}^{B,BM} \cdot d_{ijk\tau}^{B,B} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{B,BW} \cdot \right. \\ & \left. \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{\max}} d_{ijk\tau}^{B,B} \cdot (t_{ijk\tau}^{B,F} - t_{ijk\tau}^{B,B} - t_{ijk\tau}^{B,TR}) \right) + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{B,BH} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{\max}} d_{ijk\tau}^{B,B} \right) + \\ & \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{B,BI} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{\max}} d_{ijk\tau}^{B,B} \cdot (t_{ijk\tau}^{B,F} - t_{ijk\tau}^{B,B} - t_{ijk\tau}^{B,TR}) \right) + \\ & \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{\tau}^{\tau_{ijk}^{\max}} \mu_{i,j,\tau}^B \cdot c_{i,j,\tau}^{B,S} + \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{B,FW} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{\max}} d_{ijk\tau}^{B,F} \right) + \\ & \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{B,FH} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{\max}} d_{ijk\tau}^{B,F} \right) + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{B,FE} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{\max}} d_{ijk\tau}^{B,F} \right) + \\ & \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \sum_{\tau}^{\tau_{ijk}^{\max}} (1 - \mu_{i,j,\tau}^B) \cdot c_{i,j,\tau}^{B,S} \rightarrow \min \end{aligned} \quad (122)$$

### 5.3.3. A korlátozások meghatározása pick-to-sequence stratégiánál

A beszállítói rendszerek esetében számos korlátozás írható elő, ebben a változatban is a kapacitás és időkorlátként definiálhatjuk. A bemutatott modellben a következő korlátozások merülnek fel:

- a felhasználók rendelkeznek a felhasználói igények kielégítésére alkalmas alapanyag készletekkel, vagyis a szükséges beszállításokból adódó készletkapacitásokkal:

$$\forall i: KAP_{Bik} \geq \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{\max}} d_{ijk\tau}^{B,F}, \quad (123)$$

ahol  $KAP_{Bik}$  az  $i$ . beszállító  $k$ . termékre vonatkozó tárolási kapacitása a vizsgálati időhorizonton belül,

- a beszállítók pontosan azokat a komissiók képzéséhez szükséges alkatrészeket szállítják, amiket a felhasználó gyártási igénye definiál, azaz megegyezik a felhasználó igényével:

$$\forall i, j, k, \tau: d_{ijk\tau}^{B,F} = d_{ijk\tau}^{B,B} \quad (124)$$

- pontosan arra a gyártási időpontra szállítják be az egyes sequence-eket, amikor azt a felhasználó gyártósora ténylegesen előírja:

$$t_{ijk\tau}^{B,F} = t_{ijk\tau}^{B,B} \quad (125)$$

- a sequence-ek mérete itt is úgy van meghatározva, hogy rendelkezésre áll azok beszállítására a megfelelő anyagkezelési és tárolási kapacitás a felhasználónál:

$$\sum_{j=1}^n KAP_{Bj\tau}^H \leq KAP_B^{H*} \text{ és } \sum_{j=1}^n KAP_{Bj\tau}^W \leq KAP_B^{W*}, \quad (126)$$

ahol  $KAP_{Bj\tau}^H$  a  $j$ . felhasználó  $\tau$ . sequence-éhez tartozó szükséges anyagkezelési kapacitás,  $KAP_B^{H*}$  a rendelések beszállításához rendelkezésre álló anyagkezelési kapacitás,  $KAP_{Bj\tau}^W$  a  $j$ . felhasználó  $\tau$ . sequence-éhez tartozó szükséges tárolókapacitás,  $KAP_B^{W*}$  a rendelések beszállításához rendelkezésre álló tárolókapacitás, valamint

- a sequence-ek mérete úgy van meghatározva, hogy rendelkezésre áll azok beszállítására a megfelelő szállítási kapacitás:



$$\sum_{j=1}^n KAP_{Bj\tau}^T \leq KAP_B^{T*}, \quad (127)$$

ahol  $KAP_{Bj\tau}^T$  a j. felhasználó  $\tau$ . sequence-éhez tartozó szükséges szállítási kapacitás,  $KAP_B^{T*}$  a rendelések beszállításához rendelkezésre álló szállítási kapacitás.

### 5.3.4. Döntési változók a pick-to-sequence stratégiánál

A pick-to-sequence stratégiának számos megoldása lehetséges. Ebben az esetben is közvetlen beszállításról van szó, tehát a beszállítók és a felhasználók közötti kapcsolatban az alábbi alapvető döntési változókat érdemes figyelembe venni:

- beszállítók, felhasználók és sequence-ek egymáshoz rendelése: Hasonlóan a döntési változó (82) alapján egyszerű módon beépíthető a célfüggvénybe és a korlátozásokba, hiszen az  $i$ . beszállítótól a  $j$ . felhasználó általi igény a  $k$ . termékre vonatkozóan a  $\tau$ . sequence-ben csak abban az esetben lesz nem negatív, amikor olyan hozzárendelés valósul meg az érintett beszállító, felhasználó, termék és sequence között, mely beszállítási folyamatot indukál:

$$x_{Bijk\tau} = 0 \rightarrow d_{ijk\tau}^{B,F} = 0 \text{ egyébként } d_{ijk\tau}^{B,F} = d_{ijk\tau}^{B,F*}, \quad (128)$$

- ahol  $x_{Bijk\tau}$  egyaránt az  $i$ . beszállító, a  $j$ . felhasználó, a  $k$ . termék és a  $\tau$ . sequence összerendelését definiáló hipermátrix:  $x_{Bijk\tau} = 1$ , ha létezik a kapcsolat, egyébként  $x_{Bijk\tau} = 0$ ,  $d_{ijk\tau}^{B,F*}$  az  $i$ . beszállítótól a  $j$ . felhasználó általi tervezés előtti igény a  $k$ . termékre vonatkozóan a  $\tau$ . sequence-ben.
- sequence mérete itt is úgy építhető be a célfüggvénybe – (83) alapján, hogy a teljes vizsgálati időhorizonton jelentkező igényt a sequence-ek számával osztjuk, azaz

$$d_{ijk\tau}^{B,F} = \frac{d_{ijk\tau}^{B,FTW}}{n_{seq\ B}}, \quad (129)$$

- ahol  $n_{seq\ B}$  a sequence-ek száma az adott vizsgálati időhorizonton.
- a tárolási mód megválasztása: a tárolási idő a költségfüggvény alapján számos hatást gyakorol, így például a felhasználónál jelentkező tárolási költségre is, amennyiben a felhasználónál a közbenső szintek jellege adott.
- a beszállítók számának megválasztása: a diverz vevői igények több terméktípus beszállítását igénylik egy-egy felhasználói komissió összeállításához, ami akkor működhet jól, ha egy vagy több beszállító hiánytalanul szállít. Hiány, eltérés esetén nem tudja kialakítani a felhasználó által igényelt sequence-eket, ami ellátási zavart okozhat a szerelősorok kiszolgálásában.

## 5.4. A build-to-sequence modellezése

A build-to-sequence esetében a felhasználó maga állítja elő a termékek gyártásához szükséges alkatrészeket, és ezeket sequence szerinti sorrendben történik beszállítás a felhasználóhoz.

### 5.4.1. Ismert paraméterek a build-to-sequence stratégiánál

A build-to-sequence ellátási stratégia esetén a szerelősorok ellátása tekinthető leginkább just-in-sequence elv szerinti megvalósulásnak, hiszen a kommissiók készzésére szolgáló alkatrészek legyártása a felhasználónál és a sequence igények szerinti mennyiségben és sorrendben történik.

Tehát a  $k$ . termék az igényeknek megfelelő sorrendben kerül beszállításra a felhasználó létesítményeibe, így a szerelősori, vagy a gyártási helyszínen található JIS alapanyag tárolókba.

Előfordulhat az is, hogy nem minden alkatrészt tud saját maga legyártani, ekkor az alkatrészek előállítását ugyancsak a felhasználói igényeknek megfelelően történik, azonban egy közbenső raktár vagy cross-docking létesítményben kiegészülhet további alkatrészekkel.



Ismert paraméterek:

- a  $d_{ijk\tau}^{C,F}$  az i. beszállítótól a j. felhasználó általi igény a k. termékre vonatkozóan, amit a felhasználó által igényelt szerelősorok előtt rendeznek a  $\tau$ . sequence-ben, ami a felhasználónál a beszállító által gyártott k. terméknel méltányosabb anyagkezelési költséget eredményezhet.
- a  $d_{ijk\tau}^{C,B}$  az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termék mennyisége a  $\tau$ . sequence esetében, mely általában megegyezhet a felhasználó általi igénnyel:

$$\forall i, j, k: |d_{ijk\tau}^{C,F} - d_{ijk\tau}^{C,B}|, \quad (130)$$

- ha nem egyezik meg a felhasználó általi igénnyel és a (43) és (87) összefüggések alapján:

$$\forall i, j, k: |d_{ijk\tau}^{C,F} - d_{ijk\tau}^{C,B}|, \quad (131)$$

- a  $t_{ijk\tau}^{C,F}$  ugyancsak a j. felhasználó általi igény időpontja az i. beszállítótól várt k. termékre vonatkozóan a  $\tau$ . sequence-ben,
- a  $t_{ijk\tau}^{C,B}$  ugyancsak az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termék elkészülésének időpontja a  $\tau$ . sequence-ben, amely megegyezik a beszállító és a felhasználó közötti szállítás időtartamából adódóan:

$$\forall i, j, k: |t_{ijk\tau}^{C,F} - t_{ijk\tau}^{C,B}|, \quad (132)$$

- ellenkező esetben a (44) és a (88) összefüggések alapján itt sem feltétlen egyezik meg:

$$\forall i, j, k: |t_{ijk\tau}^{C,F} - t_{ijk\tau}^{C,B}|, \quad (133)$$

- a  $c_{ijk}^{C,BM}$  az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termék fajlagos gyártási költsége, ahol az igényelt alkatrészek lehetséges legyártása történik. A gyártás ebben a modellben nem értelmezhető, hiszen a felhasználó maga gyártja le. Tehát a  $c_{ijk}^{C,BM}$  értéke zérus, ezért a  $c_{ijk}^{C,FM}$  a felhasználónál merül fel ezen gyártási költség. Ritkább esetben előfordulhat az, hogy a szükséges alkatrészek gyártását kihelyezzük az ellátási lánc korábbi pontjaira, ekkor a már ismert modellek szerint a beszállítónál is felmerülhet,
- a  $c_{ijk}^{C,BW}$  az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termék fajlagos tárolási költsége, azonban ebben a modellben nem értelmezhető, hiszen a felhasználó maga kezeli le. Tehát a  $c_{ijk}^{C,BW}$  értéke zérus, ezért a  $c_{ijk}^{C,FW}$  a felhasználónál merül fel ezen tárolási költség. Ellenkező esetben, ha felmerül a beszállítónál, akkor a bemutatott modellek szerint más és más tárolási költségeket eredményezhet,
- a  $c_{ijk}^{C,BH}$  az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termék fajlagos anyagkezelési költsége az i. beszállítónál, azonban ebben a modellben nem értelmezhető, hiszen a felhasználó maga kezeli le. Tehát a  $c_{ijk}^{C,BH}$  értéke zérus, ezért a  $c_{ijk}^{C,FH}$  a felhasználónál merül fel ezen anyagkezelési költség. Ellenkező esetben, ha felmerül a beszállítónál, akkor a bemutatott modellek szerint más és más anyagkezelési költségeket eredményezhet,
- a  $c_{ijk}^{B,BI}$  egyaránt az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termékre vonatkozó, tárolásból adódó fajlagos tökelekötés mértéke. Tehát a  $c_{ijk}^{B,BI}$  értéke zérus, ezért a  $c_{ijk}^{C,FI}$  a felhasználónál merül fel ezen tökelekötés költség. Ellenkező esetben, ha van kihelyezett gyártás, akkor értelmezhető,

- az  $a_{ijk}^{CB}$  hasonlóan az i. beszállító részére a j. felhasználó által fizetett fajlagos (egységnyi) vételár a k. termék esetében, azonban ebben a modellben nem értelmezhető, hiszen a felhasználó maga állítja elő. Ha mégis felmerül  $a_{ijk}^{CF}$ , ekkor az innen származó megtakarítással csökkenthető.  
Tehát a  $a_{ijk}^{C,BI}$  értéke zérus, ezért a felhasználónál merül fel ezen tökelekötés költség. Ellenkező esetben, ha van alkatrészgyártás, akkor a  $a_{ijk}^{C,FI}$  változatlanul merül fel a beszállítónál,
- a  $c_{ijk}^{C,FM}$  az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termék fajlagos gyártási költsége, ahol az igényelt alkatrészek gyártását maga a felhasználó végzi. Ekkor az alkatrészek gyártása nem helyezhető ki, és a felhasználó a saját erőforrásaival valósítja meg,
- a  $c_{ijk}^{C,FW}$  az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termék fajlagos tárolási költsége, mely a JIS tároló foglaltsága miatt merül fel, átmeneti tárolás biztosítására a felhasználónál,
- a  $c_{ijk}^{C,FH}$  az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termék fajlagos anyagkezelési költsége, mely a már megismert gyártás befejezésétől a kiszállításig megvalósuló anyagkezelési költségeket tartalmazza,
- a  $c_{i,j,\tau}^{C,S}$  ugyanúgy a fajlagos szállítási költség az i. beszállító és a j. felhasználó közötti szállítás esetében adott  $\tau$ . sequence-ére vonatkozóan és attól függően, hol értelmezhető és merül fel a szállítás költségterhe,

Mivel a vizsgálati időhorizonton belül az egyes sequence-ekben a fajlagos költségeket (45) és (89) összefüggések szerint állandónak tételezzük fel, azaz

$$\forall i, j, k, \alpha, \beta: c_{ijk\alpha}^{C,FM} = c_{ijk\beta}^{C,FM}, c_{ijk\alpha}^{C,FW} = c_{ijk\beta}^{C,FW}, c_{ijk\alpha}^{C,FH} = c_{ijk\beta}^{C,FH}, c_{ijk\alpha}^{C,FI} = c_{ijk\beta}^{C,FI} \quad (134)$$

ahol a fajlagos költség itt is  $\alpha$  és  $\beta$  indexe a vizsgálati időhorizonton belüli sequence-ekben sorszáma. Így alkalmazhatjuk a vizsgálati időhorizonton belül a  $c_{ijk}^{C,FM}$ ,  $c_{ijk}^{C,FW}$ ,  $c_{ijk}^{C,FH}$ ,  $c_{ijk}^{C,FI}$  fajlagos költségeket. Ez a beszállítónál már korábban felmerülő költségek esetén változatlan.

Továbbá a fajlagos vételárra is igaz, hiszen az egy vizsgálati időhorizonton belül állandónak tekinthető, emiatt a  $C$  stratégiánál sem szükséges  $a_{ijk\tau}^C$  alkalmazása.

#### 5.4.2. A célfüggvény meghatározása a build-to-sequence stratégiánál

A beszállítónál már megismert módon az alábbi költségeket szükséges figyelembe venni, ha van kihelyezett alkatrészgyártás:

- termékek gyártási költsége (amennyiben van),
- termékek tárolási költsége (amennyiben van),
- termékek anyagkezelési költsége, mely tartalmazhatja a sequencing költségét is,
- termékek esetleges tárolásából adódó tökelekötés.

Ezen költség meghatározása az alábbi módon végezhető el – (46) és (90) összefüggések alapján:

$$K_C^K = K_C^{BM} + K_C^{BW} + K_C^{BH} + K_C^{BI} + K_C^{BS}, \quad (135)$$

ahol  $K_C^{BM}$  a gyártási költség a beszállítónál,  $K_C^{BW}$  a tárolási költség a beszállítónál,  $K_C^{BH}$  az anyagkezelési költség a beszállítónál,  $K_C^{BI}$  a tökelekötés a beszállítónál jelentkezik és  $K_C^{BS}$  a szállítási költség a beszállítót terhelő költséghányada.

Ha az egyes **beszállítónál költségek** merülnek fel, akkor a másik két stratégia szerinti összefüggésekből határozhatók meg, attól függően, hogy melyik just-in-sequence ellátási stratégia érvényesül,



A **felhasználónál** build-to-sequence beszállítás esetén az alábbi költségeket szükséges figyelembe venni:

- termék gyártási költsége,
- termék egységnyi vételára (amennyiben van),
- termékek tárolási költsége (amennyiben van),
- termékek anyagkezelési költsége, mely tartalmazza a sequence költségeit.

A fentiek alapján a build-to-sequence beszállítás esetében a felhasználónál jelentkező költségek (46) és (90) korábbi összefüggések szerint határozhatók meg.

$$K_C^F = K_C^{FM} + K_C^{FV} + K_C^{FW} + K_C^{FH} + K_C^{FI} + K_C^{FS}, \quad (136)$$

ahol  $K_C^{FM}$  a saját gyártási költség a felhasználónál,  $K_C^{FV}$  a szükséges sequence szerint beszerzett termékek vételára a teljes vizsgálati időhorizontot érintő összes sequence esetében összegezve,  $K_C^{FW}$  a tárolási költség a felhasználónál,  $K_C^{FH}$  az anyagkezelési költség a felhasználónál,  $K_C^{FI}$  a tőkelekötés (belső) a felhasználónál mutatkozik, és  $K_C^{FS}$  a szállítási költség felhasználóra eső része.

A **bevétel** megegyezik a beszerzési vételárral, mely ezen esetben is (63) és (107), valamint (64) és (108) összefüggésekből meghatározható:

$$\forall i: B_{Ci}^F + B_{Ci}^B = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( a_{ijk}^{CB} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{C,F} \right) + \left( a_{ijk}^{CF} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{C,F} \right) \quad (137)$$

és az összes beszállítóra vonatkoztatva a teljes összegeként határozható meg:

$$B_C^F + B_C^B = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( a_{ijk}^{CB} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{C,F} \right) + \left( a_{ijk}^{CF} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{C,F} \right) = B_C^{FB} \quad (138)$$

A **felhasználó** gyártási költsége a vizsgálat időhorizontra az alábbi módon írható fel:

$$K_C^{FM} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{C,FM} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{C,F} \right) \quad (139)$$

A felhasználónál a **beszerzési költség** a gyártó részére fizetett vételárral megegyezik – (66) és (111), valamint (67) és (112) összefüggések alapján határozható meg:

$$\forall j: K_{Cj}^{FV} = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p \left( a_{ijk}^C \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{C,F} \right) \quad (140)$$

és az összes felhasználóra ezek összegeként is meghatározható:

$$K_C^{FV} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( a_{ijk}^C \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{C,B} \right) \quad (141)$$

a beszállító bevétele megegyezik a felhasználó beszerzési költségével, ezért hasonlóan a (138) és (141) összefüggések alapján:

$$\sum_{j=1}^n K_{Cj}^{FV} = \sum_{i=1}^m B_{Ci}^B \quad (142)$$

Az egyes **felhasználóknál** jelentkező **tárolási költség** értelmezése ritkán fordul elő, amikor a JIS tároló foglalt lehet, ekkor átmeneti tárolásra van szükség.

Korábban már ismertetett módon (69) és (114), valamint (70) és (115) összefüggésekből a felmerülő tárolási költség az alábbiak szerint határozható meg:

$$K_{Cj}^{FW} = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{C,FW} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{C,F} \right), \quad (143)$$

majd a teljes, összes felhasználóra vetített esetleges tárolási költség:

$$K_C^{FW} = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{C,FW} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{C,F} \right) \quad (144)$$





Ebben a modellben a **felhasználóknál** jelentkező **anyagkezelési költség** ugyancsak meghatározható, az egyes sequence-ekben beszállított termékmennyiségek azonosak az igényelt mennyiségekkel – a már megismert (71) és (116) összefüggéseket felhasználva határozzuk meg:

$$K_C^{FH} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{C,FH} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{C,F} \right) \quad (145)$$

A szállítási költséget ebben a változatban jellemzően a felhasználó viseli – (72) és (118) képletekkel azonos:

$$\forall j: K_{Cj}^{FS} = K_{Cj}^S, \quad (146)$$

ahol  $K_{Cj}^S$  a teljes szállítási költség i. beszállító és a j. felhasználó között.

Amennyiben van kihelyezett gyártás, akkor a szállítást itt is egy megosztott költségmodell alapján (73) és (119) összefüggések szerint számolhatjuk el:

$$\forall j: K_{Cj}^{FS} = \sum_{i=1}^m \sum_{\tau}^{\tau_{ijk}^{max}} (1 - \mu_{i,j,\tau}^C) \cdot c_{i,j,\tau}^{C,S} \quad (147)$$

Mint ismeretes a teljes szállítási költséget a beszállító és a felhasználó fedezi valamilyen jól definiált költségmegosztás formájában, ezért itt is teljesülniük kell (74) és (120), valamint (75) és (121) összefüggések feltételeinek:

$$\sum_{i=1}^m K_{Ci}^S = \sum_{j=1}^n K_{Cj}^S, \quad (148)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{\tau}^{\tau_{ijk}^{max}} \mu_{i,j,\tau}^C \cdot c_{i,j,\tau}^{C,S} + \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \sum_{\tau}^{\tau_{ijk}^{max}} (1 - \mu_{i,j,\tau}^C) \cdot c_{i,j,\tau}^{C,S} = K_C^S \quad (149)$$

A fentiek alapján a build-to-sequence beszállítási stratégia értékelésére alkalmas függvény itt is költségfüggvény formájában írható fel, ami az ellátási lánc szereplőinek teljes költségét igyekszik minimalizálni:

$$\begin{aligned} K_C = & \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} c_{ijk}^{C,BM} \cdot d_{ijk\tau}^{C,B} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{C,BW} \cdot \right. \\ & \left. \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{C,B} \cdot (t_{ijk\tau}^{C,F} - t_{ijk\tau}^{C,B} - t_{ijk\tau}^{C,TR}) \right) + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{C,BH} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{C,B} \right) + \\ & \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{C,BI} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{C,B} \cdot (t_{ijk\tau}^{C,F} - t_{ijk\tau}^{C,B} - t_{ijk\tau}^{C,B}) \right) + \\ & \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{\tau}^{\tau_{ijk}^{max}} \mu_{i,j,\tau}^C \cdot c_{i,j,\tau}^{C,S} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{C,FM} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{C,F} \right) + \\ & + \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{C,FW} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{C,F} \right) + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{C,FH} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{C,F} \right) + \\ & \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \sum_{\tau}^{\tau_{ijk}^{max}} (1 - \mu_{i,j,\tau}^C) \cdot c_{i,j,\tau}^{C,S} \rightarrow \min \end{aligned} \quad (150)$$

### 5.4.3. A korlátozások meghatározása build-to-sequence stratégiánál

A beszállítói rendszerek esetében számos korlátozás írható elő, ezeket a harmadik modellben is kapacitás- és időkorlátokként definiálhatjuk. Ebben a modellben a következő korlátozásokat vesszük figyelembe:

- a felhasználók olyan saját gyártókapacitással rendelkeznek, amelyek biztosítják a szerelősorok zavartalan ellátását, a kihelyezett gyártás lehetőségét lecsökkentve:

$$\forall i: KAP_{Cik} \geq \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{C,F}, \quad (151)$$

ahol  $KAP_{Cik}$  az i. beszállító k. termékre vonatkozó gyártási kapacitása a vizsgálati időhorizonton belül,

- a felhasználó gyártósoráról pontosan azokat az alkatrészeket szállítják be, amiket a szerelősor igénye definiál, azaz megegyezik a felhasználó igényével:



$$\forall i, j, k, \tau: d_{ijk\tau}^{C,F} = d_{ijk\tau}^{C,B} \quad (152)$$

- a felhasználók kihelyezett gyártás esetén is pontosan arra a gyártási időpontra szállítják be az egyes sequence-eket, amikorra azt a felhasználó gyártósora igényli:

$$t_{ijk\tau}^{C,F} = t_{ijk\tau}^{C,B} \quad (153)$$

- a sequence-ek mérete mindhárom stratégiára úgy van meghatározva, hogy azok beszállítására a megfelelő anyagkezelési és tárolási kapacitás a felhasználónál rendelkezésre áll:

$$\sum_{j=1}^n KAP_{Cj\tau}^H \leq KAP_C^{H*} \text{ és } \sum_{j=1}^n KAP_{Cj\tau}^W \leq KAP_C^{W*}, \quad (154)$$

ahol  $KAP_{Cj\tau}^H$  a j. felhasználó  $\tau$ . sequence-éhez tartozó szükséges anyagkezelési kapacitás,  $KAP_C^{H*}$  a rendelések beszállításához rendelkezésre álló anyagkezelési kapacitás,  $KAP_{Cj\tau}^W$  a j. felhasználó  $\tau$ . sequence-éhez tartozó szükséges tárolókapacitás,  $KAP_C^{W*}$  a rendelések beszállításához rendelkezésre álló tárolókapacitás, valamint

- a sequence-ék mérete mindhárom stratégiára úgy van meghatározva, hogy rendelkezésre áll azok beszállítására a megfelelő belső és külső szállítási kapacitás:

$$\sum_{j=1}^n KAP_{Cj\tau}^T \leq KAP_C^{T*}, \quad (155)$$

ahol  $KAP_{Cj\tau}^T$  a j. felhasználó  $\tau$ . sequence-éhez tartozó szükséges szállítási kapacitás,  $KAP_C^{T*}$  a rendelések beszállításához rendelkezésre álló szállítási kapacitás.

#### 5.4.4. Döntési változók a build-to-sequence stratégiánál

A build-to-sequence stratégiának számos megoldása lehetséges. A harmadik modellben is közvetlen beszállításról van szó, tehát a beszállító-felhasználó relációban az alábbi alapvető döntési változókat érdemes figyelembe venni:

- beszállítók, felhasználók és sequence-ek egymáshoz rendelése: Hasonlóan a döntési változó (82) és (128) összefüggéseket felhasználva beépíthető a célfüggvénybe és a korlátozásokba, hiszen egyaránt az  $i$ . beszállítótól a  $j$ . felhasználó általi igény a  $k$ . termékre vonatkozóan a  $\tau$ . sequence-ben csak abban az esetben lesz nem negatív, amikor olyan hozzárendelés valósul meg az érintett beszállító, felhasználó, termék és sequence között, mely beszállítási folyamatot indukál:

$$x_{Cijk\tau} = 0 \rightarrow d_{ijk\tau}^{C,F} = 0 \text{ egyébként } d_{ijk\tau}^{C,F} = d_{ijk\tau}^{C,F*}, \quad (156)$$

- ahol  $x_{Cijk\tau}$  egyaránt az  $i$ . beszállító, a  $j$ . felhasználó, a  $k$ . termék és a  $\tau$ . sequence összerendelését definiáló hipermátrix:  $x_{Cijk\tau} = 1$ , ha létezik a kapcsolat, egyébként  $x_{Cijk\tau} = 0$ ,  $d_{ijk\tau}^{C,F*}$  az  $i$ . beszállítótól a  $j$ . felhasználó általi tervezés előtti igény a  $k$ . termékre vonatkozóan a  $\tau$ . sequence-ben.
- sequence mérete itt is úgy építhető be a célfüggvénybe – (83) és (129) összefüggések alapján, hogy a teljes vizsgálati időhorizonton jelentkező igényt a sequence-ek számával osztjuk, azaz

$$d_{ijk\tau}^{C,F} = \frac{d_{ijk\tau}^{C,FTW}}{c}, \quad (157)$$

- ahol  $n_{seq\ C}$  a sequence-ek száma az adott vizsgálati időhorizonton.
- ha a saját gyártás nem megvalósítható, akkor a felhasználó által igényelt kommissiók vagy a szerelősorok előtt, vagy az ellátási lánc korábbi pontján kerülnek beszállításra.



Ilyen lehet egy kevert stratégia, ami előnyösebb lehet, például egy build-to-sequence és egy ship-to-sequence jellegzetességekkel rendelkező hibrid just-in-sequence ellátási stratégiát hoz létre, amely összetett matematikai modellek leírását is lehetővé teszi.

## 5.5 A just-in-sequence ellátási rendszerek összetett matematikai modellezése

A just-in-sequence ellátás komplex, bonyolultabb folyamata is modellezhető, melyben az egyes ellátási szintek kapcsolatai definiálhatók [S7].

### 5.5.1. Ismert paraméterek a hibrid just-in-sequence stratégiánál

A jellegzetes modellek leszármaztatásának eredményeként fel tudom használni a már kidolgozott és matematikailag leírt rendszerparamétereket attól függően, melyik stratégiák kerülnek ötvözésre.

A just-in-sequence beszállítás sikere abban rejlik, hogy a gyártói szerelősorok folyamatos, egyenletes és következetes anyagáramlása valósuljon meg, azaz a gyártáshoz igényelt megrendelések megfelelő sequence eljuttatása, mint például a nélkülözhetetlen alkatrészek és a segédanyagok esetében.

A hagyományos just-in-time ellátással szemben elkerüljük:

- a felesleges készletek felhalmozását,
- és az ellátási lánc folyamatok zavaraiából adódó materiális vagy erőforrás jellegű pazarlásokat,
- valamint az allokálási tévedéseket.

Ehhez az ellátási rendszer koncepcionális átalakítása szükséges. A jövőbeni versenyképes és fenntartható vállalati működés elérése érdekében a költségek racionalizálása elvárt, ami a működés költségeinek csökkentését helyezi előtérbe.

Ismert paraméterek:

- A 3.3.1. alfejezetben már taglaltam, hogy a beszállítás fontosságát a just-in-sequence  $p$  komissió termékek beszállítására emelem ki, ahol  $k = 1 \dots p$ ,
- a  $\tau$  a sequence-ek száma, ahol  $\tau = 1 \dots \rho$ ,
- az  $o_e$  a megrendelések száma a hozzátartozó  $\tau$ . sequence-szel, ahol  $e = 1 \dots o$ ,
- a  $me_{\tau,e}$  a megrendelés típusa az  $\tau$ . sequence-énél,
- az  $BSZ_{\Omega}$  a beszállító az  $\Omega$ . külső beszállító, ahol  $\Omega = 1 \dots l$ ,
- az  $FR_{\gamma}$  a szállító a  $\gamma$ . fuvarozó, ahol  $\gamma = 1$ ,
- az  $RT_{\alpha}$  a raktár az  $\alpha$ . Cross-docking, ahol  $\alpha = 1$ ,
- az  $GY_{\omega}$  a felhasználó az  $\omega$ . a gyártó szerelősorai, ahol  $\omega = 1 \dots \varepsilon$ ,
- a  $s_{\Omega,k}^{min}$  a minimális kommissiók beszállítása az  $\Omega$ . külső beszállítótól az  $\alpha$ . Cross-docking-ba,
- a  $s_{\Omega,k}^{max}$  az  $\omega$ . külső beszállítónál elérhető kommissiók,
- a  $q_{\alpha,k}^{min}$  az  $\alpha$ . Cross-docking-ban lévő igényelt  $k$ . termék kommissiók szerint, a fuvarozó általi beszállítása a gyártó szerelősoraira,
- a  $q_{\alpha,k}^{max}$  az  $\alpha$ . Cross-docking-ban elérhető igényelt  $k$ . termék kommissiók,
- a  $\varphi_{\tau}$  definiálja az adott  $\tau$ . sequence-be tartozó kommissiózott  $k$ . terméket,
- a  $\eta_k$  definiálja a  $\Omega$ . külső beszállítóktól érkező  $k$ . termék kommissió kezelésére szolgáló Cross-docking állomást, ahol a Cross-docking a megrendelés potenciális szállítójához történő hozzárendelése az alábbiak szerint értelmezhetjük:

$$\exists(k \in \varphi_{\tau}): q_{\alpha,k}^{min}(s_{\Omega,k}^{min}, \gamma) \leq \sum_{e=1}^{o_e} me_{\tau,e} \leq q_{\alpha,k}^{max}(s_{\Omega,k}^{max}, \gamma) \rightarrow q(s_{\Omega,k}) \in \eta_k \quad (158)$$

- a  $\Theta_{\tau}$  definiálja az  $\tau$ . sequence-be tartozó  $\gamma$ . fuvarozót, ahol a gyártó által igényelt sequence hozzárendelése a raktárhoz az alábbiak szerint értelmezhetjük:



$$\forall(k(\tau, o_e, \Omega, \gamma = const) \in \varphi_\tau): q(s_{\Omega,k}) \in \eta_k \rightarrow q(s_{\Omega,k}) \in \Theta_\tau \quad (159)$$

### 5.5.2. A célfüggvény meghatározása a hibrid just-in-sequence stratégiánál

A just-in-sequence ellátás során a beszállítónál felmerülő költségeket az alábbiak szerint szükséges vizsgálni és figyelembe venni:

- A  $w_1$  és a  $w_2$  a célfüggvény súlyozása, ahol:

$$w_1 + w_2 = 1 \quad \wedge \quad w_1, w_2 \geq 0 \quad (160)$$

- A természeti erőforrások igénybevételei, azaz a naturális erőforrások kapcsolódó szempontjai az alábbiak szerint definiálhatók a just-in-sequence ellátása során:

$$e_{\Omega,k}^{NAT} (e_{\Omega,k}^{\ddot{U}HG}(e_{\Omega,k}^{FUEL}), e_{\Omega,k}^{EP}, e_{\Omega,k}^{NA}), \quad (161)$$

- ahol a  $e_{\Omega,k}^{\ddot{U}HG}$  a  $k$ . termék komissió  $\Omega$ . beszállításához tartozó speciális üvegházhatás, ami függ az  $e_{\Omega,k}^{FUEL}$  a  $k$ . termék komissió  $\Omega$ . beszállításához szükséges nyersanyag, azaz az üzemanyag felhasználásától,
- a  $e_{\Omega,k}^{EP}$  a  $k$ . termék komissió  $\Omega$ . beszállításához tartozó villamosenergia-fogyasztás,
- az  $e_{\Omega,k}^{NA}$  a  $k$ . termék komissió  $\Omega$ . beszállításához szükséges nem tervezett erőforrás-felhasználás.

$$K_{\Omega,k}^{NAT} = K_{\Omega,k}^{\ddot{U}HG} + K_{\Omega,k}^{EP} + K_{\Omega,k}^{NA}, \quad (162)$$

- a  $K_{\Omega,k}^{\ddot{U}HG}$  a  $k$ . termék komissió  $\Omega$ . beszállításához tartozó speciális üvegházhatás költsége, ami a felhasznált üzemanyag mennyiségétől függ,
- a  $K_{\Omega,k}^{EP}$  a  $k$ . termék komissió  $\Omega$ . beszállításához tartozó villamos energia költsége,
- a  $K_{\Omega,k}^{NA}$  a  $k$ . termék komissió  $\Omega$ . beszállításához szükséges nem tervezett erőforrás felhasználási költsége.

Ha az  $\eta_i$  halmazból választunk beszállítót, akkor több beszállító just-in-sequence ellátásról beszélünk. Ha pedig  $\Theta_i$  halmazból, akkor pedig egy beszállító just-in-sequence ellátásról.

A probléma célfüggvénye az ellátási lánc energia és működési költségeinek minimalizálását írja le:

$$K_{S=w_1} \sum_{\tau=1}^{\ell} \sum_{e=1}^o \sum_{k=1}^p \sum_{\Omega=1}^l K_{\Omega,k}^{NAT} x_{\tau,o_e,k,\Omega} + w_2 \sum_{\tau=1}^{\ell} \sum_{e=1}^o \sum_{k=1}^p \sum_{\Omega=1}^l K_{\Omega,k}^{TSUP} x_{\tau,o_e,k,\Omega} \rightarrow \min \quad (163)$$

Ahol a beszállítás teljes költsége függ a logisztikai feladatokat megvalósító ellátási szintek redukált költségeitől:

$$K_{\Omega,k}^{TSUP} = K_{\alpha,k}^{COM} + c_{\gamma,k}^{DEL} + c_{e,\alpha}^{SEQ} + c_{\Omega,k}^{NA}, \text{ ahol} \quad (164)$$

- a  $K_{\Omega,k}^{TSUP}$  az  $\Omega$ . külső beszállító  $k$ . termék komissió teljes beszállítási költsége,
- a  $K_{\alpha,k}^{COM}$  az  $\alpha$ . Cross-docking  $k$ . termék komissió összeállítási költsége,
- a  $c_{\gamma,k}^{DEL}$  a  $\gamma$ . fuvarozó  $k$ . termék komissió szállítási költsége,
- a  $c_{e,\alpha}^{SEQ}$  az  $\alpha$ . Cross-docking  $e$ . megrendelés JIS sequence költsége,
- a  $c_{\Omega,k}^{NA}$  az  $\Omega$ . külső beszállító  $k$ . termék nem tervezett egyéb költségek.



### 5.5.3. A korlátozások meghatározása a hibrid just-in-sequence stratégiánál

A beszállítói rendszerek esetében számos korlátozás írható elő, ezeket az alapmodellek ismeretében kapacitás- és időkorlátozásokként definiálhatjuk.

Ebben a modellben a következő korlátozásokat vesszük figyelembe:

- A gyártás szempontjából elsődlegesen beszállítandó termék kommissiók, azaz a prioritizált kommissiók elérhetősége, száma.

$$me_{\tau,e} \leq q_{\alpha,k} \forall (k(\tau, o_e, \Omega, \gamma = const)) \quad (165)$$

- A fuvarozó járműveinek  $KAP_{veh}$  kapacitása korlátozott, a rakodó kapacitás nem túlléphető.

$$\forall \tau = 1 \dots \varrho, \gamma = 1 \dots \delta; \sum_{o_e \tau=1}^{o_e} KAP_{veh}(o_e, me_{\tau,e}) \leq KAP_{veh\gamma,k}^{max} \quad (166)$$

- A Cross-docking  $KAP_{\alpha}$  tároló kapacitása, a rendelkezésre álló kapacitás a  $k$ . termék kommissió kiszolgálására.

$$\forall \tau = 1 \dots \varrho, \alpha = 1 \dots B; \sum_{\tau=1}^{o_e} KAP_{\alpha}(o_e, me_{\tau,e}) \leq KAP_{\alpha,k}^{max} \quad (167)$$

### 5.5.4. Döntési változók a hibrid just-in-sequence stratégiánál

Ebben a speciális, kevert (egy build-to-sequence és egy ship-to-sequence) modellben a következő döntéseket szükséges meghozni:

- a bemutatott saját gyártás szolgálja ki a felhasználói igényeket, ellenben
- a potenciális beszállító a külső beszállító hozzárendelése a raktárakhoz,
- a raktár a Cross-docking, ami a megrendelésekhez hozzátartozó sequence-ek alapján kommissiózza a kívánt termékeket,
- ezt követően a fuvarozó ütemezése és az igényelt kommissiók beszállítási módjának megfelelően történik a kiszállítás a gyártóhoz.
- Az  $x_{\tau,o_e,k,\Omega}$  a döntési változók, amelyek meghatározzák a kommissiók beszállítását a Cross-docking-ba, valamint innen kommissiózva kerül szállításra gyártónak a  $o_e$ . megrendelés  $\tau$ . sequence-ének megfelelően.
- Ezek a döntési tényezők egy integrált optimalizálási problémához vezetnek: az ütemezési és hozzárendelési problémát. Az NP hard problémának az döntési változója a hozzárendelési mátrix, amely meghatározza a potenciális beszállítási sorrendekhez és adott JIS megrendelésekhez való hozzárendelését. A döntési változók csak bináris értékeket vehetnek fel.

$$X = [x_{\tau,o_e,k,\Omega}] \in (0,1) \quad (168)$$

### 5.6. A just-in-sequence jellegzetes modellek összehasonlítása, numerikus elemzései

Az 5.2. - 5.4. alfejezetekben ismertetett just-in-sequence beszállítási stratégiák a jellegzetes modelljeik révén összehasonlíthatóak, értékelhetőek.

Célom az, hogy az a just-in-sequence beszállítási stratégia kerüljön kiválasztásra, amelyik képes hosszú távon biztosítani a szerelősorok zavartalan, költséghatékony és fenntartható ellátását.

Ennek érdekében szükséges elvégezni mindhárom modellváltozat numerikus elemzését, és ennek validálása révén a kapott eredmények összehasonlítása biztosítja, megadja az optimális beszállítási stratégia lehetséges választását, alkalmazását.

A numerikus elemzések során értékelem a just-in-sequence modelleken alapuló fiktív vállalati alapanyag-ellátási folyamatok teljesítményét az Excel VBA programozási környezet segítségével



Valamint a modellek elemzésével és az optimális just-in-sequence beszállítási stratégia kiválasztásával az eredményeimet validálom.

### 5.6.1. A ship-to-sequence beszállítások numerikus elemzése

Először a ship-to-sequence modell szerint vizsgálom meg a beszállítási folyamatok működését. Jelen modell olyan célfüggvény komponensekkel rendelkezik, amelyek biztosítják és támogatják a szükséges termékek gyártását és sequence szerinti sorrendben történő beszállítását: tartalmazza a beszállítóra, a felhasználóra, a termékekre és a sequence-ekre vonatkozó törzsadatokat, valamint a modell 5.2.1 - 5.2.4. alfejezeteiben definiált rendszerparamétereinek, működési költségeinek és a kiszolgálás időszükségleteinek átfogó elemzését.

A 3. fejezetben kidolgozott rendszerstruktúra alapján számos új típusú modellváltozat értelmezhető, ezért szükséges leszűkíteni és kijelölni a vizsgálandó változatokat. A fentiek alapján a beszállítók ( $i$ ), a felhasználók ( $j$ ), a termékek ( $k$ ), és a sequence ( $t$ ) értékeit ezért az Excel véletlenszerű függvényeinek alkalmazásával határozom meg, amelyek egy meghatározott minimum és maximum érték között váltakozhatnak – ezzel figyelembe véve a piacon jelenlévő diverz vevői igényeket és a sokféle lehetséges termékváltozatot is.

<b>Beszállítóra vonatkozó adatok</b>	
Minimális szám	<b>1</b>
Maximális szám	<b>3</b>
Generált szám	<b>1</b>
<b>Felhasználóra vonatkozó adatok</b>	
Minimális szám	<b>1</b>
Maximális szám	<b>3</b>
Generált szám	<b>1</b>
<b>Termékekre vonatkozó adatok</b>	
Minimális szám	<b>1</b>
Maximális szám	<b>10</b>
Generált szám	<b>6</b>
<b>Sequence-re vonatkozó adatok</b>	
Minimális szám	<b>1</b>
Maximális szám	<b>10</b>
Generált szám	<b>1</b>

1. táblázat Modellváltozatok képzéséhez szükséges törzsadatok [Saját szerkesztés]

Tekintettel az 1. táblázatban kapott alapadatokra, ebben a modellben három beszállító és három felhasználó található meg. Az egyes szerelősorok alapanyagszükséglete így 10 különböző terméktípusból tevődik össze, amelyet 10 sequence-ben szükséges beszállítani a szerelősorok gyártási igényeinek zavartalan kiszolgálása érdekében. Az átfutási idők napban értendők – legfeljebb 31 nap, ami egy teljes naptári hónapot is elérhet.

Az 2. táblázat azt tartalmazza, hogy az egyes beszállítók, felhasználók, termékek és sequence-ek függvényében hány olyan egyedi  $ijkt$  szerinti értéksor hozható létre, ez jelen esetben 900 sorú nagyminta. Ezt egyébként könnyen tudjuk ellenőrizni, hiszen az  $ijkt$  szorzata ( $3*3*10*10$ ) ugyancsak megadja az összes generálható érték nagyságát, azaz az összes szükséges sequence összeállítását.

Az ellátási szinten résztvevők egymással kapcsolatban állnak, és a modell átláthatósága érdekében szabad verseny jellemzi, azaz korlátozás nélkül láthatják el üzleti tevékenységeiket. Minden beszállító teljesítheti, és minden felhasználó fogadhatja a megfelelő sequence-ben igényelt alkatrészeket. Ezt követően az  $ijkt$  szerinti értékeket kell előállítani, ezt a kapcsolódó rendszerparaméterek véletlenszerű generálásával párhuzamosan végezhetjük el.



i.	j.	k.	t.	ÉRTÉKEK				
				$d_{ijkt}^{A,F}$ [db]	$d_{ijkt}^{A,B}$ [db]	$t_{ijkt}^{A,F}$ [nap]	$t_{ijkt}^{A,B}$ [nap]	$t_{ijkt}^{A,T}$ [nap]
1	1	1	1	7	43	3	30	0,17
1	1	1	2	21	10	7	24	0,75
1	1	1	3	31	12	19	10	0,92
1	1	1	4	26	39	1	29	0,67
1	1	1	5	12	30	6	25	0,88
1	1	1	6	19	36	1	17	0,33
1	1	1	7	30	40	4	12	0,58
1	1	1	8	16	39	1	27	0,46
1	1	1	9	29	23	15	30	0,58
1	1	1	10	29	28	2	2	0,17

2. táblázat Példa az *ijkt* szerinti értékek generálására [Saját szerkesztés]

Ezzel párhuzamosan elő kell állítani az egyes *ijkt* értékekhez rendelhető és felmerülő beszállítói és felhasználói költségeket, valamint a beszállító-felhasználó relációjában megjelenő szállítási költségek elosztását jelentő megosztási rátát is (lásd 3. táblázat).

A dedikált költségeket palettához, a szállítások vonatkozásában pedig az MSZ szabványos raklap/kamion elhelyezéshez viszonyítva vettem figyelembe.

GENERÁLÁS							
$c_{ijkt}^{A,BN}$ [EUR/db]	$c_{ijkt}^{A,BW}$ [EUR/db]	$c_{ijkt}^{A,BH}$ [EUR/db]	$c_{ijkt}^{A,BI}$ [EUR/db]	$c_{ijkt}^{A,PW}$ [EUR/db]	$c_{ijkt}^{A,PH}$ [EUR/db]	$c_{ijkt}^{A,S}$ [EUR/db]	$H_{ijkt}^A$ [%]
1,38	0,03	0,05	11,00	0,08	0,05	0,28	34,00
1,75	0,06	0,06	6,00	0,08	0,09	0,26	14,00
0,94	0,08	0,05	7,00	0,08	0,06	0,33	50,00
1,03	0,08	0,08	3,00	0,08	0,08	0,29	100,00
1,19	0,08	0,08	6,00	0,06	0,06	0,33	29,00
0,11	0,05	0,05	3,00	0,08	0,09	0,25	11,00
1,02	0,05	0,05	6,00	0,03	0,08	0,27	33,00
1,22	0,06	0,09	12,00	0,08	0,09	0,25	69,00
1,02	0,08	0,09	7,00	0,08	0,08	0,25	50,00
1,06	0,08	0,05	9,00	0,05	0,08	0,26	64,00
.	.	.	.	.	.	.	.
0,41	0,06	0,08	10,00	0,08	0,09	0,31	84,00
1,86	0,08	0,08	5,00	0,03	0,09	0,25	91,00
1,80	0,05	0,08	11,00	0,08	0,09	0,30	45,00
0,81	0,06	0,09	12,00	0,03	0,06	0,29	84,00
0,38	0,05	0,08	9,00	0,08	0,06	0,32	64,00
1,28	0,08	0,05	6,00	0,05	0,05	0,33	82,00
0,69	0,06	0,08	10,00	0,06	0,08	0,24	26,00
1,78	0,03	0,06	7,00	0,03	0,05	0,24	71,00
0,56	0,03	0,08	7,00	0,06	0,05	0,25	75,00
0,22	0,03	0,09	11,00	0,05	0,05	0,27	17,00

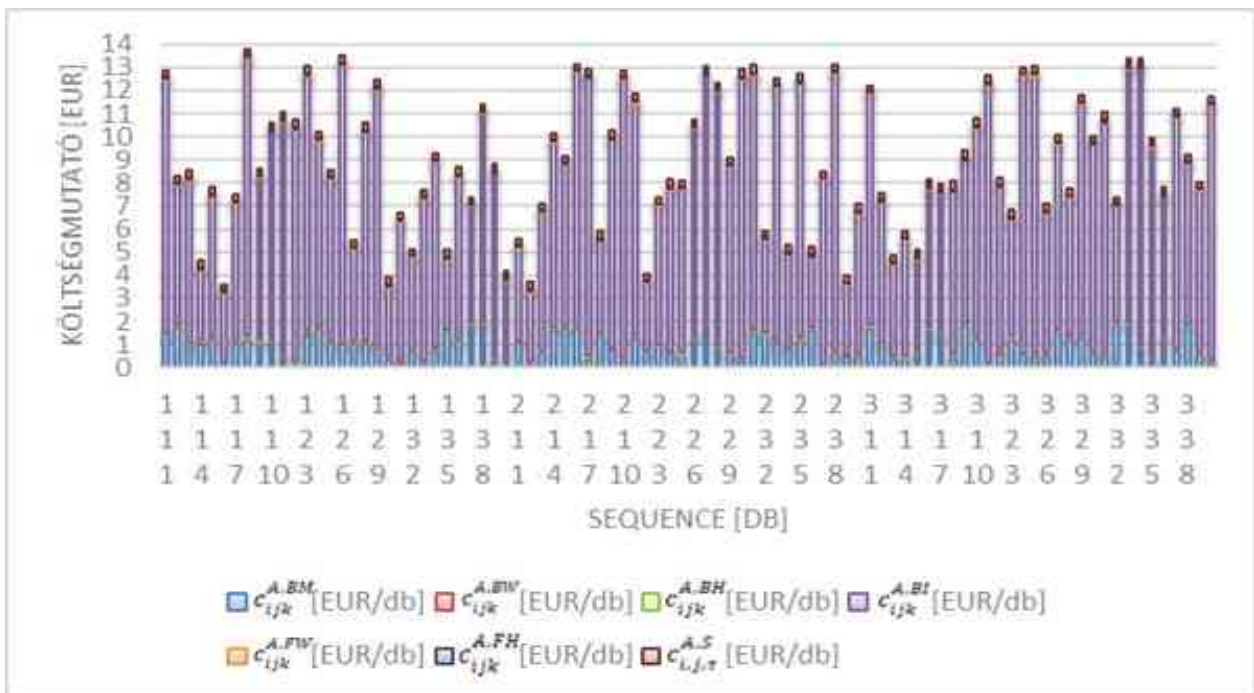
3. táblázat Részlet a felmerülő költségek generálására [Saját szerkesztés]

A költségek alapján megállapítható, hogy a termeléshez kapcsolódó költségek dominánsabbak, hiszen oda összpontosulnak a vevők által támasztott termékkövetelések.

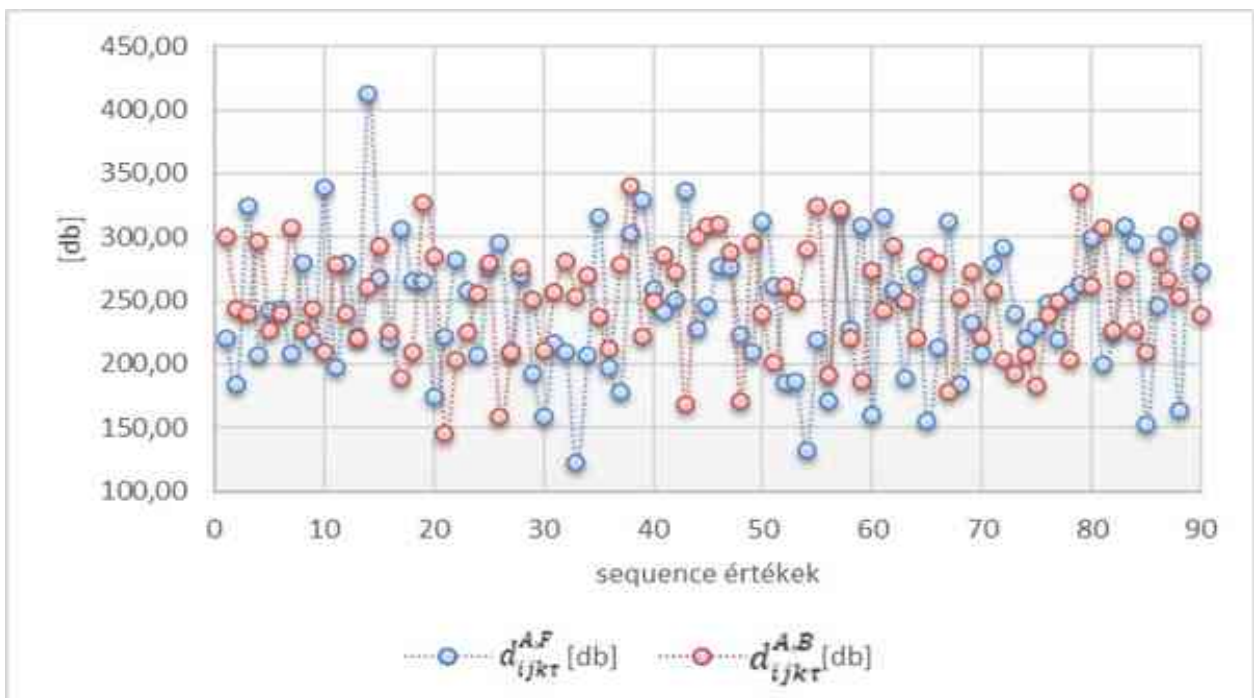
Ezzel párhuzamosan a logisztikai tevékenységnek széles feladatköre van jelen, mely kiterjed az információk feldolgozására, a késztermékek átadására, a kiszerezési folyamatokra, a készletezésre, a kiszállítás folyamatok szervezésére és egyéb dokumentálási-szolgáltatási feladatok ellátására.

A 16. ábra mutatja be az egyes *ijkt* értékekhez rendelhető költségek eloszlását, amik az egyes sequence-ekben eltérő pénzügyi terhet jelentenek a beszállító-felhasználó vonatkozásában. Ezzel számszerűsíthetővé válik, hogy egyes költségmutatók milyen gazdasági felelősséget jelentenek, és milyen hatást gyakorolnak a teljes ellátási lánc működésére.





16. ábra Az  $ijkt$  szerinti beszállítói és felhasználói költségek [EUR/db] eloszlása [Saját szerkesztés]



17. ábra Az egyes sequence szerinti felhasználói igény és a gyártói kapacitás összehasonlítása [Saját szerkesztés]

A 17. ábra mutatja be a  $d_{ijk,t}^{A,F}$ -hez tartozó felhasználói igényeket és a  $d_{ijk,t}^{A,B}$ -hez rendelkezésre álló beszállítói gyártókapacitásait. A korábban már megismert modell és a megfelelő a (46) - (75), valamint (75) és (125) megfelelő összefüggéseit felhasználva meghatározhatók az egyes rendszerelemek mutatói, a rendszerre vonatkozatható teljes működési költség.

Ezt követően a következő lépés az, hogy a  $SZUM$   $t$ . sequence szerinti összegzéseket elvégezzem. Ezzel meghatározható, hogy adott sequence-éhez tartozó rendszerelem milyen költségértéket vesz fel, azaz az  $i$ -dik beszállító, a  $j$ -edik felhasználó és a  $k$ -dik termék sequence-ek értékelésére alkalmas költségmutatószámot jelenít meg.

SEQUENCE ÉRTÉKEK					
SZUM <i>t</i> szerint	$d_{ijk}^{A,F}$ [db]	$d_{ijk}^{A,B}$ [db]	$t_{ijk}^{A,F}$ [nap]	$t_{ijk}^{A,B}$ [nap]	$t_{ijk}^{A,TR}$ [nap]
1 1 1	220,00	300,00	59,00	206,00	5,50
1 1 2	184,00	244,00	116,00	232,00	6,79
1 1 3	325,00	240,00	130,00	164,00	5,58
1 1 4	207,00	297,00	85,00	151,00	4,33
1 1 5	242,00	227,00	103,00	197,00	4,50
1 1 6	243,00	240,00	126,00	188,00	5,13
1 1 7	208,00	308,00	114,00	220,00	4,92
1 1 8	280,00	227,00	118,00	117,00	6,67
1 1 9	218,00	243,00	120,00	230,00	5,92
1 1 10	339,00	209,00	97,00	150,00	5,46

4. táblázat Az egyes sequence értékek összeadása – részlet [Saját szerkesztés]

A 4. táblázat foglalja össze az adott sequence-be tartozó *i*-dik beszállító, *j*-edik felhasználó és *k*. termék esetében, hogy milyen a *j*. felhasználó általi igény, az *i*. beszállító által gyártott *k*. termék mennyiségei, valamint az ezekhez rendelhető átfutási időszükséglet.

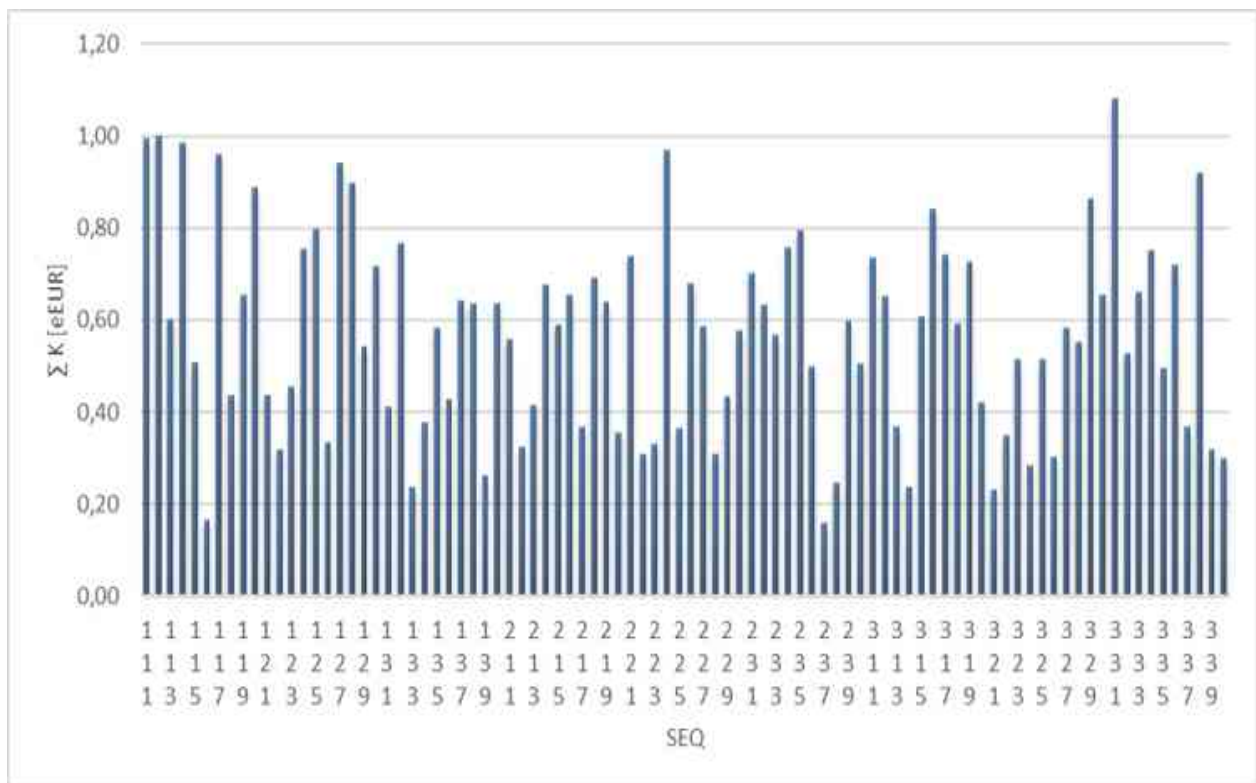
SEQUENCE ÉRTÉKEK							
SZUM <i>t</i> szerint	$K_A^{FS}$ [eEUR]	$K_A^{FV}$ [eEUR]	$K_A^{FW}$ [eEUR]	$K_A^{FH}$ [eEUR]	$K_A^S$ [eEUR]	$a_{ijk}^A$ [eEUR]	$B_A^B$ [eEUR]
1 1 1	0,06	1,32	0,02	0,01	0,08	0,00	1,32
1 1 2	0,05	1,29	0,01	0,02	0,06	0,01	1,29
1 1 3	0,04	0,41	0,03	0,02	0,08	0,00	0,41
1 1 4	0,00	1,37	0,02	0,02	0,09	0,00	1,37
1 1 5	0,05	0,45	0,02	0,02	0,07	0,00	0,45
1 1 6	0,05	0,12	0,02	0,02	0,06	0,00	0,12
1 1 7	0,05	1,39	0,01	0,02	0,08	0,00	1,39
1 1 8	0,02	0,32	0,02	0,03	0,06	0,00	0,32
1 1 9	0,03	0,69	0,02	0,02	0,06	0,00	0,69
1 1 10	0,02	0,52	0,02	0,03	0,05	0,00	0,52
.	.	.	.	.	.	.	.
3 3 1	0,02	1,61	0,02	0,02	0,10	0,01	1,61
3 3 2	0,01	0,50	0,01	0,02	0,06	0,00	0,50
3 3 3	0,04	0,52	0,02	0,03	0,08	0,00	0,52
3 3 4	0,01	0,55	0,01	0,02	0,07	0,00	0,55
3 3 5	0,02	0,65	0,01	0,01	0,07	0,00	0,65
3 3 6	0,02	0,81	0,01	0,01	0,09	0,00	0,81
3 3 7	0,05	0,29	0,02	0,02	0,06	0,00	0,29
3 3 8	0,02	1,40	0,01	0,01	0,06	0,01	1,40
3 3 9	0,02	0,28	0,02	0,01	0,08	0,00	0,28
3 3 10	0,05	0,24	0,01	0,01	0,06	0,00	0,24

5. táblázat Részlet a sequence értékek összeadására I. [Saját szerkesztés]

Az *ijk* szerinti sequence-ek költségei mérhetőek és összeszámolhatóak a beszállító-felhasználó relációjában (lásd 5. és 6. táblázat), ezáltal pontosan meghatározható, hogy kinek milyen költségeket jelentenek az igényelt sequence-ek, a szerelősori alkatrészek beszállítása.

SEQUENCE ÉRTÉKEK					
SZUM <i>t</i> szerint	$\Sigma K_A^{BM}$ [eEUR]	$K_A^{BW}$ [eEUR]	$K_A^{BH}$ [eEUR]	$K_A^{BI}$ [eEUR]	$K_A^{BS}$ [eEUR]
1 1 1	0,41	0,37	0,01	0,09	0,03
1 1 2	0,43	0,44	0,01	0,03	0,01
1 1 3	0,23	0,23	0,02	0,01	0,04
1 1 4	0,39	0,46	0,02	0,01	0,09
1 1 5	0,27	0,11	0,02	0,00	0,02
1 1 6	0,04	0,01	0,01	0,00	0,01
1 1 7	0,31	0,50	0,01	0,04	0,03
1 1 8	0,28	0,00	0,03	0,03	0,04
1 1 9	0,31	0,22	0,02	0,01	0,03
1 1 10	0,22	0,54	0,02	0,01	0,03
.	.	.	.	.	.
3 3 1	0,14	0,15	0,03	0,00	0,03
3 3 2	0,42	0,02	0,02	0,00	0,02
3 3 3	0,48	0,13	0,03	0,02	0,06
3 3 4	0,26	0,11	0,02	0,00	0,05
3 3 5	0,14	0,01	0,01	0,00	0,01
3 3 6	0,37	0,62	0,03	0,02	0,02
3 3 7	0,18	0,43	0,02	0,03	0,01
3 3 8	0,47	0,03	0,02	0,03	0,07
3 3 9	0,18	0,48	0,01	0,02	0,06
3 3 10	0,05	0,27	0,01	0,03	0,03

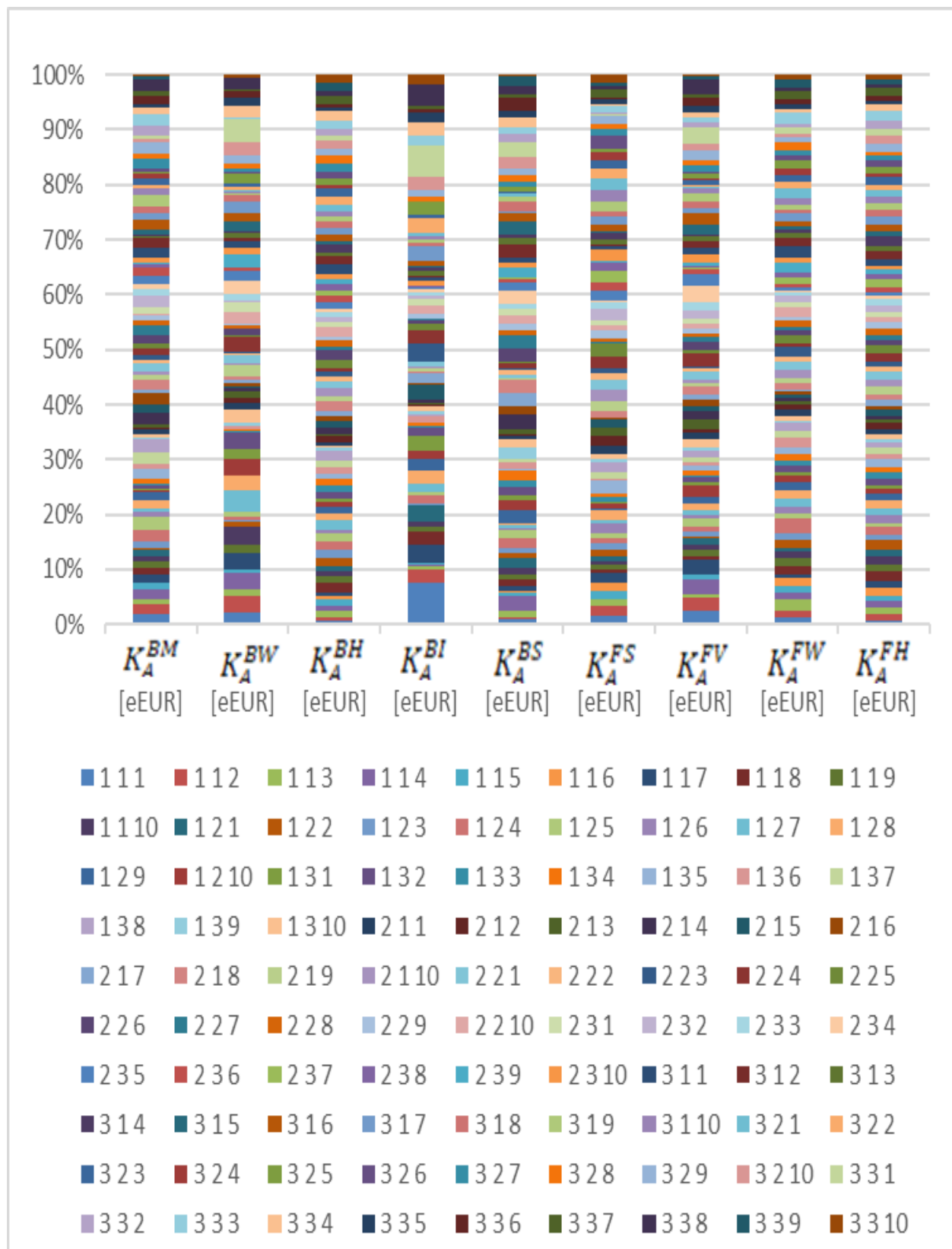
6. táblázat Részlet a sequence értékek összeadására II. [Saját szerkesztés]



18. ábra Az egyes sequence költségek megoszlása. [Saját szerkesztés]

A 18. ábra szemlélteti az egyes sequence-ek rész költségeit, átlagosan 0,57 eEUR költséget jelentett. Ebből a legolcsóbb 0,16 eEUR-ba, a legdrágább 1,08 eEUR-ba került.

Ezen költségmutatók eloszlását és százalékos bontását a 19. ábra szemlélteti, ahol a sequence értékek számításai elvégzésre kerültek, ezekből pontosan meghatározható a rendszerre vonatkozható teljes működési költség.

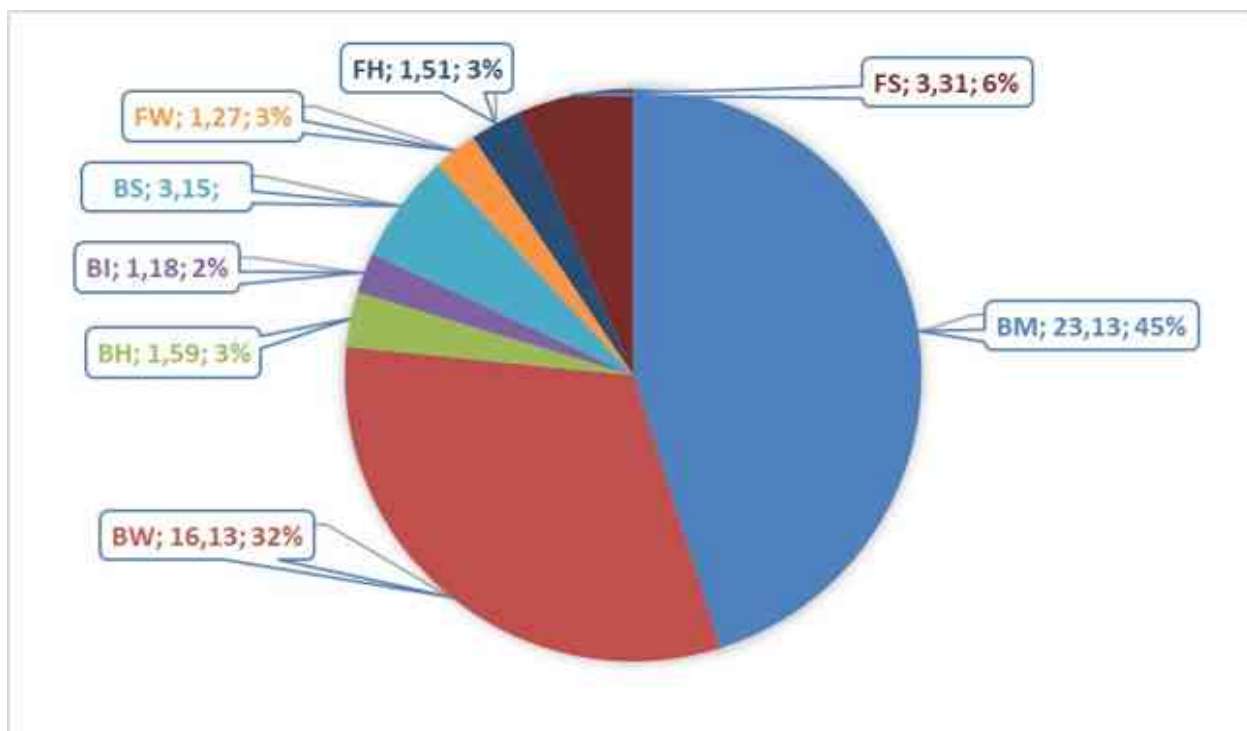


19. ábra A ship-to-sequence számítások eredményei I. [Saját szerkesztés]

A fenti számítások eredményeinek figyelembevételével a ship-to-sequence beszállítás esetében a beszállítónál és a felhasználónál realizálódó költségek (122) összefüggés alapján meghatározhatók és értékelhetők.



Ahogy a 20. ábra is bemutatja, ezen költségek az egyes sequence-ek szerint az alábbi költségmutató értékekre és százalékokra bonthatók le:



20. ábra A ship-to-sequence számítások eredményei II. [Saját szerkesztés]

A számítások eredményei alapján megállapítható, hogy a ship-to-sequence beszállítási rendszer teljes költsége 51,27 eEUR, tevékenységéből származó bevétel pedig 53,91 eEUR. A 7. táblázat összegzi a rendszer teljes összköltségeit és a felhasználtól érkező bevétel értékét:

SZÁMÍTÁSOK EREDMÉNYEI [eEUR]									
$K_A^{BM}$	$K_A^{BW}$	$K_A^{BH}$	$K_A^{BI}$	$K_A^{BS}$	$K_A^{FW}$	$K_A^{FH}$	$K_A^{FS}$	$\Sigma K$	$B_A^B$
23,13	16,13	1,59	1,18	3,15	1,27	1,51	3,31	51,27	53,91

7. táblázat A ship-to-sequence számítások eredményei III. [Saját szerkesztés]

A bevétel értéke még tovább növelhető a tényleges profitelérés érdekében, hiszen értéke a 3. fejezetben bemutatott profitrátával is kiegészítendő, és a működési költségek minimalizálása elősegíti az optimális működés kialakítását, ami biztosítja az ellátási láncfolyamatok folyamatos fejlődését.

Tehát a kapott eredmények validálják a modell hasznosságát, miszerint az just-in-sequence ellátási folyamat úgy van kialakítva, hogy a ship-to-sequence beszállítások révén képes a vállalatot gazdaságosan működtetni a profitszerzés reményében.

A modell felhasználásával optimalizálhatóvá válik a just-in-sequence beszállítás, hiszen szabályozhatóvá és irányíthatóvá válnak a folyamatok a későbbi heurisztikus optimalizálások kialakítása érdekében.

### 5.6.2. A pick-to-sequence beszállítások numerikus elemzése

A következő elemzés tárgya a pick-to-sequence modell, amely alapján megvizsgálom a beszállítási folyamatok működését. Jelen elemzés alapja az 5.3. alfejezetben bemutatott pick-to-sequence modellen alapuló fiktív vállalati működés és az első modellnél alkalmazott vizsgálati eljárás. Továbbá az 1. táblázatban már bemutatott törzsadatokat és az alkalmazott szűkítési elveket felhasználva valamennyi beszállítási stratégiánál jól alkalmazhatók az egyes változatok létrehozására és összehasonlítására. Tehát az átláthatóság érdekében mindhárom esetben azonos volumenű vizsgálati modellkörnyezet használata szükséges.



Jelen modell olyan célfüggvény komponensekkel rendelkezik, amelyek biztosítják és támogatják a szükséges termékek gyártását és beszállítását, ám ezeket a felhasználó előtt rendezik az igényelt sequence-ekbe. Ez azt fogja jelenteni, hogy a felhasználónál magasabb működési költség jelenhet meg. Ebben a modellben is három-három beszállító és felhasználó található meg. Az igényelt szerelősori alapanyagok 10féle termékből állnak, és 10 különböző sequence-ben jutnak el a felhasználó által igényelt szerelősori célállomásokra. A szabad verseny az egyenlő és a korrekt piaci helyzetet testesíti meg, ahol a résztvevők működése formálja és alakítja ki az egyes szintek közötti kapcsolatrendszert.

i.	j.	k.	t.	ÉRTÉKEK								
				Beszállító	Felhasználó	Termékek	Sequence-ek	$d_{ijkt}^{B,F}$ [db]	$d_{ijkt}^{B,B}$ [db]	$t_{ijkt}^{B,F}$ [nap]	$t_{ijkt}^{B,B}$ [nap]	$t_{ijkt}^{B,F}$ [nap]
1	1	1	1					29	20	3	22	0,83
1	1	1	2					27	26	7	22	0,42
1	1	1	3					33	31	9	2	0,92
1	1	1	4					26	48	19	19	0,25
1	1	1	5					19	31	19	5	0,58
1	1	1	6					8	34	13	26	0,46
1	1	1	7					37	2	2	2	0,71
1	1	1	8					25	0	14	22	0,67
1	1	1	9					12	26	14	12	0,92
1	1	1	10					42	45	16	21	0,50
.	.	.	.					.	.	.	.	.

8. táblázat Példa az *ijkt* szerinti értékek generálására [Saját szerkesztés]

Az 8. táblázat bemutatja, hogy az egyes beszállítók, felhasználók, termékek és sequence-ek függvényében hány hasonló egyedi *ijkt* szerinti értéksor hozható létre, amely leköveti a *j*. felhasználó változó igényeit és az *i*. beszállító gyártókapacitásának változását, valamint az ehhez szükséges átfutási időket. Az átfutási idők itt is napokban kerültek meghatározásra, 1 hónap távlatban.

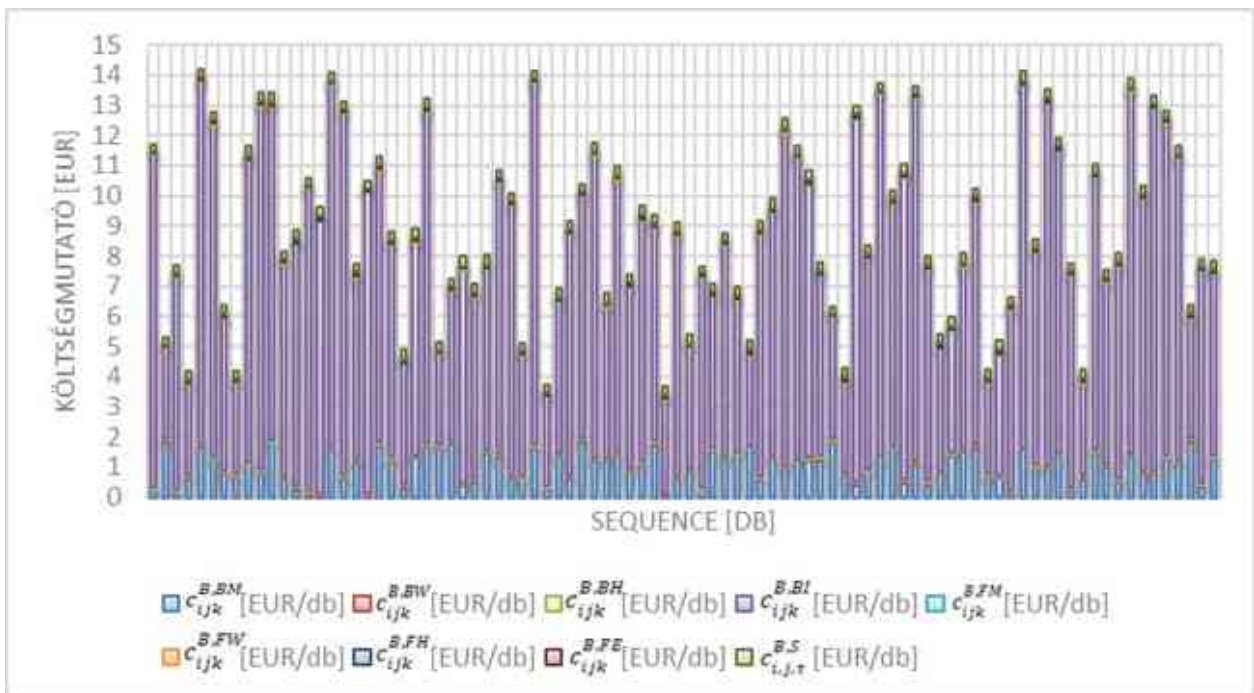
GENERÁLÁS									
$c_{ijk}^{B,BB}$ [EUR/db]	$c_{ijk}^{B,BV}$ [EUR/db]	$c_{ijk}^{B,BH}$ [EUR/db]	$c_{ijk}^{B,BI}$ [EUR/db]	$c_{ijk}^{B,FM}$ [EUR/db]	$c_{ijk}^{B,FW}$ [EUR/db]	$c_{ijk}^{B,FH}$ [EUR/db]	$c_{ijk}^{B,FE}$ [EUR/db]	$c_{i,j,t}^{B,S}$ [EUR/db]	$\mu_{i,j,t}^B$ [%]
0,22	0,03	0,09	11,00	0,00	0,05	0,05	0,02	0,25	11,00
1,81	0,08	0,06	3,00	0,00	0,03	0,06	0,02	0,27	82,00
0,13	0,06	0,08	7,00	0,00	0,08	0,05	0,05	0,26	76,00
0,59	0,08	0,06	3,00	0,00	0,05	0,08	0,05	0,26	10,00
1,67	0,08	0,06	12,00	0,00	0,03	0,06	0,03	0,26	85,00
1,23	0,03	0,06	11,00	0,00	0,08	0,06	0,05	0,24	26,00
0,80	0,05	0,06	5,00	0,00	0,05	0,08	0,05	0,29	28,00
0,66	0,05	0,09	3,00	0,00	0,06	0,08	0,02	0,25	30,00
1,03	0,03	0,06	10,00	0,00	0,08	0,08	0,03	0,33	12,00
0,81	0,05	0,08	12,00	0,00	0,08	0,05	0,05	0,31	43,00
.	.	.	.	0,00	.	.	.	.	.
1,00	0,05	0,05	6,00	0,00	0,08	0,08	0,05	0,26	51,00
0,47	0,08	0,09	7,00	0,00	0,03	0,08	0,03	0,30	91,00
1,33	0,06	0,06	12,00	0,00	0,08	0,05	0,02	0,27	23,00
0,73	0,05	0,08	9,00	0,00	0,08	0,09	0,02	0,30	75,00
0,81	0,03	0,05	12,00	0,00	0,03	0,09	0,03	0,30	24,00
1,27	0,03	0,08	11,00	0,00	0,08	0,09	0,03	0,26	87,00
1,13	0,05	0,09	10,00	0,00	0,03	0,05	0,02	0,29	56,00
1,83	0,06	0,05	4,00	0,00	0,03	0,05	0,03	0,33	7,00
0,33	0,08	0,09	7,00	0,00	0,03	0,09	0,02	0,26	4,00
1,23	0,05	0,09	6,00	0,00	0,08	0,06	0,05	0,30	69,00

9. táblázat Részlet a felmerülő költségek generálására [Saját szerkesztés]

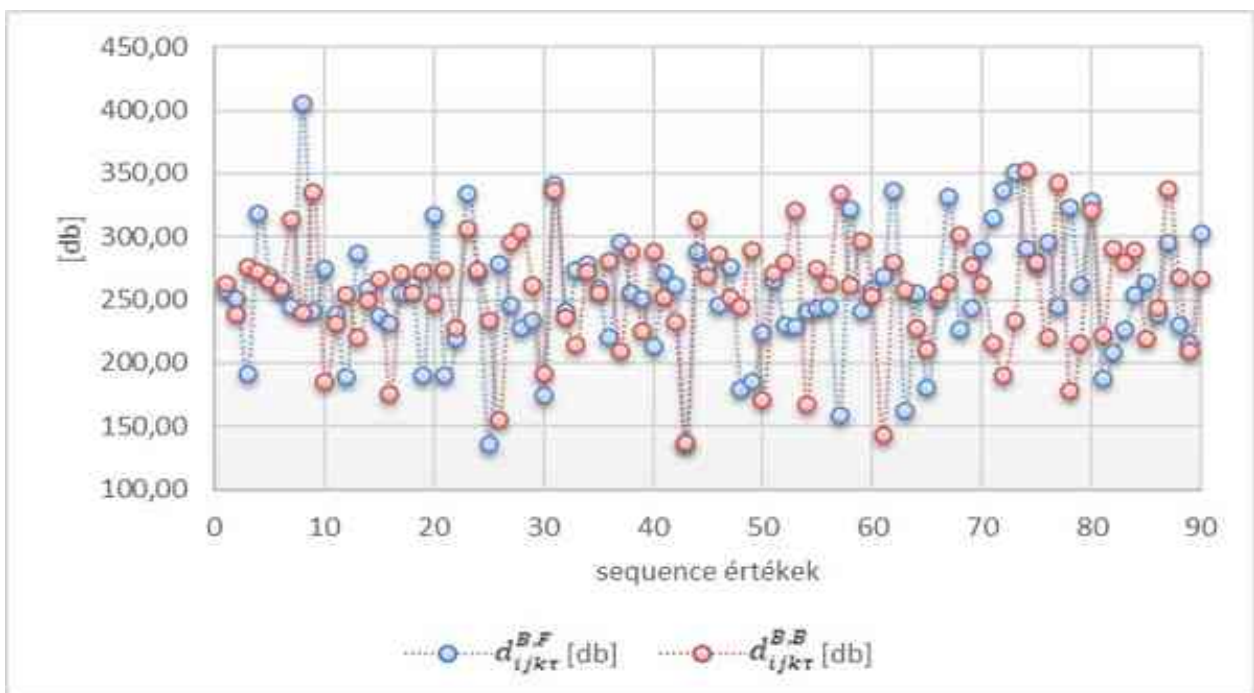
Ezután ugyancsak az *ijkt* szerinti értékek képzése történik, amelyeket a vonatkozó rendszerparaméterek véletlenszerű legenerálásával állíthatjuk elő. Ezzel párhuzamosan elő kell állítani az egyes *ijkt* értékekhez tartozó beszállítói és felhasználói költségeket, valamint a



beszállító-felhasználó relációjában felmerülő szállítási költségeket – a korábbi módszertan alkalmazásával (lásd 9. táblázat).



21. ábra Az  $ijkt$  szerinti beszállítói és felhasználói költségek [EUR/db] eloszlása [Saját szerkesztés]



22. ábra Az egyes sequence szerinti felhasználói igény és a gyártói kapacitás összehasonlítása [Saját szerkesztés]

A 21. ábra meggyőzően reprezentálja azt, hogy ebben a modellben hogyan rendelhetők az  $ijkt$  értékekhez dedikált költségek. Ezek ugyancsak eltérő pénzügyi terhet jelentenek az egyes sequence-ekben.

A 22. ábra mutatja be a diverz  $d_{ijkt}^{BF}$ -hez tartozó felhasználói igényeket és a  $d_{ijkt}^{BB}$ -hez rendelkezésre álló beszállítói gyártókapacitásait. A korábban már megismert modell és a (90) - (121), valamint (122) - (129) megfelelő összefüggéseit felhasználva meghatározhatóak az egyes rendszerelemek mutatói, azaz a beszállítások teljes költségei és időráfordításai.

A számítások alapjai a modellben ismertetett matematikai és logikai összefüggések jelentik, amelyek segítségével számszerűsíthetőek az egyes részfolyamatban megjelenő működési költségek. A működési költség tartalmazza az egyes anyagáramlási és logisztikai tevékenységek ellátását.

SEQUENCE ÉRTÉKEK					
SZUM $t$ szerint	$d_{ijk}^{B,F}$ [db]	$d_{ijk}^{B,B}$ [db]	$t_{ijk}^{B,F}$ [nap]	$t_{ijk}^{B,B}$ [nap]	$t_{ijk}^{B,F}$ [nap]
1 1 1	258,00	263,00	116,00	153,00	6,25
1 1 2	251,00	238,00	83,00	202,00	6,00
1 1 3	192,00	276,00	90,00	73,00	6,67
1 1 4	319,00	273,00	118,00	202,00	5,58
1 1 5	269,00	265,00	77,00	177,00	4,58
1 1 6	257,00	259,00	132,00	104,00	6,50
1 1 7	245,00	314,00	105,00	139,00	4,75
1 1 8	405,00	240,00	139,00	151,00	6,21
1 1 9	241,00	335,00	113,00	166,00	5,38
1 1 10	275,00	186,00	123,00	175,00	4,58

10. táblázat Az egyes sequence értékek összeadása – részlet [Saját szerkesztés]

Ezt követően a következő lépés az, hogy az egyes sequence-ek SZUM  $t$ . szerinti összegzését elvégezzem, ami itt is az  $ijk$  szerinti értékelésére alkalmas költségmutatószámot jeleníti meg. Ennek részeredményét a 10. táblázat mutatja be.

SEQUENCE ÉRTÉKEK					
SZUM $t$ szerint	$\sum K_R^{BM}$ [eEUR]	$K_R^{BW}$ [eEUR]	$K_R^{BH}$ [eEUR]	$K_R^{BI}$ [eEUR]	$K_R^{BS}$ [eEUR]
1 1 1	0,06	0,01	0,02	0,00	0,01
1 1 2	0,43	0,12	0,02	0,00	0,05
1 1 3	0,06	0,08	0,02	0,04	0,05
1 1 4	0,16	0,30	0,02	0,01	0,01
1 1 5	0,47	0,03	0,02	0,00	0,06
1 1 6	0,33	0,00	0,02	0,00	0,02
1 1 7	0,25	0,11	0,02	0,00	0,03
1 1 8	0,16	0,10	0,04	0,02	0,02
1 1 9	0,45	0,16	0,02	0,01	0,01
1 1 10	0,15	0,22	0,02	0,01	0,02
.	.	.	.	.	.
3 3 1	0,23	0,12	0,01	0,01	0,03
3 3 2	0,14	0,44	0,02	0,01	0,08
3 3 3	0,37	0,06	0,01	0,02	0,02
3 3 4	0,21	0,11	0,02	0,01	0,06
3 3 5	0,18	0,16	0,01	0,04	0,02
3 3 6	0,35	0,02	0,02	0,00	0,06
3 3 7	0,38	0,00	0,03	0,02	0,06
3 3 8	0,49	0,17	0,01	0,00	0,01
3 3 9	0,07	0,01	0,02	0,00	0,00
3 3 10	0,33	0,13	0,03	0,01	0,06

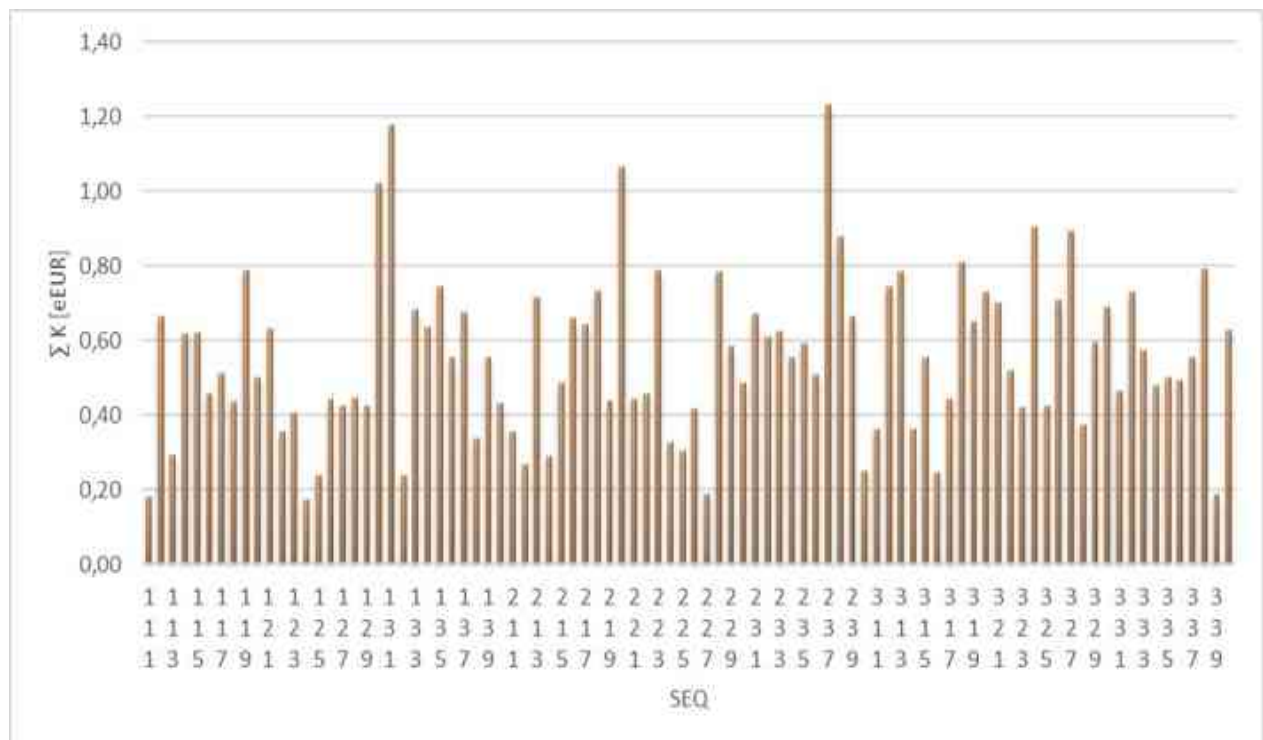
11. táblázat Részlet a sequence értékek összeadására I. [Saját szerkesztés]

Az *ijk* t szerinti sequence-ek költségei összesíthetők (lásd 11. és 12. táblázat), amely pontosan szemlélteti, hogy melyik félnek milyen anyagi felelőssége van az egyes költségek vonatkozásában. A jelentkező költségek számítása eEUR-ban került meghatározásra.

SEQUENCE ÉRTÉKEK							
SZUM t szerint	$K_R^{FS}$ [eEUR]	$K_R^{FM}$ [eEUR]	$K_R^{FV}$ [eEUR]	$K_R^{FW}$ [eEUR]	$K_R^{FE}$ [eEUR]	$K_R^{FH}$ [eEUR]	$K_R^S$ [eEUR]
1 1 1	0,06	0,00	0,16	0,01	0,00	0,01	0,07
1 1 2	0,01	0,00	0,60	0,01	0,00	0,02	0,06
1 1 3	0,02	0,00	0,38	0,02	0,01	0,01	0,07
1 1 4	0,06	0,00	0,48	0,01	0,01	0,02	0,07
1 1 5	0,01	0,00	0,58	0,01	0,01	0,02	0,07
1 1 6	0,05	0,00	0,41	0,02	0,01	0,02	0,06
1 1 7	0,07	0,00	0,60	0,01	0,01	0,02	0,09
1 1 8	0,04	0,00	0,22	0,03	0,01	0,03	0,06
1 1 9	0,10	0,00	1,03	0,02	0,01	0,02	0,11
1 1 10	0,03	0,00	0,31	0,02	0,01	0,01	0,06
.	.	.	.	.	.	.	.
3 3 1	0,03	0,00	0,50	0,01	0,01	0,01	0,06
3 3 2	0,01	0,00	0,98	0,01	0,01	0,02	0,09
3 3 3	0,06	0,00	0,67	0,02	0,00	0,01	0,08
3 3 4	0,02	0,00	0,49	0,02	0,00	0,02	0,09
3 3 5	0,05	0,00	0,38	0,01	0,01	0,02	0,07
3 3 6	0,01	0,00	0,46	0,02	0,01	0,02	0,06
3 3 7	0,04	0,00	0,60	0,01	0,00	0,01	0,10
3 3 8	0,08	0,00	0,89	0,01	0,01	0,01	0,09
3 3 9	0,05	0,00	0,15	0,01	0,00	0,02	0,05
3 3 10	0,03	0,00	0,50	0,02	0,01	0,02	0,08

12. táblázat Részlet a sequence értékek összeadására II. [Saját szerkesztés]

A 23. ábra szemlélteti az egyes sequence-ek rész költségeit, átlagosan 0,56 eEUR költséget jelentett. Ebből a legolcsóbb 0,17 eEUR-ba, a legdrágább 1,23 eEUR-ba került.

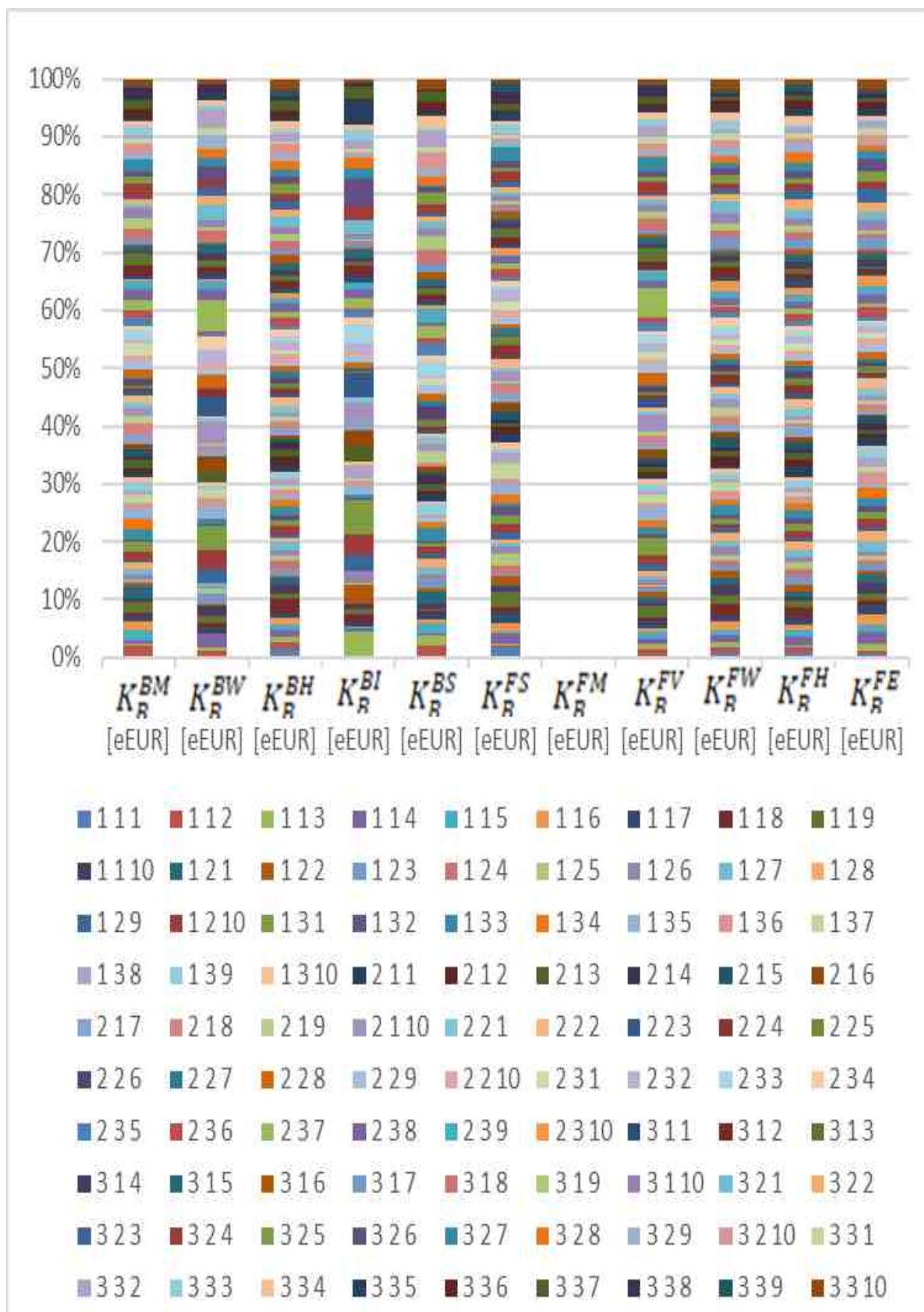


23. ábra Az egyes sequence költségek megoszlása. [Saját szerkesztés]

Ezen költségmutatók eloszlását és százalékos bontását ebben a modellben is megfigyelhetjük (lásd 24. ábra), amely jól ábrázolja az egyes sequence értékekből összetevődő költségmutatókat.

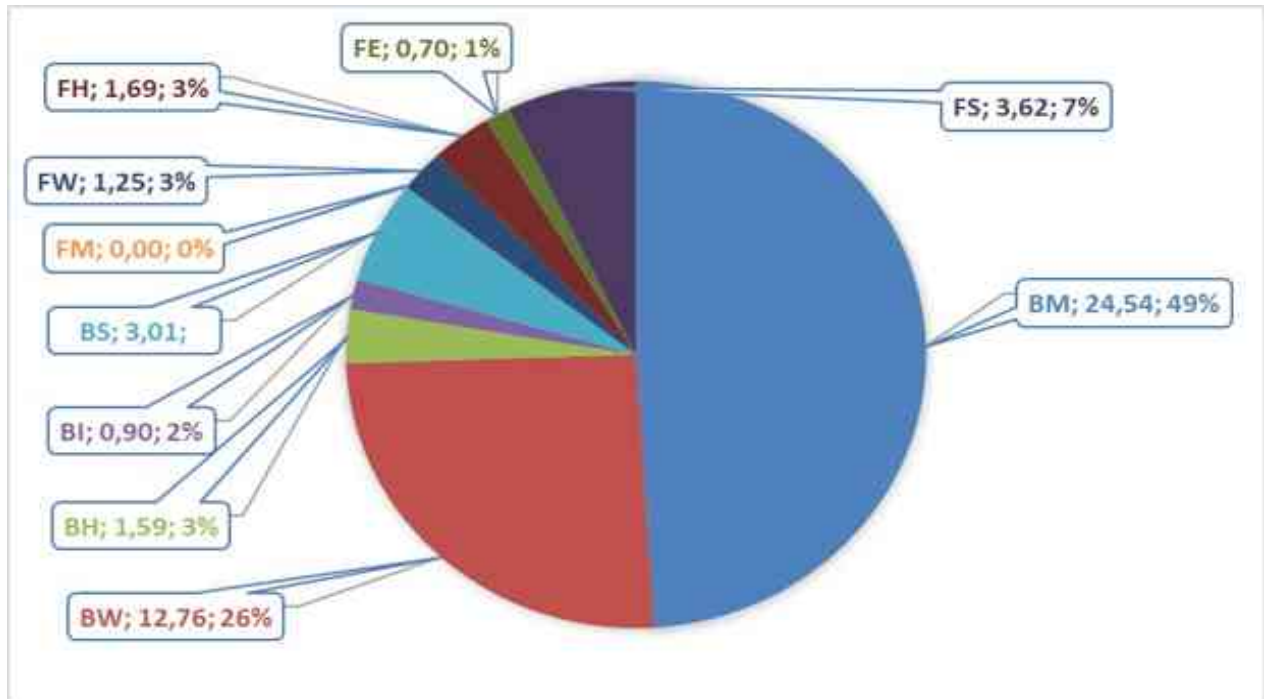


Ezek összesítése egyaránt megadja a rendszerre vonatkoztatott teljes működési költséget. Ebben a modellben nem merült fel gyártási költség a felhasználónál, így a 0%-kinti ábrázolás csupán demonstráló hatású.



24. ábra A pick-to-sequence számítások eredményei I. [Saját szerkesztés]

A fenti számítások eredményeinek figyelembevételével a pick-to-sequence beszállítás esetében a beszállítónál és a felhasználónál realizálódó költségek is meghatározhatók és értékelhetők. Ahogyan a 25. ábra is mutatja ezen költségek az egyes sequence-ek szerint az alábbi költségmutató értékekre és százalékokra bonthatók le:



25. ábra A pick-to-sequence számítások eredményei II. [Saját szerkesztés]

A számítások eredményei alapján megállapítható, hogy a ship-to-sequence beszállítási rendszer teljes költsége 50,06 eEUR, a tevékenységből származó bevétel pedig 50,49 eEUR. A 13. táblázat foglalja össze a rendszer teljes összköltségét és a felhasználótól érkező bevétel értékét:

SZÁMÍTÁSOK EREDMÉNYEI [eEUR]											
$K_R^{BM}$	$K_R^{BW}$	$K_R^{BH}$	$K_R^{BI}$	$K_R^{BS}$	$K_R^{FM}$	$K_R^{FW}$	$K_R^{FH}$	$K_R^{FE}$	$K_R^{FS}$	$\Sigma K$	$B_R^B$
24,54	12,76	1,59	0,90	3,01	0,00	1,25	1,69	0,70	3,62	<b>50,06</b>	50,49

13. táblázat A pick-to-sequence számítások eredményei III. [Saját szerkesztés]

Az eredmények validálják a modell hasznosságát, miszerint az just-in-sequence ellátási folyamat úgy van kialakítva, hogy a pick-to-sequence beszállítások révén is elérhető a vállalat gazdaságos működtetése.

Ám a modell felhasználásával jelen esetben is optimalizálhatóvá válik a just-in-sequence beszállítás, hiszen a folyamatok úgy alakítják ki, hogy figyelembe veszik a folyamatok továbbfejlesztési lehetőségét.

### 5.6.3. A build-to-sequence beszállítások numerikus elemzése

A harmadik elemzés tárgya a build-to-sequence modell, ennek vonatkozásában vizsgálom tovább a beszállítási folyamatok működését. Jelen elemzés alapja az 5.4. alfejezetben megismert build-to-sequence modellen alapuló fiktív vállalati működés és a már alkalmazott vizsgálati eljárás. Ebben az esetben is olyan törzsadatokra van szükség, amelyek lehetővé teszik az adott beszállítási stratégia modellváltozat kijelölését és összemérését.

Jelen modell hasonló, de mégis különböző célfüggvény komponensekkel rendelkezik, amelyek lehetővé teszik és támogatják a szükséges termékek gyártását és beszállítását.

Ebben a modellben a felhasználó készíti el a termeléséhez szükséges alkatrészeket, ám néhány esetben a beszállítónál helyez ki gyártást, így 1/3 arányban szállít be a közbenső raktárba, és ebből szolgálja ki az alacsony prioritású, olcsóbb alapanyagokat.



Ez a stratégia testesíti meg leginkább a just-in-sequence elvet, ahol saját gyártásban állítja elő és rendezi sequence-ekbe az igényelt gyártási alkatrészeket.

Az összehasonlítás érdekében a  $C$  modellben is három-három beszállító és felhasználó található, akik már a másik két modell szerint tevékenykedhetnek. Az igényelt szerelősori alapanyagok 10 db terméktípusból állnak és 10 különböző sequence-ben jutnak el a szerelősori célállomásokra.

i.	j.	k.	t.	ÉRTÉKEK								
				Beszállítók	Felhasználók	Termékek	Sequence-ek	$d_{ijkt}^{C,F}$ [db]	$d_{ijkt}^{C,B}$ [db]	$t_{ijkt}^{C,F}$ [nap]	$t_{ijkt}^{C,B}$ [nap]	$t_{ijkt}^{C,B}$ [nap]
1	1	1	1					19	2	8	23	0,50
1	1	1	2					20	11	11	13	0,13
1	1	1	3					15	2	8	13	0,25
1	1	1	4					25	8	20	4	0,50
1	1	1	5					26	13	20	30	0,21
1	1	1	6					6	49	19	17	0,83
1	1	1	7					48	8	14	19	0,54
1	1	1	8					40	15	10	3	0,08
1	1	1	9					9	32	11	10	0,67
1	1	1	10					12	46	10	5	0,38
.	.	.	.					.	.	.	.	.

14. táblázat Példa az  $ijkt$  szerinti értékek generálására [Saját szerkesztés]

GENERÁLÁS									
$c_{ijkt}^{C,BM}$ [EUR/db]	$c_{ijkt}^{C,BW}$ [EUR/db]	$c_{ijkt}^{C,BH}$ [EUR/db]	$c_{ijkt}^{C,BI}$ [EUR/db]	$c_{ijkt}^{C,FM}$ [EUR/db]	$c_{ijkt}^{C,FW}$ [EUR/db]	$c_{ijkt}^{C,FH}$ [EUR/db]	$c_{ijkt}^{C,FI}$ [EUR/db]	$c_{ijkt}^{C,FS}$ [EUR/db]	$\mu_{ijkt}^C$ [%]
0,52	0,02	0,03	2,67	1,84	0,05	0,08	7,00	0,31	41,00
0,44	0,02	0,03	2,33	0,17	0,08	0,08	12,00	0,28	88,00
0,03	0,01	0,03	1,00	1,72	0,03	0,08	7,00	0,30	23,00
0,61	0,01	0,03	2,00	1,88	0,08	0,09	10,00	0,30	68,00
0,33	0,01	0,02	3,00	0,13	0,05	0,06	4,00	0,25	21,00
0,36	0,02	0,02	4,00	0,77	0,06	0,06	4,00	0,33	86,00
0,35	0,01	0,03	3,00	0,50	0,05	0,09	11,00	0,29	57,00
0,03	0,02	0,02	4,00	0,63	0,05	0,06	8,00	0,28	3,00
0,45	0,03	0,03	3,67	0,78	0,05	0,09	11,00	0,26	5,00
0,23	0,02	0,02	1,00	0,11	0,08	0,09	12,00	0,27	74,00
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
0,14	0,02	0,02	2,00	1,86	0,06	0,08	3,00	0,30	42,00
0,51	0,02	0,02	1,33	0,05	0,08	0,06	11,00	0,25	45,00
0,45	0,03	0,03	1,67	1,05	0,03	0,06	12,00	0,28	31,00
0,01	0,02	0,02	3,67	1,73	0,05	0,09	4,00	0,26	91,00
0,17	0,01	0,01	3,00	1,39	0,06	0,06	7,00	0,29	25,00
0,26	0,02	0,02	3,00	0,14	0,06	0,09	5,00	0,32	63,00
0,26	0,02	0,02	2,00	1,36	0,06	0,05	4,00	0,28	22,00
0,50	0,03	0,03	1,33	1,81	0,08	0,06	4,00	0,25	54,00
0,60	0,03	0,03	1,00	1,09	0,06	0,08	3,00	0,27	67,00
0,33	0,03	0,03	3,33	0,59	0,03	0,05	12,00	0,32	98,00

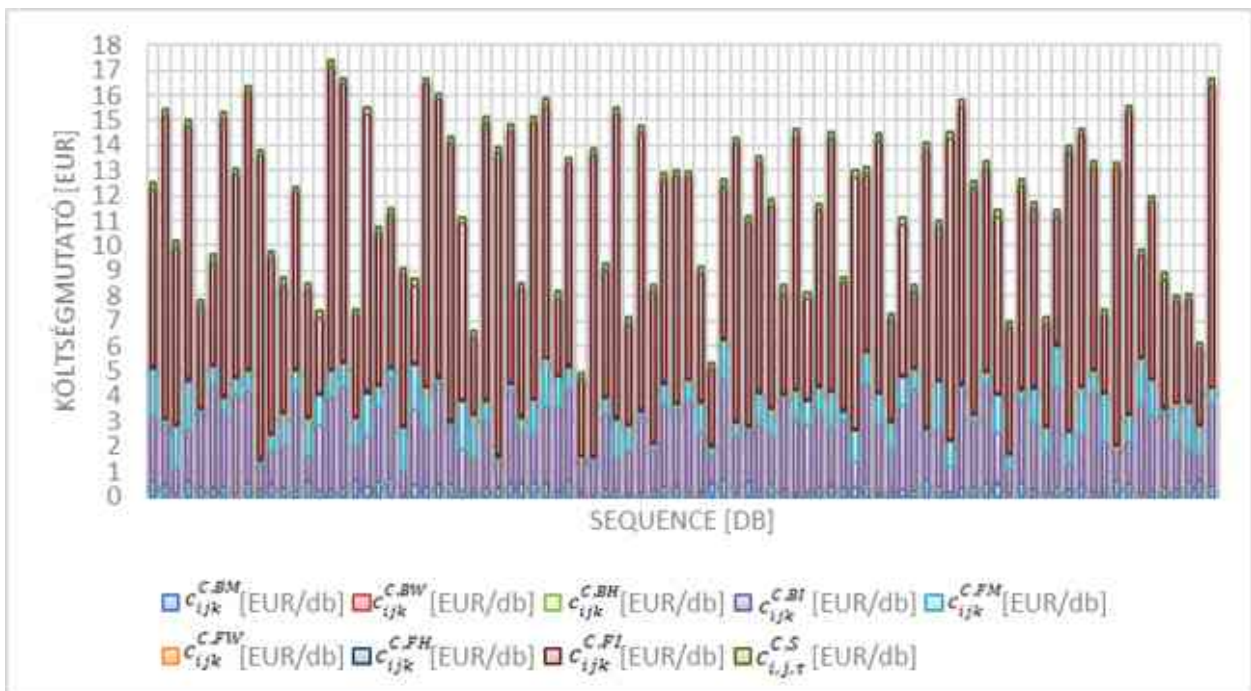
15. táblázat Részlet a felmerülő költségek generálására [Saját szerkesztés]

Az 14. táblázat bemutatja, hogy az egyes beszállítók, felhasználók, termékek és sequence-ek függvényében hány db  $ijkt$  szerinti értéksor határozható meg.

Az átfutási idők esetén maradtam a napok szerinti és 1 hónap időtartam távlatú meghatározásnál.

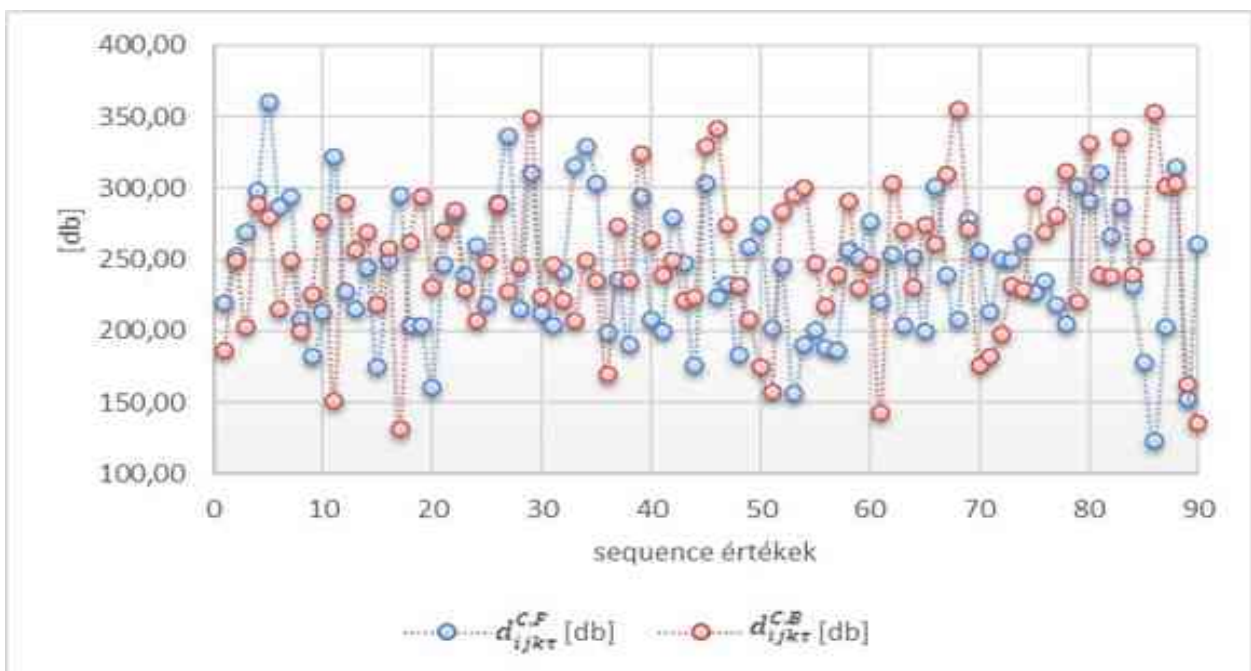


Ezután az  $ijkt$  szerinti értékek előállítása a másik két modell alapján került generálásra, mely előállítás részletét a 15. táblázat tartalmazza.



26. ábra Az  $ijkt$  szerinti beszállítói és felhasználói költségek [EUR/db] eloszlása [Saját szerkesztés]

A 26. ábra reprezentálja azt, hogy ebben a modellben hogyan rendelhetők az  $ijkt$  értékekhez dedikált költségek. Ezek ugyancsak eltérő pénzügyi terhet jelentenek az egyes sequence-ekben.



27. ábra Az egyes sequence szerinti felhasználói igény és a gyártói kapacitás összehasonlítása [Saját szerkesztés]

A 27. ábra mutatja be a diverz  $d_{ijk\tau}^{C,F}$ -hez tartozó felhasználói igényeket és a  $d_{ijk\tau}^{C,B}$ -hez rendelkezésre álló beszállítói gyártókapacitásokat. A korábban már megismert modell és a (135) - (150), valamint (151) - (157) megfelelő egyenleteit felhasználva itt is meghatározhatóak az egyes rendszerlemek mutatói, azaz a beszállítások teljes költsége és időráfordítása.

SEQUENCE ÉRTÉKEK					
SZUM <i>t</i> szerint	$d_{ijk}^{C,F}$ [db]	$d_{ijk}^{C,B}$ [db]	$t_{ijk}^{C,F}$ [nap]	$t_{ijk}^{C,B}$ [nap]	$t_{ijk}^{C,B}$ [nap]
1 1 1	220,00	186,00	131,00	137,00	4,08
1 1 2	253,00	250,00	115,00	188,00	4,96
1 1 3	269,00	203,00	96,00	186,00	7,13
1 1 4	298,00	289,00	85,00	100,00	4,13
1 1 5	361,00	280,00	97,00	97,00	5,92
1 1 6	287,00	215,00	72,00	163,00	5,50
1 1 7	294,00	250,00	140,00	180,00	5,58
1 1 8	208,00	200,00	110,00	144,00	5,42
1 1 9	182,00	226,00	125,00	148,00	5,75
1 1 10	213,00	277,00	91,00	136,00	5,08

16. táblázat Az egyes sequence értékek összeadása – részlet [Saját szerkesztés]

A következő lépés az, hogy az egyes sequence-ek SZUM *t* szerinti összegzéseit elvégezzem, amik a harmadik modell esetén is az *ijk* szerinti értékelésére alkalmas költségmutatószámok összesítéseit jelenti. A számolás eredményének a kivonatát a 16. táblázat mutatja be.

SEQUENCE ÉRTÉKEK					
SZUM <i>t</i> szerint	$\sum K_C^{BM}$ [eEUR]	$K_C^{BW}$ [eEUR]	$K_C^{BH}$ [eEUR]	$K_C^{BI}$ [eEUR]	$K_C^{BS}$ [eEUR]
1 1 1	0,10	0,00	0,01	0,00	0,02
1 1 2	0,13	0,00	0,01	0,00	0,06
1 1 3	0,01	0,06	0,01	0,00	0,01
1 1 4	0,18	0,00	0,01	0,00	0,06
1 1 5	0,10	0,00	0,01	0,01	0,01
1 1 6	0,10	0,14	0,01	0,01	0,06
1 1 7	0,11	0,02	0,01	0,00	0,04
1 1 8	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00
1 1 9	0,10	0,03	0,01	0,00	0,00
1 1 10	0,06	0,05	0,00	0,00	0,05
.	.	.	.	.	.
3 3 1	0,03	0,21	0,00	0,01	0,03
3 3 2	0,13	0,04	0,01	0,00	0,03
3 3 3	0,17	0,05	0,01	0,00	0,03
3 3 4	0,00	0,01	0,01	0,00	0,06
3 3 5	0,04	0,09	0,00	0,01	0,02
3 3 6	0,09	0,29	0,00	0,01	0,07
3 3 7	0,08	0,03	0,01	0,00	0,02
3 3 8	0,15	0,02	0,01	0,00	0,04
3 3 9	0,10	0,03	0,00	0,00	0,03
3 3 10	0,04	0,19	0,00	0,01	0,04

17. táblázat Részlet a sequence értékek összeadásából I. [Saját szerkesztés]

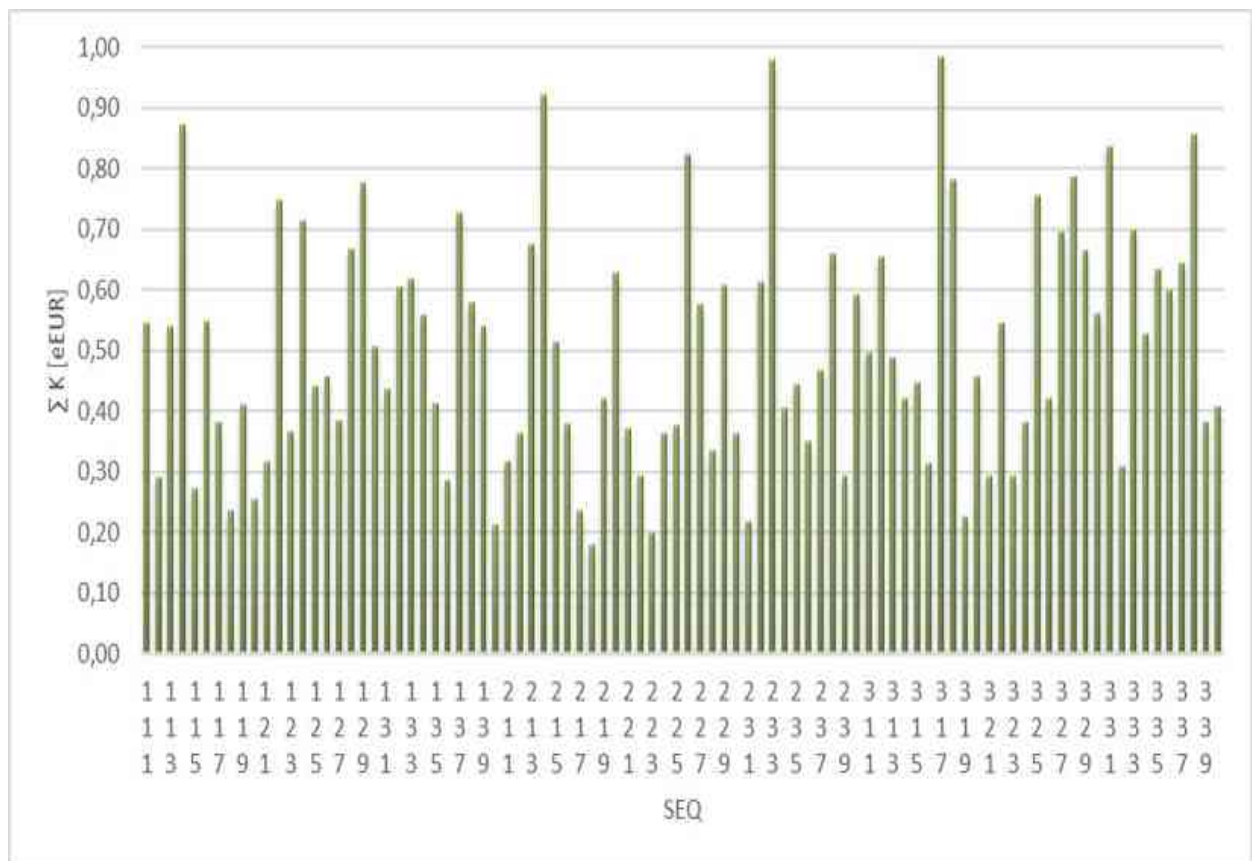
Az *ijk* *t* szerinti sequence-ek költségei összesíthetők a harmadik esetben is (lásd 17. és 18. táblázat), hiszen megmutatja, milyen gazdasági felelőssége van az egyes költségmutatók vonatkozásában.

Ebben a modellben is pontosan meghatározható, hogy egy-egy tevékenység milyen költséget jelent a vállalat működésében, ami biztosítja a felmerülő ellátási feladatok elvégzését és a termékek igényelt sequence-ben történő kiszolgáltatását.

SEQUENCE ÉRTÉKEK							
SZUM t szerint	$K_c^{FS}$ [eEUR]	$K_c^{FM}$ [eEUR]	$K_c^{FV}$ [eEUR]	$K_c^{FW}$ [eEUR]	$K_c^{FH}$ [eEUR]	$K_c^{FI}$ [eEUR]	$K_c^S$ [eEUR]
1 1 1	0,03	0,34	0,14	0,01	0,02	0,01	0,06
1 1 2	0,01	0,04	0,21	0,02	0,02	0,00	0,07
1 1 3	0,05	0,35	0,11	0,01	0,02	0,02	0,06
1 1 4	0,03	0,54	0,27	0,02	0,03	0,00	0,09
1 1 5	0,05	0,04	0,14	0,02	0,02	0,01	0,07
1 1 6	0,01	0,16	0,25	0,02	0,02	0,01	0,07
1 1 7	0,03	0,13	0,18	0,01	0,03	0,00	0,07
1 1 8	0,05	0,13	0,09	0,01	0,01	0,00	0,06
1 1 9	0,06	0,18	0,25	0,01	0,02	0,01	0,06
1 1 10	0,02	0,03	0,24	0,02	0,02	0,00	0,07
.	.	.	.	.	.	.	.
3 3 1	0,04	0,44	0,25	0,02	0,02	0,02	0,07
3 3 2	0,03	0,01	0,22	0,02	0,02	0,02	0,06
3 3 3	0,06	0,35	0,37	0,01	0,02	0,00	0,09
3 3 4	0,01	0,41	0,08	0,01	0,02	0,00	0,06
3 3 5	0,06	0,36	0,32	0,01	0,01	0,03	0,07
3 3 6	0,04	0,05	1,47	0,01	0,01	0,02	0,11
3 3 7	0,07	0,41	0,30	0,01	0,01	0,01	0,08
3 3 8	0,03	0,55	0,25	0,02	0,02	0,00	0,08
3 3 9	0,01	0,18	0,19	0,01	0,01	0,00	0,04
3 3 10	0,00	0,08	0,15	0,01	0,02	0,02	0,04

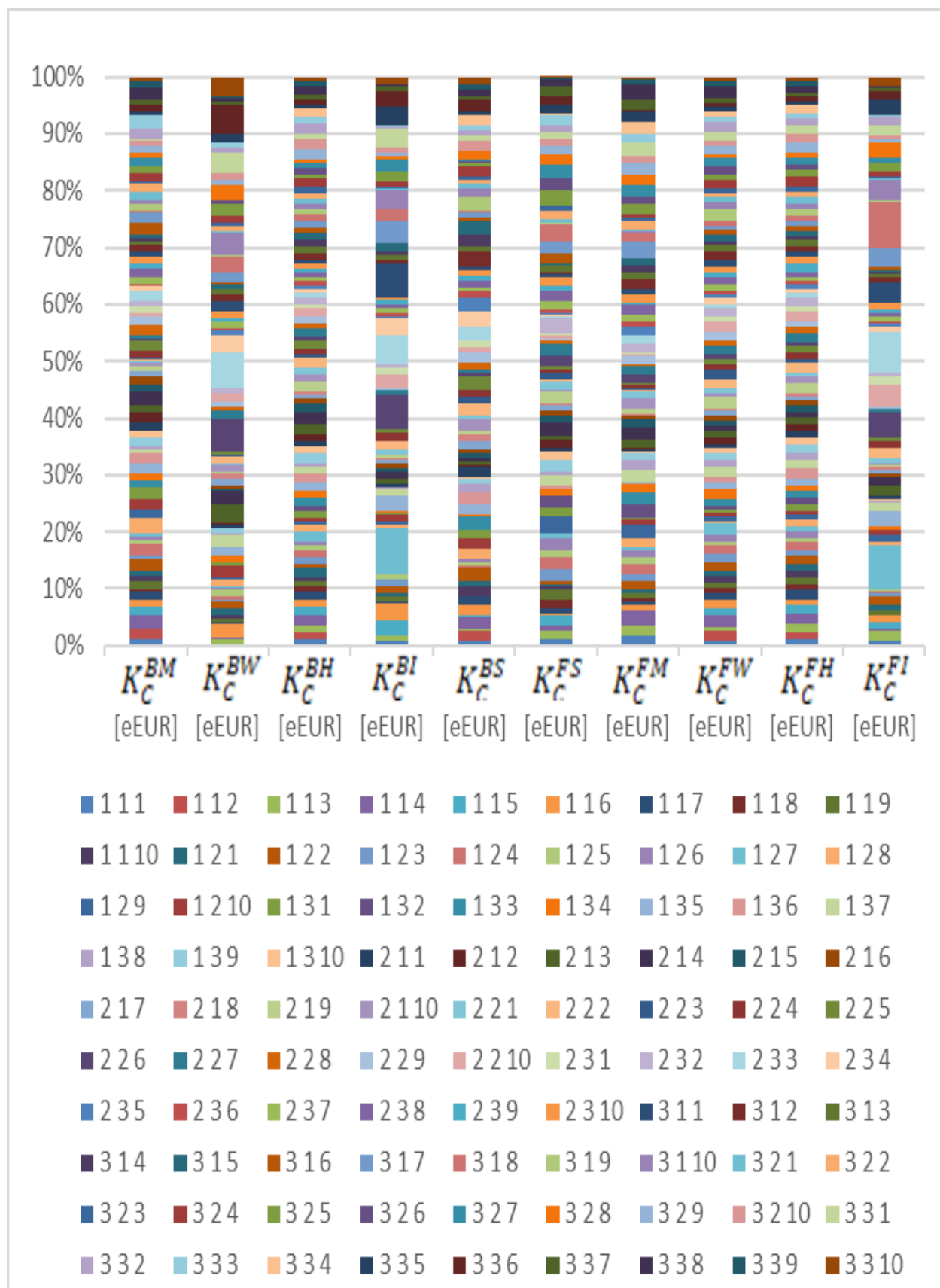
18. táblázat Részlet a sequence értékek összeadásából II. [Saját szerkesztés]

A 28. ábra szemlélteti az egyes sequence-ek rész költségeit, ez átlagosan 0,50 eEUR költséget jelentett. Ebből a legolcsóbb 0,18 eEUR-ba, a legdrágább 0,99 eEUR-ba került.



28. ábra Az egyes sequence költségei megoszlása. [Saját szerkesztés]

Ebben a modellben is szemléletesen ábrázolható az egyes költségmutatók eloszlása és százalékos bontása (lásd 29. ábra).

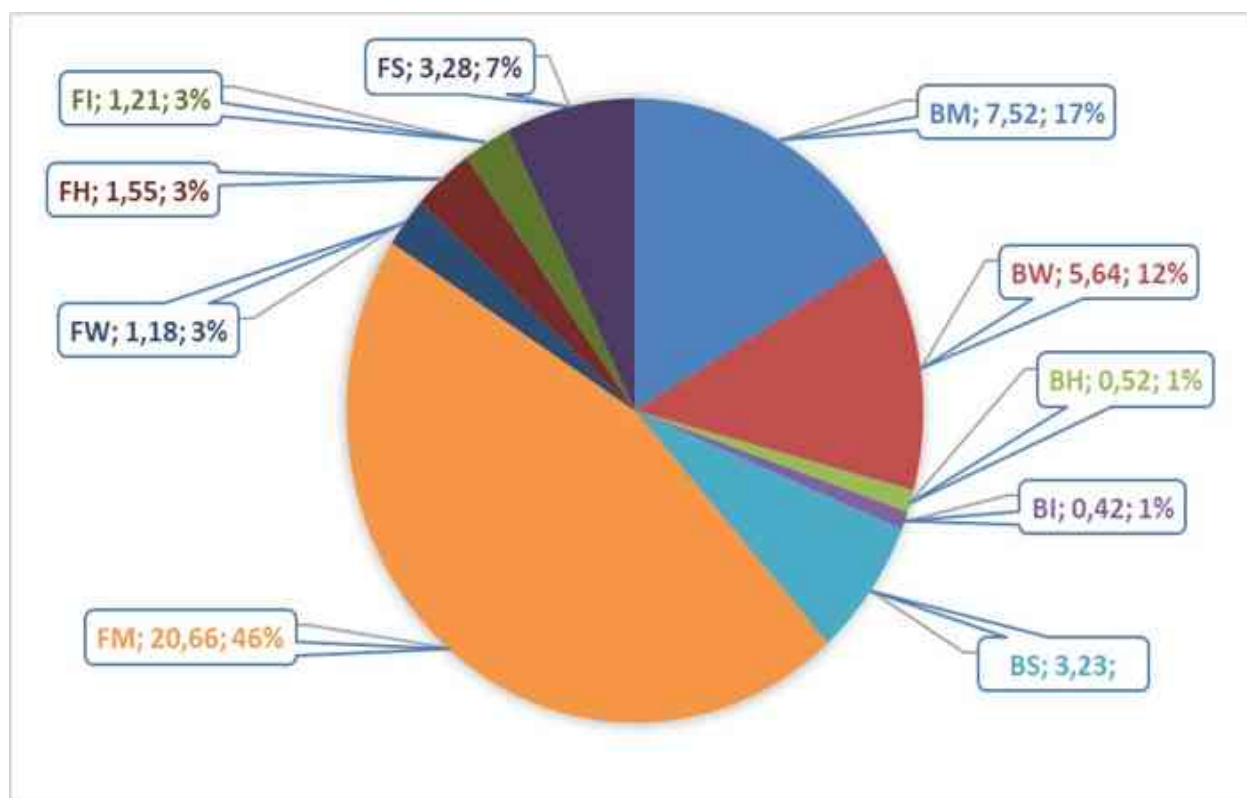


29. ábra A build-to-sequence számítások eredményei I. [Saját szerkesztés]

A fenti számítások eredményeinek figyelembevételével a build-to-sequence beszállítás esetében a beszállítónál és a felhasználónál realizálódó költségek is meghatározhatók és



értékelhetők. Ahogyan a 30. ábra is bemutatja, ezen modell költsége az egyes sequence-ek szerint az alábbi költségmutató értékekre és százalékokra bonthatók le:



30. ábra A build-to-sequence számítások eredményei II. [Saját szerkesztés]

A számítások eredményei alapján megállapítható, hogy a ship-to-sequence beszállítási rendszer teljes költsége 45,22 eEUR, tevékenységéből származó bevétel pedig 74,46 eEUR. A 19. táblázat foglalja össze a rendszer teljes összköltségét és a felhasználtól érkező bevétel értékét:

SZÁMÍTÁSOK EREDMÉNYEI [eEUR]											
$K_C^{BM}$	$K_C^{BW}$	$K_C^{BH}$	$K_C^{BI}$	$K_C^{BS}$	$K_C^{FM}$	$K_C^{FW}$	$K_C^{FH}$	$K_C^{FI}$	$K_C^{FS}$	$\Sigma K$	$B_C^{FB}$
7,52	5,64	0,52	0,42	3,23	20,66	1,18	1,55	1,21	3,28	45,22	74,46

19. táblázat build-to-sequence számítások eredményei III. [Saját szerkesztés]

Az eredmények validálják a modell hasznosságát, miszerint a just-in-sequence ellátási folyamat úgy van kialakítva, hogy a build-to-sequence beszállítások révén is elérhető a vállalat gazdaságos működtetése. A harmadik esetben is lehetséges a just-in-sequence beszállítás optimalizálása, hiszen a folyamatok úgy kerülhetnek kialakításra, hogy figyelembe veszik a folyamatok fejlesztési lehetőségét.

KÖLTSÉGSZÁMÍTÁSOK EREDMÉNYEINEK ÖSSZEHOSONLÍTÁSA [eEUR]					
Beszállítási stratégia	Beszállító	%	Felhasználó	%	Összesen
Ship to sequence	45,18	88%	6,08	12%	51,27
Pick to sequence	42,79	85%	7,27	15%	50,06
Build to sequence	17,34	38%	27,88	62%	45,22

20. táblázat A költség számítások eredményeinek összehasonlítása I. [Saját szerkesztés]

A 20. táblázat foglalja össze a beszállítási stratégiák költségeit, a kidolgozott modellek alapján az egyes számítások eredményei összehasonlíthatók és értékelhetők.

A build-to-sequence stratégiák esetén 45,22 eEUR összértékben volt a legkisebb működési költség. Tehát a saját termégyártásból származó költségek kedvezőbbek a szerelősori sequence igények kiszolgálására.





31. ábra A költségszámítások eredményeinek összehasonlítása II. [Saját szerkesztés]

A 31. ábra szemlélteti a költségek értékeinek megoszlását, ami jól mutatja a beszállító és felhasználó relációjában viselt költségek alakulását.

BEVÉTELSZÁMÍTÁSOK EREDMÉNYEINEK ÖSSZEHASONLÍTÁSA [eEUR]				
Beszállítási stratégia	Kiadás	Bevétel	Megtakarítás	%
Ship to sequence	51,27	53,91	2,64	5%
Pick to sequence	50,06	50,49	0,43	1%
Build to sequence	45,22	74,46	29,24	65%

21. táblázat A bevételszámítások eredményeinek összehasonlítása I. [Saját szerkesztés]

A 21. táblázat pedig a beszállítási stratégiák bevételeit írja le, hiszen az egyes beszállítási stratégia választásánál megadja, hogy az igényelt termékek szerelősori teljesítésével milyen mértékű megtakarítások érhetőek el.

A bevételszámítások eredményeinek ismeretében (lásd 12.3. melléklet) megállapítható, hogy a modellek alkalmazásának eredményessége okán úgy tudjuk folyamatainkat működtetni, hogy azzal egy időben szolgáljuk ki a vevői igényeket, és növeljük a vállalat gazdasági eredményességét.

Az elemzések eredményeinek ismeretében meghatározható, hogy melyik just-in-sequence beszállítási stratégia alkalmazása előnyösebb az ellátási lánc hatékony és gazdaságos működésének szempontjából. Ez esetben kitűnik, hogy a C stratégia, azaz a build-to-sequence beszállítás 29,24 eEUR költségű megtakarítást és 65%-os nyereséget eredményezett.

### III. TÉZIS

**Kidolgoztam egy olyan jellegzetes just-in-sequence matematikai modellrendszert mindhárom alapstratégiára, amelynek segítségével a just-in-sequence beszállítás optimális rendszerparaméterei meghatározhatóak determinisztikus és sztochasztikus környezetben. A numerikus elemzések segítségével feltártam a just-in-time és just-in-sequence beszállítások mutatószámainak értékelését és azok összehasonlítását, mindezek révén megállapítottam, hol előnyösebb a just-in-sequence beszállítás modelljének alkalmazása.**

**Definiáltam a just-in-sequence ellátási rendszerek problémáját, ennek kapcsán megállapítottam, hogy új heurisztikus, metaheurisztikus módszerek kidolgozása és alkalmazása szükséges NP-hard feladatok problémamegoldására.**

A tézis állítását alátámasztó saját publikációk és előadások: [S6], [S7], [S9].

## 6. A JUST-IN-SEQUENCE ELLÁTÁSI LÁNCOK ALKALMAZÁSI ÉS OPTIMALIZÁLÁSI LEHETŐSÉGEI

A fejezet célkitűzése az, hogy egy olyan döntéstámogató modellt dolgozzak ki, ami alkalmas az ellátási láncok készletezési tevékenysége hatékonyságának mérésére, célzottan a gyártástechnológiai folyamatokban.

Az ABC-XYZ módszerek modellszintű felhasználásával meghatározható a termékek fontossága, vagyis egyfajta stratégiai értékelést jelenthet a vállalat beszerzési folyamataiban, különösen a készletgazdálkodási alrendszerekben.

A kidolgozandó mátrixmodell a just-in-sequence stratégia előnyös alkalmazási lehetőségét hordozza magában, ami túlmutat a hagyományos készletgazdálkodási stratégiákon. Ezzel olyan újszerű megközelítést kínál fel, amely hozzájárul a vállalati folyamatok fenntartható működtetéséhez, valamint a fölösleges pazarlásokból adódó veszteségek elkerüléséhez.

### 6.1. A gyártási és szolgáltatási folyamatok szintjei és összetevői

A negyedik ipari forradalom hatására jelentkező logisztikai feladatok teljesítésére just-in-sequence beszállítói rendszerek alakultak ki, melyek követik a hagyományos just-in-time elveket. Ezek jellemzően a mechatronikai és autóiipari termelő tevékenységű vállalatok körében figyelhetők meg.

A folyamatosan növekvő vásárlói igényekkel (Customer demands) párhuzamosan növekednek a logisztikai feladatok minőségi és mennyiségi elvárása. Ehhez olyan komplex követelményrendszert állíthatunk fel, ami felelős a kívánt termékek megfelelő időben és helyen történő beszerzéséért: pl. az alapanyagok, a segédanyagok, a szerelvények és egyéb speciális alkatrészek tekintetében. A megjelenő vevői igények kezelésére új technológiai, szervezési és beszállítói rendszerek létrehozása és alkalmazása szükséges – kiemelten a JIT-JIS termelési és beszállítói rendszerekben. Nevezetesen ezek olyan dedikált, tervezett rendszerparamétereken, valamint értékelő szempontrendszeren alapszanak, amelyek a vállalat fenntartható működését célzó költségcsökkentési, hatékonyság-növelési, vagy éppen az egyenletes kapacitás-kihasználás tervezési kérdéseit fogja össze, különösen az ellátási lánc gyártási és szolgáltatási folyamataiban érdekelt belső és külső résztvevői között.

Az ellátási láncok folyamatainak intenzifikálása, vagy esetleges újragondolása a szűk keresztmetszetek beazonosításával, majd ezek feloldásával javítható és átszervezhető. Tehát ezen folyamatok optimális kialakítása elengedhetetlen a vállalatok gazdaságos és fenntartható működtetésében, fontos szerepet tölt be a gyártási-logisztikai folyamatok tervezésében és irányításában. Jelen gazdasági helyzetben jelentkező bizonytalan eseményekre reagálás is kulcsfontosságú szerepet tölt be a vállalatok mindennapi kihívásaiban, hiszen hatással van a globális gazdasági eredményekre (mint például a GDP, a bruttó hazai termék) formálásában.

A napjainkat befolyásoló körülmények ismeretében feltehetjük a kérdést: melyik vállalat képes K+F (kutatás+fejlesztés) tevékenységbe fektetni? Hogyan tudja fejleszteni az ellátási lánc tervezési és ellenőrzési megoldásait a termelési és szolgáltatási folyamataiban?

Az említett folyamatok magukban foglalnak több logisztikai funkcionális szintet is, ezek között kapcsolat van, egymással üzleti viszonyban állnak. Ezek az integrált rendszerek (interconnected systems) általában a hagyományos gyártási és szolgáltatási folyamatlépéseket követik, amelyek már ismeretesek.

A gyártási folyamatok zavartalan ellátása az alábbi operatív logisztikai területek alrendszerait határozza meg:

- a beszerzés,
- a gyártás,
- a vevők,
- és az inverz folyamatok.

Az alkalmazott kutatás potenciálja az, hogy az ellátási lánc hálózatba rendeződött képviselőinek vizsgálatát célozza meg, akik az egyes ellátási szintek között függőségi kapcsolatot alakítanak ki.



A fentiek alapján megállapítom, hogy ezen vállalati kooperáció fenntartható működése érdekében újszerű ellátási koncepció kidolgozása szükséges – túl a hagyományos just-in-time megoldásokon.

## 6.2. A just-in-sequence alapú ellátásban rejlő kihívások definiálása

Ahogy már az irodalomkutatás során is említettem, a lehetőségek a just-in-sequence alapú ellátás kihívásainak azonosításában és ezek megoldásaiban rejlik.

A gyártó és a szolgáltató vállalatok arra összpontosítanak, hogy versenyképesek maradjanak saját iparágukban, különösen az autóiipar és a mechatronikai összeszerelési folyamatok piacán.

Az ellátási folyamatok főbb kihívásai: az említett területek támogatása, a bizonytalanságok kezelése, valamint a vállalatok döntéshozatali viselkedési mechanizmusának leírása, illetve ezek együttes fejlesztési lehetőségei. A 2.1.7.2. alfejezet alapján a just-in-time és just-in-sequence kihívások a megoldások különböző aspektusait határozzák meg. Az alábbiak szerint definiálom ezeket:

- a logisztikai problémák megoldását célzó működési koncepciók kidolgozása,
- az ellátási láncsal szemben támasztott különböző vásárlói igények eljárásainak kezelése,
- az iparpolitika megváltoztatása az áruk és a szolgáltatások hatékony kialakítására. Valójában ez a JIT/JIS stratégiák előnyös alkalmazása. Hatással van
- a gyártási és logisztikai folyamatok újjászervezésére,
- a rendelkezésre álló kapacitások egyenletes ütemezésére, valamint
- az ellátási lánc menedzsment (SCM) hatékonyságának növelésére is.

A célfüggvény a működési költségek minimalizálása a teljes ellátási lánc anyagáramlásai között. A szakirodalom szerint a piaci igények kielégítéséért folytatott gazdasági verseny egyre fokozódik, hiszen ezt úgy kell a vállalatoknak elérni, hogy folyamataikat a legkisebb költségráfordítással oldják meg a profit-realizálás érdekében.

Jelen kutatás az üzemen belüli rendszerek költségeinek minimalizálására korlátozódik, hiszen a vevői igényekre adott válaszok fejlesztésével és az üzemen belüli átfutási idők csökkentésével jelentős megtakarítás érhető el. A megújuló ellátási láncok a globális ellátási láncokhoz hasonlóan olyan korszerű és új ellátási lánc stratégiákat igényel, melyek képesek támogatni az egyes ágazatok közötti jobb megértést, együttműködést.

Ez két különböző területen figyelhető meg:

- Az első a gyártó vállalatok köre, különösen az autóiipar területén.
- A második a végtermék kiszállítási szolgáltatásokra irányul, beleértve a „best-practice” gyakorlatokat és a versenyképesség fokozását célzó innovatív logisztikai megoldásokat is.

Tehát az autóiipar és a mechatronikai összeszerelési folyamatok egyik legfontosabb kihívása az Ipar 4.0 megoldások bevezetése a just-in-sequence ellátási lánc fejlesztéseken keresztül. A technológiai és logisztikai erőforrások ütemezése a logisztikai piac egyik fő fókuszpontjává vált, különösen a just-in-sequence ellátási lánc területén.

A gyártó, illetve a külső logisztikai szolgáltató (3PL) vállalatok multi-sequence hálózatként (multi-sequenced network) szerveződnek, hiszen az ellátási lánc folyamatainak egyre összetettebb működési környezetét hozzák létre. Ezek különösen a gyártási alrendszerekben figyelhetők meg, hiszen a folyamatok zökkenőmentes működését célozzák meg [I29].

Tehát a koncepciók segítenek az ellátási lánc gyártási folyamatainak megújításában és a szolgáltatási folyamatok ellenőrzésében. A főbb tervezési szempontok a következők:

- a hagyományos ellátási lánc folyamatainak fejlesztése,
- a modern és az innovatív módszerek adaptálása a gyártási és kiszállítási folyamatok megújításában és a közbenső áruk biztosításában [I33],
- a szolgáltatások minőségének emelése,
- a kibocsátások csökkentése,
- az igényelt sequence-ek kialakítása, sorrendi és időbeli ütemezése,
- a végfelhasználói kiszállítások szervezése.



### 6.3. A just-in-sequence alapú beszerzési portfólió döntéstámogató modellezése a gyártási hatékonyság növelésére

A folyamatok sokszínűségére való tekintettel jelen kutatás a beszerzési logisztika készletezési tevékenységének fejlesztési folyamatait célozza meg, beleértve a kapcsolódó logisztikai műveletek és egyéb szolgáltatások körét is.

A végtermékek gyártási alapanyagainak beszállításához elengedhetetlen az optimális beszerzési stratégia megválasztása, különösen a just-in-sequence ellátásban igényelt sequence-ek tekintetében. A beszerzési portfólió tervezése az ABC-XYZ elemzés módszertani alkalmazásával történik.

Az optimális beszerzési portfólió definiálása szükséges a just-in-sequence ellátási lánc fejlesztésének érdekében, amelynek főbb kutatási alterületeit a következőképpen definiálom:

- a készletek és anyagok szintjeinek minimalizálása,
- a készletgazdálkodási tevékenységek hatékonyságának növelése,
- a döntéshozatali folyamatok problémáinak megoldása,
- az anyagáramlás hatékonyságának javítása, valamint
- a naturális és költségalapú célfüggvények szerinti értékelése.

Az ABC-elemzés az egyik legfontosabb eszköze a készletek optimális kialakításának, ahol a termékklaszter mennyiségeit vesszük figyelembe. Az ABC-elemzés jó eredményeket adhat alacsony bizonytalanságok esetén.

Ahogy a 32. ábra is jól szemlélteti, a beszerzések lebonyolítása nem egyszerű feladat, hiszen az egyes klasztervásárlások bizonytalanságának mértékét figyelembe kell venni. Ez a szempont egy új dimenzióval egészíti ki az elemzést, ami egy olyan újszerű ABC-XYZ-elemzést hoz létre, ami már nem csak a termékklaszterek mennyiségére, hanem azok bizonytalanságaira is kiterjed.



32. ábra Az ABC-XYZ mátrix struktúrája [Saját szerkesztés]

A készletek hatékonysága matematikai és heurisztikus módszerekkel vizsgálható. A hagyományos, a konszignációs, a JIT, és a JIS ellátási stratégiák értékeléséhez és összehasonlításához a következő költségeket határozom meg:

- a gyártási költségek,

- a raktározási költségek,
- a rendelési költségek,
- a szállítási költségek,
- az inverz költségek, valamint
- a természetes költségek.

A 22. táblázatban összefoglalom az ellátási rendszer költségeit:

- A természetes célfüggvények tartalmazzák a természeti erőforrások beszerzési és utánpótlási folyamatainak összes költségét.
- A költség alapú célfüggvények az ellátási lánc készletezési tevékenységeiben hozzárendelhetők a bemutatott logisztikai műveletekhez, a kiegészítő és egyéb szolgáltatás alapú költségekhez.

Költségek	Hagyományos	Konszignációs	JIT	JIS
<b>Gyártási költségek:</b> Szerelési költségek	★★★	★★★	★★★★	★★★★★
Alkatrészek beszállítása a raktárba. Előkészítés a gyártáshoz (szupermarket). Kiszolgáló szerelő – a kiválasztott készletezési stratégiák alapján. Gyártás. Kimenő raktározás.				
<b>Raktározási költségek</b>	★★★	★★★★★	★★★	★★★★★
Infrastrukturális. HR. Anyagkezelés. Fizikai leltárköltségek. Értékkészlet leltárköltségek.				
<b>Rendelési költségek</b>	★★	★★★	★★★★	★★★★★
External. Internal.				
<b>Szállítási költségek</b>	★★★	★★★	★★★★	★★★★★
Gyártás. Ellátási lánc.				
Költségek	Hagyományos	Konszignációs	JIT	JIS
<b>Inverz költségek</b>	★★★	★★★★	★★★	★★★★★
Csere tevékenységek. Sikertelenségből adódó következmények.				
<b>Naturális erőforrások költségei: A kimerülés költségei az egyes termékek költségeibe beépülnek.</b>	★★	★★	★★★★	★★★★★
Környezeti attitűdök. Éghajlatváltozás. Nemesgázok lerakódása. Földhasználat. Degradáció.				

22. táblázat Az ellátási stratégiák értékelésének költségei: ★ – legalacsonyabb költség, ★★★★★ – legmagasabb költség [Saját szerkesztés]

A készletgazdálkodási problémák célfüggvényei ez esetben is, ahogyan a (76) összefüggés egyike is mutatja, hogy az ellátási lánc teljes költségeinek minimalizálását írják le: a gyártási, a raktározási, a megrendelési, a szállítási, az utánpótlási és a természetes költségek vonatkozásában:

$$K = K_{gyárt} + K_{rakt} + K_{megrend} + K_{száll} + K_{utánp} + K_{nat} \rightarrow \min, \text{ ahol} \quad (169)$$

- $K_{gyárt}$  a gyártási költségek [EUR],
- $K_{rakt}$  a raktározási költségek [EUR],
- $K_{megrend}$  a megrendelési költségek [EUR],
- $K_{száll}$  a szállítási költségek [EUR],
- $K_{utánp}$  az utánpótlási költségek [EUR],
- $K_{nat}$  a természetes költségek [EUR].

Az ABC-XYZ osztályozás segítségével a különböző fontosságú termékek elkülöníthetők. A 23. táblázat bemutatja azt a mátrixmodell megközelítést, amely a készletezési stratégiákat (JIS, JIT, konszignációs, hagyományos) kilenc különböző osztályba (AX, ..., CZ) sorolja be a terméktevékenységek és változók mentén.





ABC-XYZ Osztályozás	A	B	C
X	JIS		Hagyományos
Y	JIT		
Z	Konszignációs		

23. táblázat Az ellátási stratégiák ABC-XYZ osztályozási modellje [Saját szerkesztés]

A kidolgozott ABC-XYZ osztályozási modell főbb előnyei: Az ABC-elemzés több ellátási szinten is alkalmazható, ahol a relatív gyakoriság szerint csoportokra osztják a kiválasztott készlettermékeket, és minden csoportban eltérő leltárkezelési rendszereket alakítanak ki. Az XYZ-elemzésben (feltételeket lásd 32. ábra) a termékek felhasználási volumenük és az előrejelzés pontossága alapján osztályozhatók.

#### 6.4. Az esettanulmány és a számítások eredményeinek ismertetése

A bemutatott modell validálása érdekében esettanulmányt dolgoztam ki, ahol egy fiktív vállalat termékeit ABC-XYZ elemzéssel vizsgálom meg.

Ezt követően osztályozom és besorolom őket a megfelelő csoportjukba – a költségek minimalizálása szempontjából.

Az átláthatóság érdekében a termék tételszámát 1000 darabban határozom meg. Először is a következő leltározási kritériumokat fogalmazom meg az egyes csoportok (A,B,C) képzéséhez:

- az egyes tételek fajlagos költsége,
- az egyes tételek egységnyi mennyisége,
- az éves mennyiségük,
- az éves felhasználási költségük.

Az ABC osztályozás szabályainak kialakítását a következőképpen definiálom:

- az éves felhasználási költség 80%-a „A”-ba tartozik,
- az éves felhasználási költség 15%-a „B”-be tartozik,
- az éves felhasználási költség 5%-a „C”-be tartozik.

Eredmények	Tétel	Tétel %	Az éves felhasználás %	Intézkedés
<b>A</b>	448	45%	80%	Közvetlen irányítás
<b>B</b>	252	25%	15%	Normál
<b>C</b>	300	30%	5%	Ritka
	<i>1000</i>	<i>100,00%</i>	<i>100%</i>	

24. táblázat Az ABC osztályozás eredményei [Saját szerkesztés]

A 24. táblázat az ABC-osztályozás eredményeit mutatja be, a három csoport jellegzetességeit az alábbiakban összegzem:

Az „A” csoport 448 tételt tartalmaz, ahol a teljes készleten belül minden termék nagy volumenű termékfelhasználással rendelkezik, vagyis nagy mennyiségben használják fel azokat az adott időszakban. Ehhez közvetlen irányításra van szükség, hiszen az egyes készletgazdálkodási területeket felül kell vizsgálni: ilyenek a gyártási, a raktározási, a megrendelési, a szállítási, az utánpótlási és a természetes erőforrások tevékenységei.

A következő a „B” csoport, amely már csak 252 tételt tartalmaz. A felülvizsgálat intenzitása az említett területek esetében normál, az ellenőrzés gyakorisága is alacsonyabb.

Az utolsó csoport a „C”, ami már ritkán igényel beavatkozást. Ez a csoport 300 tételt tartalmaz, ahol a kereslet alacsonyabb, és nagyobb a készletköltségek kockázata.

A következő lépésben elemzem a felhasznált tételek előfordulásának gyakoriságát és pontos előrejelzésüket. Ennek érdekében az XYZ elemzést az éves felhasználás gyakorisága szerint végzem el.





Itt is szükséges az XYZ osztályozás (25. táblázat) szabályainak definiálása, melyeket a következőképpen határozom meg:

- 200-365 nap között az „X” kategóriába tartozik,
- 100-200 nap között az „Y”-hoz tartozik,
- 0-100 nap között a „Z” kategóriába tartozik.

Eredmények	Tétel	Tétel %	Az éves felhasználás %
X	453	45%	47%
Y	269	27%	26%
Z	278	28%	27%
	1000	100,00%	100%

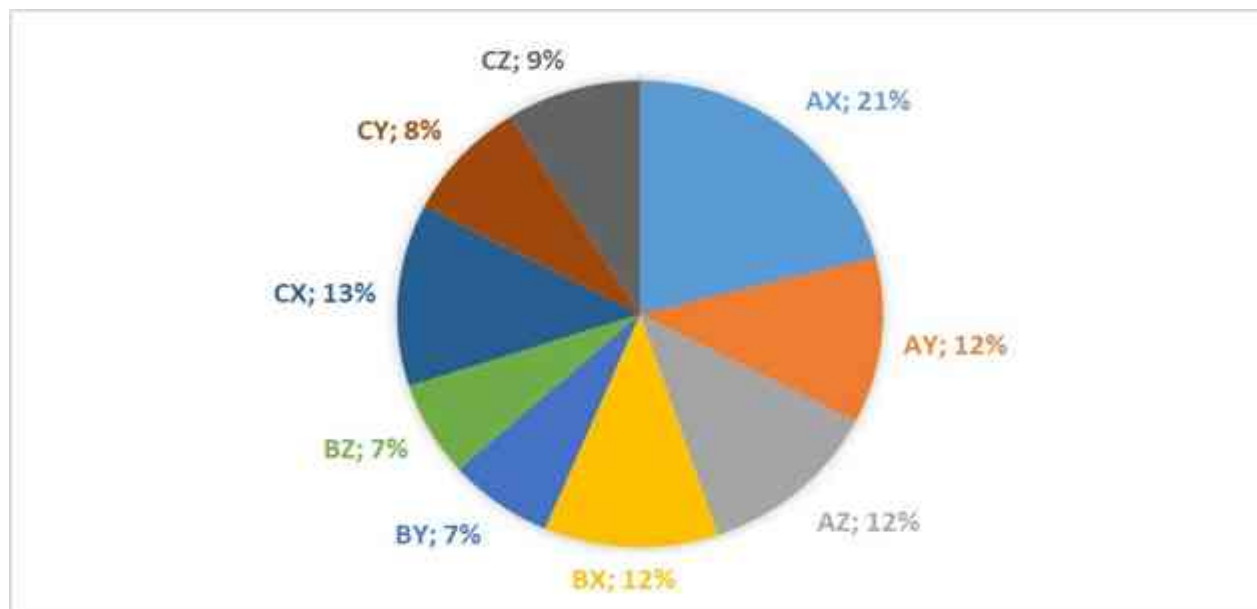
25. táblázat Az XYZ osztályozás eredményei [Saját szerkesztés]

Végül az ABC-XYZ besorolást a bemutatott modell megközelítés alapján határozom meg, amely a költségek csökkentésére törekvő leltározási stratégiák kialakítását célozza meg.

Eredmények	A	B	C
X	211	116	126
Y	115	70	84
Z	122	66	90

26. táblázat Az ABC-XYZ osztályozás eredményei [Saját szerkesztés]

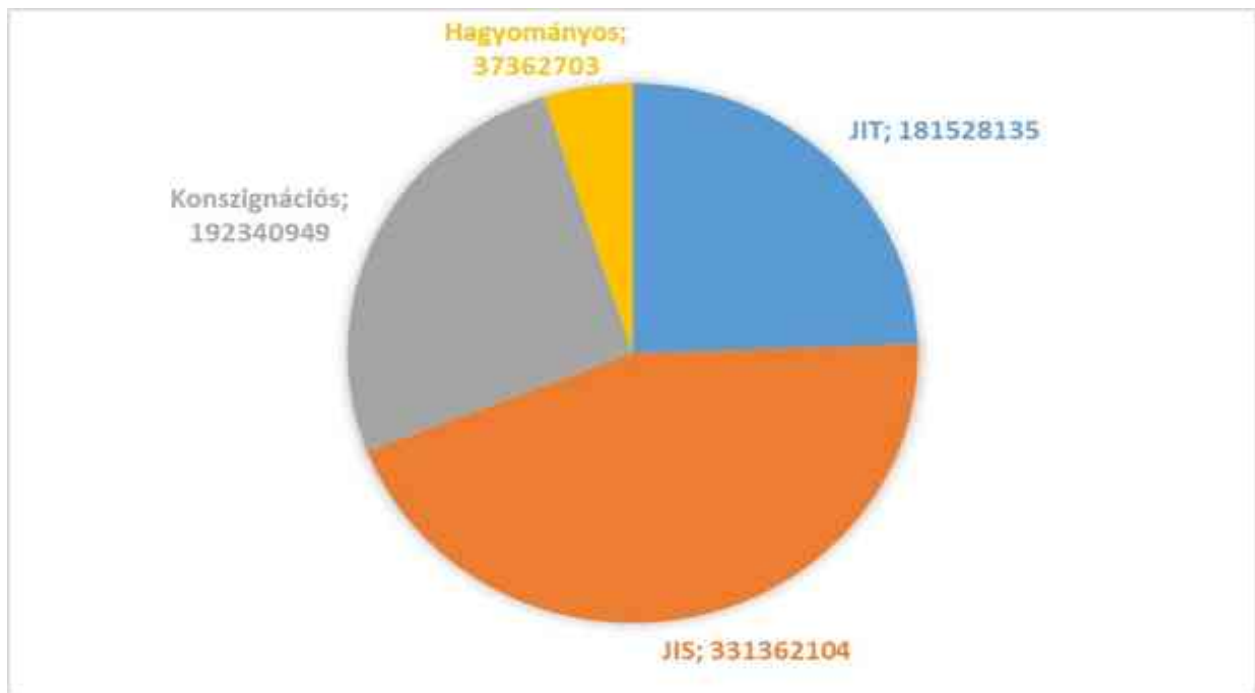
A 26. táblázat mutatja be az egyes osztályok pontos termékszámát: Az elemzett termékek kilenc különböző osztályba kategorizálhatók. Az „AX” osztály 211 termékkel rendelkezik, ami 21%; Az „AY”/, „AZ”/, „BX”/, „CX” csoportok eltérő termékszámmal rendelkeznek: 115-126, ~12-13% közötti. A „BY”/, „BZ”/, „CY”/, „CZ” csoportoknak eltérő a termékszámuk: 66 - 90, ~7-9% közötti.



33. ábra Az ABC-XYZ osztályozás csoportjai (csoportonkénti bontásban és %-ban kifejezve) [Saját szerkesztés]

A 33. ábra az ABC-XYZ osztályozási csoportok százalékos eredményeit mutatja be. Megállapítom, hogy a legtöbb termék-költség a JIS ellátási stratégiához kapcsolódik, ahol az anyagáramlást nagy volumen és állandó intenzitás jellemzi.

Továbbá az is megállapítható, hogy egyes termékek több vagy éppen kevesebb figyelmet igényelnek.



34. ábra Az egyes készletezési stratégiák beszerzési költségei (stratégiák szerinti rendezésben és egység költségben összesítve) [Saját szerkesztés]

A 34. ábrán is jól látható, hogy az éves felhasználási költségek legnagyobb százalékát (45%) a just-in-sequence stratégia fedezi.

A bemutatott ABC-XYZ elemzés eredményei alapján összefoglalható, hogy az 5. táblázatban ismertetett eredmények bizonyítékaul az optimális beszerzési módszer, a készletezési stratégia megválasztható, ez adott termék mennyiségétől és az adatok bizonytalanságától függ. A beszerzési stratégiák (JIS, JIT, Konszignációs, Tradicionális) hozzárendelése az ABC-XYZ mátrix egyes klasztereinek méretétől és a beszerzési stratégiák költséghatékonyságától függ. Például az „AX” termékklaszter esetében a just-in-sequence szállítás az optimális megoldás, míg az „XC” termékklaszter esetében a hagyományos, vagy a konszignációs raktáron keresztüli szállítás az optimális beszerzési módszer.

## 6.5. A modell alkalmazhatósága

A készletgazdálkodás feladata a gyártási és szolgáltatási folyamatokhoz szükséges anyagok biztosítása. A fiktív vállalat termékcsaládjait elemezve megállapítottam, hogy mely termék milyen fontosságú szerepet tölt be a vállalat készletezési rendszerében.

A bemutatott eredmények meggyőzően szemléltetik, hogy a döntéshozatali folyamatok és a készletezési stratégiák értékelése javítható. A just-in-sequence stratégia dominánsan támogatja az említett gyártási és szolgáltatási folyamatok irányítását és ellenőrzését. Ez azt jelenti, hogy a készletgazdálkodási folyamatokban intenzíven jelennek meg a just-in-sequence megoldásai. Ennek eredményeként megfigyelhető a készletek hatékonyságának javulása, hiszen a just-in-sequence ellátási folyamatokban az ütemezési és szállítási anyagáramlások szabályozhatók, miközben a működési költségek jelentősen csökkenthetők.

Jelen elemzési módszer korlátozott, hiszen a nem ismert vagy dinamikus bizonytalanságok miatt a termékklaszterek állandóan változhatnak, ezért nem lehet elég hosszú időablakra megválasztani a legjobb beszerzési stratégiát. A jövőben a modell kiterjesztése lehetőséget nyújt sztochasztikus környezet teremtésére, ahol már elérhetővé válik a többszintű ütemezési problémák megoldása is.

## IV. TÉZIS

**Kidolgoztam egy olyan döntéstámogató mátrix modellt, amely értékeli a gyártási és szállítási folyamatok beszerzési hatékonyságát.**

**Megvizsgáltam az egyes készletezési stratégiákhoz kapcsolódó termékklaszterek beszerzési költségeit, és megállapítottam, hogy a just-in-sequence elvű készletezési stratégiák alkalmazása előnyösebb.**

**Tehát az optimális beszerzési portfólió definiálása szükséges a just-in-sequence elvű ellátási lánc fejlesztése érdekében, amelynek főbb kutatási alterületei a következők: (1) a készletek és anyagok szintjeinek minimalizálása, (2) a készletgazdálkodási tevékenységek hatékonyságának növelése, (3) a döntéshozatali problémák megoldása, (4) az anyagáramlás intenzitásának javítása és (5) a természetes és költségalapú célfüggvények szerinti értékelése.**

A tézis állítását alátámasztó saját publikációk és előadások: [S10].



## 7. ÖSSZEFOGLALÁS

A Ph.D. értekezés témaválasztását a vállalati tapasztalatok és a napjainkban egyre nehezedő gazdasági körülmények ihlették. A gyártó és szolgáltató vállalatok nehéz helyzetben vannak, hiszen a mindennapi kihívások újabb és újabb megoldandó feladatok elé állítják őket. Ezek a vállalatok gyártási folyamataira és logisztikai szolgáltatásaira fókuszál – különösen a szükséges nyersanyagok beszerzésétől egészen az elhasznált termékek újrahasznosításáig.

A vállalati döntések az ellátási lánc megoldások alkalmazásának területén elsősorban a zavartalan és gazdaságos működési környezet megteremtését, valamint ezek logisztikai anyagáramlási folyamatainak optimális kialakítását, bevezetését és működtetését célozzák meg. Külön kiemelendő a Magyar Iparfejlesztési Stratégia jelentősége, hiszen az iparfejlesztés és a logisztika trendjeit a gyártásban bekövetkező változások (termelés+logisztika) alapján meghatározzák.

A módszeres irodalomkutatás vizsgálata során számos olyan szakirodalmi tétellel találkoztam, amely a just-in-time és a just-in-sequence ellátások döntéseivel foglalkozik. A kidolgozott vizsgálati protokoll segítségével lehetséges az adott kutatási témakör szakirodalmi helyzetének jobb megismerése, megértése és átfogó áttekintése. A szakirodalom szerint is éles verseny folyik a piaci igények teljesítéséért, ami a működés újragondolásával, például az üzemi költségek minimalizálásával és az azonnali vevői igényekre adott válaszokkal fejleszthető, tökéletesíthető.

A fentiek alapján az értekezésemben foglalkoztam a just-in-sequence ellátási rendszerek fejlődésével, a döntés támogató modellstruktúrájával, a matematikai leírással és a különböző beszállítási stratégiák matematikai modellezésével is, amelyek az optimális üzemben belüli folyamatok fejlesztéseit célozzák meg.

A just-in-sequence ellátási rendszerek modellstruktúrájának kidolgozása lehetővé tette a jellegzetes rendszerváltozatok leképezését a további vizsgálatok elvégzésének érdekében. Feltártam a just-in-sequence modell hátterét, ami leírja az ellátási szinteken résztvevő felek rendszerparamétereit, célfüggvényeit és korlátozásait, amelyeket a speciális modellváltozatok kidolgozásánál figyelembe kell venni.

A just-in-sequence beszállítási stratégiák matematikai modellezése elérhetővé tette mindhárom alapstratégia szerinti beszállítás optimális rendszerparamétereit determinisztikus és sztochasztikus környezetben. A kidolgozott modellek verifikációja érdekében numerikus elemzések segítségével vizsgáltam meg néhány fiktív vállalat alapanyag-beszállítási folyamatait. Ezen beszállítások mutatószámainak értékelésével és összehasonlításával megállapítottam, melyik modell alkalmazása előnyösebb.

A bemutatott eredmények nagyszerűen szemléltetik a just-in-sequence ellátási láncok alkalmazási és optimalizálási lehetőségeit, hiszen az autóipari és mechatronikai vállalatok döntéshozatali folyamatait támogatják, különösen a gyártási vagy a szolgáltatási folyamatok irányításában és ellenőrzésében. A kidolgozott modellek igazolására létrehoztam az optimális beszerzési portfóliót, melynek segítségével értékeltem a gyártási és szállítási folyamatok beszerzésének, készletgazdálkodásának eredményességét. Elemzéseim nyomán megfigyelhető a készletek hatékonyságának javulása, hiszen a just-in-sequence ellátási folyamatokban az ütemezési és szállítási anyagáramlások szabályozhatóak, miközben a működési költségek jelentősen csökkenthetők.

Jövőbeni kutatási célként jelölöm meg a vizsgálati modellek alapján megfogalmazható NP-hard feladatok megoldására alkalmas új heurisztikus, metaheurisztikus optimalizálási módszerek kidolgozását és alkalmazását.

Egyetemi munkásságom tekintetében pedig szeretném az elért eredményeket az oktatás során is felhasználni, hiszen szükség van az ismeretek átadására, a jövő értelmiségének tehetséggondozására és a szakmai utánpótlás nevelésére.



## 8. SUMMARY

The choice of the topic for the Ph.D. dissertation was inspired by the companies' experiences and the increasingly difficult economic situation. The manufacturing and service companies are in a difficult situation, because they have newer and newer tasks to solve as a daily challenge. The scope of these activities focuses on companies' production processes and logistics services – from the procurement of the necessary raw materials to the recycling of used products.

The corporate decisions are targeted to create a smooth and economical operating environment, as well as to design, implement and operate their optimal logistics material flow processes by the application of supply chain solutions.

I would like to highlight the importance of the Hungarian Industrial Development Strategy, because the manufacturing changes are fundamentally determined by the trends of industrial development and logistics (production+logistics).

A systematic literature review shows many approaches of the literature in the field of just-in-time and just-in-sequence decision making. The developed research protocol allows us to get better knowledge, understanding and comprehensive review of the relevant literature in each research topic.

In the literature, it is also mentioned that there is fierce market competition to fulfil the market demands. Improvement can occur by rethinking the operations such as minimizing operational costs and responding to immediate customer needs.

Based on the above-mentioned approaches, in my dissertation I discuss the just-in-sequence supply systems development, their decision support model structure, their mathematical description, and the different supply strategies mathematical modelling for the improvement of optimal in-plant processes.

The development of the model structure allows to map some typical system variations of just-in-sequence supply systems for further testing. I have explored the background of the just-in-sequence model, which is able to describe the system parameters, the objective functions and the constraints on each supply tier that need to be considered when developing specific model variants.

Mathematical modelling of just-in-sequence supply strategies has made available optimal system parameters for supply under all three basic strategies in deterministic and stochastic environments. To verify the developed models, numerical analyses were carried out to investigate some fictitious companies' raw material supply processes. By evaluating and comparing these supply chains' indicators to determine which application of the model is preferable.

The results have represented the potential of just-in-sequence supply chain applications and optimization because these support the automotive and mechatronics companies' decision-making processes, especially in the management and control of manufacturing or service processes. As a possible validation of the developed models, I created an optimal procurement portfolio to evaluate the efficiency of manufacturing and supply processes' procurement and inventory management. As a result, the efficiency of inventory development can be observed, because the scheduling and delivery material flows can be controlled in just-in-sequence supply processes, while operating costs can be significantly reduced.

My further research goal is the development and application of new heuristic, and metaheuristic optimization methods for solving NP-hard problems based on the test models, which can design an optimal enterprise management system.

In my academic work, I would be pleased to apply my dissertation results to the education, because there is a necessity to transfer knowledge, nurture future intellectuals and to educate the next professional generation.



## 9. AZ ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

### I. TÉZIS

Kidolgoztam egy új módszeres szakirodalmi feldolgozás megbízhatóságát fokozó, az ISO 9004-4-ben szereplő PDSA módszeren alapuló vizsgálati protokollt. A szisztematikus irodalomkutatás újszerű megközelítése a leíró jellegű áttekintéseken túl szigorúbb kritérium- és követelményrendszer alapján vizsgálja meg az adott kutatási témakör szakirodalmi helyzetét. Megállapítom, hogy az új kidolgozott vizsgálati protokoll segítségével elvégzett irodalomkutatás eredményeként: a kialakított vizsgálati protokoll átfogó képet ad a just-in-time elvein nyugvó just-in-sequence ellátási lánc megoldások tervezési kérdéseiről – különösen az ellátási láncok vállalati szintű gyártó- és szolgáltató folyamataiban.

\*\*\*

### II. TÉZIS

Kidolgoztam a just-in-sequence ellátási rendszerek egy olyan új típusú modellstruktúráját, melyből a jellegzetes rendszerváltozatok leképezhetőek a további vizsgálatok elvégzéséhez. Meghatároztam a just-in-sequence ellátási rendszer matematikai modell háttérét, amely leírja a rendszerszintű és az egyes rendszerelemek paramétereit. A beszállítók, a raktárak, a fuvarozók, valamint a gyártók esetében ismertettem azokat a rendszerparamétereket, célfüggvényeket és korlátozásokat, amelyeket a speciális modellváltozatok kidolgozásakor mindenképp figyelembe kell venni.

\*\*\*

### III. TÉZIS

Kidolgoztam egy olyan jellegzetes just-in-sequence matematikai modellrendszert mindhárom alapstratégiára, amelynek segítségével a just-in-sequence beszállítás optimális rendszerparaméterei meghatározhatóak determinisztikus és sztochasztikus környezetben. A numerikus elemzések segítségével feltártam a just-in-time és just-in-sequence beszállítások mutatószámainak értékelését és azok összehasonlítását, mindezek révén megállapítottam, hol előnyösebb a just-in-sequence beszállítás modelljének alkalmazása. Definiáltam a just-in-sequence ellátási rendszerek problémáját, ennek kapcsán megállapítottam, hogy új heurisztikus, metaheurisztikus módszerek kidolgozása és alkalmazása szükséges NP-hard feladatok problémamegoldására.

\*\*\*

### IV. TÉZIS

Kidolgoztam egy olyan döntéstámogató mátrix modellt, amely értékeli a gyártási és szállítási folyamatok beszerzési hatékonyságát. Megvizsgáltam az egyes készletezési stratégiákhoz kapcsolódó termékklaszterek beszerzési költségeit, és megállapítottam, hogy a just-in-sequence elvű készletezési stratégiák alkalmazása előnyösebb. Tehát az optimális beszerzési portfólió definiálása szükséges a just-in-sequence elvű ellátási lánc fejlesztése érdekében, amelynek főbb kutatási alterületei a következők: (1) a készletek és anyagok szintjeinek minimalizálása, (2) a készletgazdálkodási tevékenységek hatékonyságának növelése, (3) a döntéshozatali problémák megoldása, (4) az anyagáramlás intenzitásának javítása és (5) a természetes és költségalapú célfüggvények szerinti értékelése.





## 10. THESES OF THE DISSERTATION

### THESIS I.

Based on the PDSA method in ISO 9004-4, I have developed a new systematic literature review protocol to increase the reliability of the literature review. This novel approach to the systematic literature search goes beyond descriptive analysis to a more rigorous set of criteria and requirements to examine the state of the literature on a given research topic.

As a result, I conclude that the literature review was carried out using the newly developed test protocol: the developed test protocol provides a comprehensive view of the design issues of just-in-time based just-in-sequence supply chain solutions – especially in manufacturing and service company supply processes.

\*\*\*

### THESIS II.

I have developed a new model structure of just-in-sequence supply systems, which can be used to design some typical system variations for further investigation.

I have defined a mathematical model background for the just-in-sequence supply system, which describes the parameters of the overall systems and the single system elements.

I have described the system parameters, objective functions, and constraints for suppliers, warehouses, carriers, and manufacturers which must be considered when developing specific model variations.

\*\*\*

### THESIS III.

I have developed a characteristic mathematical modeling framework of the just-in-sequence for all three basic strategies, which can be used to determine the optimal system parameters for just-in-sequence supply in deterministic and stochastic environments.

Numerical analyses have been used to evaluate and compare the indicators of just-in-time and just-in-sequence supply to determine where the model of the just-in-sequence supply is preferable.

I have defined the problem of just-in-sequence supply systems, which require the development and application of new heuristic, metaheuristic methods to solve NP-hard problems.

\*\*\*

### THESIS IV.

I have developed a decision-support matrix model to evaluate the purchasing efficiency of manufacturing and supply processes.

I have examined the purchasing costs of product clusters related to each inventory strategy and concluded that which just-in-sequence inventory strategies are preferable.

Thus, the definition of an optimal purchasing portfolio is necessary for the development of a just-in-sequence supply chain, which contains the following main research sub-areas: (1) the minimalization of the level of stocks and materials, (2) increasing efficiency of inventory management activities, (3) solving decision making problems, (4) improving material flow intensity and (5) evaluating in aspects of natural and cost-based objective functions.



## 11. IRODALOMJEGYZÉK

### 11.1. Az értekezés témakörében használt saját publikációk

[S1] Juhász J. and Bányai T. (2017). *Logistic aspects of real time decisions in intelligent transportation systems*. In: Bodzás, Sándor; Mankovits, Tamás (szerk.) Proceedings of the 5th International Scientific Conference on Advances in Mechanical Engineering (ISCAME 2017) Debrecen, Magyarország: University of Debrecen Faculty of Engineering, pp. 228-234.

ISBN: 978-963-473-304-1.

[S2] Juhász J., Bányai T. (2019). *Ipar 4.0 szerepe a városi logisztikában*. In: Bodzás, Sándor; Antal, Tamás (szerk.) Műszaki tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban 2019: konferencia előadásai, Debrecen, Magyarország : Debreceni Akadémiai Bizottság Műszaki Szakbizottság, pp. 157-160.

ISBN: 978-963-706-438-8.

[S3] Juhász, J. and Bányai, T. (2021). *Impact of COVID-19 Outbreak on disrupted Supply Chain: A critical review of challenges and solutions*. Advanced Logistic Systems - Theory and Practice, **15**(1), pp. 30–47.

DOI: <https://doi.org/10.32971/als.2021.004>.

[S4] Juhász, J. (2022). *Módszeres szakirodalmi kutatás jelentősége, avagy a PDSA módszeren alapuló vizsgálati protokoll szerepe a just-in-sequence ellátási láncok fejlesztésénél*. Digitális technológiák szerepe a logisztikai folyamatok előrejelzésében (2022.) c. konferencia, Miskolci Egyetem Logisztikai Intézete, pp. 14-18.

ISBN: 978-963-358-275-6.

[S5] Juhász, J. (2022). *Just-in-sequence ellátási rendszerek modellstruktúra változatai*. Innovatív kutatások a logisztikában (2022.) c. konferencia kiadvány, Miskolci Egyetem Logisztikai Intézete, pp. 21-24.

ISBN: 978-963-358-250-3.

[S6] Juhász J., Bányai T. (2018). *What industry 4.0 means for just-in-sequence supply in automotive industry?* Lecture Notes In Mechanical Engineering, pp. 226-240.

DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-75677-6\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-319-75677-6_19).

[S7] Juhász, J., Bányai, T., Veres, L. & Hriczó, K. (2021). *Description of package delivery task with mathematical model*. Academic Journal of Manufacturing Engineering, **19**(2), pp. 39-47. ISSN: 1583-7904.

[S8] Juhász J. (2023). *Just-in-sequence ellátási rendszerek matematikai leírása*. In: Molnár, Dániel; Molnár, Dóra (szerk.) XXVI. Tavaszi Szél Konferencia 2023 Tanulmánykötet, Budapest, Magyarország: Doktoranduszok Országos Szövetsége (DOSZ), pp.

(Megjelenés várhatóan 2023.06. hó).

[S9] Juhász J., Bányai T. (2023). *Just-in-sequence beszállítási stratégiák matematikai modellezése*. In: Molnár, Dániel; Molnár, Dóra (szerk.) XXVI. Tavaszi Szél Konferencia 2023 Tanulmánykötet, Budapest, Magyarország: Doktoranduszok Országos Szövetsége (DOSZ), pp.

(Megjelenés várhatóan 2023.06. hó).

[S10] Juhász, J., & Bányai, T. (2021). *Understanding the purchasing portfolio model: A just-in-sequence approach increasing manufacturing efficiency*. Journal of Applied Engineering Science, **19**(4), 926-933.

DOI: <https://doi.org/10.5937/jaes0-30742>.



## 11.2. Az értekezés témakörében használt idegen publikációk

- [11] Judit, S. (2011). Szervezeti érzelmek és szervezeti bizalom, tananyag, Budapest Corvinus Egyetem, Budapest, Magyarország.
- [12] Kamarási, V.; Mogyorósy, G. (2015). *Szisztematikus irodalmi áttekintések módszertana és jelentősége. Segítség a diagnosztikus és terápiás döntésekhez*. Orvosi Hetilap **156**(38), 1523-1531. DOI: <http://www.doi.org/10.1556/650.2015.30255>.
- [13] Xiao, Y. and Watson, M. (2019). *Guidance on Conducting a Systematic Literature Review*. Journal of Planning Education and Research **39**(1), 93–112, DOI: <http://www.doi.org/10.1177/0739456X17723971>.
- [14] Miloslavskaya, S., Panychev, A., Myskina, A., Kurenkov, P. (2019). *Intermodal transportation using inland water transport in Russia and abroad*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, **698**(6). DOI: <http://www.doi.org/10.1088/1757-899X/698/6/066059>.
- [15] Boysen, N., Fliedner, M., Scholl, A. (2010). *Level scheduling under limited resequencing flexibility*. Flexible Services and Manufacturing Journal, **22**(3-4), pp. 236-257. DOI: <http://www.doi.org/10.1007/s10696-010-9065-0>.
- [16] Boysen, N., Fliedner, M., Scholl, A. (2009). *The product rate variation problem and its relevance in real world mixed-model assembly lines*. European Journal of Operational Research, **197**(2), pp. 818-824. DOI: <http://www.doi.org/10.1016/j.ejor.2008.06.038>.
- [17] Boysen, N., Fliedner, M., Scholl, A. (2009). *Level Scheduling for batched JIT supply*. Flexible Services and Manufacturing Journal, **21**(1-2), pp. 31-50. DOI: <http://www.doi.org/10.1007/s10696-009-9058-z>.
- [18] Boysen, N., Fliedner, M., Scholl, A. (2009). *Level scheduling of mixed-model assembly lines under storage constraints*. International Journal of Production Research, **47**(10), pp. 2669-2684. DOI: <http://www.doi.org/10.1080/00207540701725067>.
- [19] Boysen, N., Fliedner, M., Scholl, A. (2008). *Sequencing mixed-model assembly lines to minimize part inventory cost*. OR Spectrum, **30**(3), pp. 611-633. DOI: <http://www.doi.org/10.1007/s00291-007-0095-2>.
- [110] Hüttmeir, A., de Treville, S., van Ackere, A., Monnier, L., Prenninger, J. (2009). *Trading off between heijunka and just-in-sequence*. International Journal of Production Economics, Vol. **118**, No. 2, 501–507. DOI: <http://www.doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.12.014>.
- [111] Hillis, D. (2007). *The thinking trucks*. In: Manufacturing Engineer, Vol. **86**, No. 1, 32–35. DOI: <http://www.doi.org/10.1049/me:20070107>.
- [112] Fliedner, M., Boysen, N., Scholl, A. (2010). *Solving symmetric mixed-model multi-level just-in-time scheduling problems*. Discrete Applied Mathematics, **158**(3), pp. 222-231. DOI: <http://www.doi.org/10.1016/j.dam.2009.09.013>.
- [113] Faria, J.A., Nunes, E., Matos, M.A. (2010). *Cost and quality of service analysis of production systems based on the cumulative downtime*. International Journal of Production Research, **48**(6), pp. 1653-1684. DOI: <http://www.doi.org/10.1080/00207540802068631>.
- [114] Hahm, J., Yano, C.A. (1995). *The economic lot and delivery scheduling problem: The common cycle case*. IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers), **27**(2), pp. 113-125. DOI: <http://www.doi.org/10.1080/07408179508936724>.
- [115] Herrera, M.K.I.F., Portillo, M.T.E., López, R.R., Gómez, J.A.H. (2019). *Lean manufacturing tools that influence an organization's productivity: Conceptual model proposed*. [Herramientas de manufactura esbelta que inciden en la productividad de una organización: Modelo conceptual propuesto]. Revista Lasallista de Investigación, **16**(1), pp. 115-133. DOI: <http://www.doi.org/10.22507/rli.v16n1a6>.



- [I16] Plöger, M., Haasis, H.-D. (2008). *Equitably taken just-in-sequence supply in production networks*. ZWF Zeitschrift fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Vol. **103**, No. 9, 613–615.  
DOI: <http://www.doi.org/10.3139/104.101334>.
- [I17] Tien, J.M., Berg, D. (2007). *A calculus for services innovation*. Journal of Systems Science and Systems Engineering, **16**(2), pp. 129-165.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1007/s11518-007-5041-y>.
- [I18] Van De Pol, J. (2001). *Just-in-time: On strategy annotations*. Electronic Notes in Theoretical Computer Science, **57**, pp. 41-63.  
DOI: [http://www.doi.org/10.1016/S1571-0661\(04\)00267-1](http://www.doi.org/10.1016/S1571-0661(04)00267-1).
- [I19] Chang, P.C. (1999). *Branch and bound approach for single machine scheduling with earliness and tardiness penalties*. Computers and Mathematics with Applications, **37**(10), pp. 133-144.  
DOI: [http://www.doi.org/10.1016/S0898-1221\(99\)00130-3](http://www.doi.org/10.1016/S0898-1221(99)00130-3).
- [I20] Dr. Cselényi József, Dr. Illés Béla (2004). Logisztikai rendszerek I., Miskolci Egyetem Kiadó, Miskolc.
- [I21] Mochalin, S.M., Tyukina, L.V., Novikova, T.V., Pogulyaeva, I.V., Romanenko, E.V. (2016). *Problems of inter-organizational interaction of participants in motor transport cargo shipments*. Indian Journal of Science and Technology, **9**(21).  
DOI: <http://www.doi.org/10.17485/ijst/2016/v9i21/95220>.
- [I22] Piran, F.S., Bortolini, F., Antunes, J. (2015). *Strategic positioning, classic manufacturing strategy and manufacturing strategy of hyundai motor company: An analysis*. In: Espacios, Vol. **36**, No. 3, 5. Nunes, F.D.L.
- [I23] Zacharias, W. (2002). *Triaton. Castrum sequence - The control center for just-in-sequence module production in the automotive supply industry*. Technische Mitteilungen Krupp, 8+63–66.
- [I24] Dong, J., Zhang, L., Xiao, T. (2016). *Part supply method for mixed-model assembly lines with decentralized supermarkets*. Tsinghua Science and Technology, **21**(4), pp. 426-434.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1109/TST.2016.7536720>.
- [I25] Yusriski, R., Astuti, B., Sukoyo, Samadhi, T.M.A.A., Halim, A.H. (2015). *Integer Batch Scheduling Problems for a Single-Machine to Minimize Total Actual Flow Time*. Procedia Manufacturing, **2**, pp. 118-123.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.021>.
- [I26] Kang, Y.-S., Kim, H., & Lee, Y.-H. (2018). *Implementation of an RFID-Based Sequencing-Error-Proofing System for Automotive Manufacturing Logistics*. Applied Sciences, **8**(1), 109.  
DOI: <http://www.doi.org/10.3390/app8010109>.
- [I27] Stauder, M., Köhl, N. (2021). *AI for in-line vehicle sequence controlling: development and evaluation of an adaptive machine learning artifact to predict sequence deviations in a mixed-model production line*. Flexible Services and Manufacturing Journal.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1007/s10696-021-09430-x>.
- [I28] Čujan, Z., Fedorko, G. (2016). *Supplying of Assembly Lines Using Train of Trucks*. Open Engineering, **6**(1), pp. 426-431.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1515/eng-2016-0057>.
- [I29] Goli, A., Babae Tirkolaee, E., Soltani, M. (2019). *A robust just-in-time flow shop scheduling problem with outsourcing option on subcontractors*. Production and Manufacturing Research, **7**(1), pp. 294-315.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1080/21693277.2019.1620651>.
- [I30] Cedillo-Campos, M., Morones Ruelas, D., Lizarraga-Lizarraga, G., Gonzalez-Feliu, J., & Garza-Reyes, J. (2017). *Decision policy scenarios for just-in-sequence (JIS) deliveries*. Journal of Industrial Engineering and Management, **10**(4), 581-603,  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3926/jiem.2090>.
- [I31] Matt, D.T., Dallasega, P., Rauch, E. (2014). *Synchronization of the manufacturing process and on-site installation in ETO companies*. Procedia CIRP, **17**, pp. 457-462.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1016/j.procir.2014.01.058>.





- [I32] Bassil, S., Keller, R.K., Kropf, P. (2004). *A Workflow-Oriented System Architecture for the Management of Container Transportation*. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), **3080**, pp. 116-131.  
DOI: [http://www.doi.org/10.1007/978-3-540-25970-1\\_8](http://www.doi.org/10.1007/978-3-540-25970-1_8).
- [I33] Srisuruk, W., Sudtachat, K., Horkaew, P. (2021). *Biobjective Scheduling for Joint Parallel Machines with Sequence-Dependent Setup by Taking Pareto-Based Approach*. Modelling and Simulation in Engineering.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1155/2021/6663375>.
- [I34] Thibbotuwawa, A., Bocewicz, G., Nielsen, P., Zbigniew, B. (2019). *Planning deliveries with UAV routing under weather forecast and energy consumption constraints*. IFAC-PapersOnLine, **52**(13), pp. 820-825.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.231>.
- [I35] Herrmann, J.W. (2012). *Finding optimally balanced words for production planning and maintenance scheduling*. IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers), **44**(3), pp. 215-229.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1080/0740817X.2011.602660>.
- [I36] Akturk, M.S., Erhun, F. (1999). *An overview of design and operational issues of kanban systems*. International Journal of Production Research, **37**(17), pp. 3859-3881.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1080/002075499189808>.
- [I37] Li, X. (2022). *Webster sequences, apportionment problems, and just-in-time sequencing*. Discrete Applied Mathematics, **306**, pp. 52-69.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1016/j.dam.2021.09.020>.
- [I38] Khranilov, V.P., Misevich, P.V., Pankratova, E.N., Ermilov, A.E. (2021). *Models for supporting the operating scenarios during a life cycle in automated systems*. Procedia Computer Science, **186**, pp. 460-465.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1016/j.procs.2021.04.166>.
- [I39] Geman, D., Geman, S., Hallonquist, N., Younes, L. (2015). *Visual Turing test for computer vision systems*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, **112**(12), pp. 3618-3623.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1073/pnas.1422953112>.
- [I40] Dissegna, S., Logozzo, F., Ranzato, F. (2014). *Tracing compilation by abstract interpretation*. Conference Record of the Annual ACM Symposium on Principles of Programming Languages, pp. 47-59.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1145/2535838.2535866>.
- [I41] Dissegna, S., Logozzo, F., Ranzato, F. (2016). *An abstract interpretation-based model of tracing just-in-time compilation*. ACM Transactions on Programming Languages and Systems, **38**(2).  
DOI: <http://www.doi.org/10.1145/2853131>.
- [I42] Kanai, J., Gomes, C.E.M., Bertoli, S.R., Fontanini, P.S.P. (2021). *Visilean® application for monitoring and control of pre-fabricated concrete panels*. Gestao e Producao, **28**(3).  
DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9649-2021V28E5800>.
- [I43] Dranidis, D., Metzger, A., Kourtesis, D. (2010). *Enabling proactive adaptation through just-in-time testing of conversational services*. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), **6481** LNCS, pp. 63-75.  
DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-642-17694-4\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-642-17694-4_6).
- [I44] Reyes, J., Aldás, D., Salazar, E., Armendáriz, E., Álvarez, K., Núñez, J., García, M. (2017). *Finite Progressive Planning for the Assembly Process in Footwear*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, **212**(1).  
DOI: <http://www.doi.org/10.1088/1757-899X/212/1/012020>.



- [145] Tiwari, S., Pawar, G., Luttmann, E., Trujillo, R., Sreekumar, A. (2018). *Visual planning for supply chain management of prefabricated components in construction*. IGLC 2018 - Proceedings of the 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction: Evolving Lean Construction Towards Mature Production Management Across Cultures and Frontiers, **2**, pp. 1150-1159.  
DOI: <http://www.doi.org/10.24928/2018/0419>.
- [146] Makinde, O., Ramatsetse, B., Munyai, T. (2020). *A dynamic programming model for Reconfigurable Vibrating Screen machine operations planning in a fluctuating market environment*. Procedia Manufacturing, **43**, pp. 247-254.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.149>.
- [147] Zhao, Z., Wu, B., Zhou, M., Ding, Y., Sun, J., Shen, X., Wu, Y. (2014). *Call sequence prediction through probabilistic calling automata*. ACM SIGPLAN Notices, **49**(10), pp. 745-762.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1145/2660193.2660221>.
- [148] Zhao, Z., Wu, B., Zhou, M., Ding, Y., Sun, J., Shen, X., Wu, Y. (2014). *Call sequence prediction through Probabilistic Calling Automata*. Proceedings of the Conference on Object-Oriented Programming Systems, Languages, and Applications, OOPSLA, pp. 745-762.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1145/2660193.2660221>.
- [149] De Wael, M., Marr, S., De Koster, J., Sartor, J.B., De Meuter, W. (2015). *Just-in-time data structures*. Onward! 2015 - Proceedings of the 2015 ACM International Symposium on New Ideas, New Paradigms, and Reflections on Programming and Software, Part of SPLASH 2015, pp. 61-75.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1145/2814228.2814231>.
- [150] Thongkaew, S., Isshiki, T., Li, D., Kunieda, H. (2015). *Dalvik bytecode acceleration using fetch/decode hardware extension*. Journal of Information Processing, **23**(2), pp. 118-130.  
DOI: <http://www.doi.org/10.2197/ipsjip.23.118>.
- [151] Dong, Y., Deshpande, S., Rivera, D.E., Downs, D.S., Savage, J.S. (2014). *Hybrid model predictive control for sequential decision policies in adaptive behavioral interventions*. Proceedings of the American Control Conference, pp. 4198-4203.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1109/ACC.2014.6859462>.
- [152] Gross, J.L. (2011). *Genus distributions of cubic outerplanar graphs*. Journal of Graph Algorithms and Applications, **15**(2), pp. 295-316.  
DOI: <http://www.doi.org/10.7155/jgaa.00227>.
- [153] Akturk, M.S., Yildirim, M.B. (1999). *A new dominance rule for the total weighted tardiness problem*. Production Planning and Control, **10**(2), pp. 138-149.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1080/095372899233299>.
- [154] Jantz, M.R., Kulkarni, P.A. (2013). *Performance potential of optimization phase selection during dynamic jit compilation*. ACM SIGPLAN Notices, **48**(7), pp. 131-141.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1145/2517326.2451539>.
- [155] Liu, Y., Liao, X., Zhang, R. (2019). *An enhanced MOPSO algorithm for energy-efficient single-machine production scheduling*. Sustainability (Switzerland), **11**(19).  
DOI: <http://www.doi.org/10.3390/su11195381>.
- [156] Yin, L., Li, X., Lu, C., Gao, L. (2016). *Energy-efficient scheduling problem using an effective hybrid multi-objective evolutionary algorithm*. Sustainability (Switzerland), **8**(12).  
DOI: <http://www.doi.org/10.3390/su8121268>.
- [157] Jocksch, A., Mitran, M., Siu, J., Greveski, N., Amaral, J.N. (2010). *Mining opportunities for code improvement in a just-in-time compiler*. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), **6011** LNCS, pp. 10-25.  
DOI: [http://www.doi.org/10.1007/978-3-642-11970-5\\_2](http://www.doi.org/10.1007/978-3-642-11970-5_2).





- [158] Jantz, M.R., Kulkarni, P.A. (2013). *Performance potential of optimization phase selection during dynamic JIT compilation*. VEE 2013 - Proceedings of the ACM SIGPLAN/SIGOPS International Conference on Virtual Execution Environments, pp. 131-141.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1145/2451512.2451539>.
- [159] Kimms, A. (1999). *A genetic algorithm for multi-level, multi-machine lot sizing and scheduling*. Computers and Operations Research, **26**(8), pp. 829-848.  
DOI: [http://www.doi.org/10.1016/S0305-0548\(98\)00089-6](http://www.doi.org/10.1016/S0305-0548(98)00089-6).
- [160] Celik, A., Nie, P., Rossbach, C.J., Gligoric, M. (2019). *Design, implementation, and application of GPU-based Java bytecode interpreters*. Proceedings of the ACM on Programming Languages, 3 (OOPSLA).  
DOI: <http://www.doi.org/10.1145/3360603>.
- [161] Moon, C., Medd, D., Jones, P., Harenberg, S., Oxbury, W., Samatova, N.F. (2016). *Online prediction of user actions through an ensemble vote from vector representation and frequency analysis models*. 16th SIAM International Conference on Data Mining 2016, SDM 2016, pp. 90-98.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1137/1.9781611974348.11>.
- [162] Garcia-Villoria, A., Moreno, R.P. (2010). *Solving the response time variability problem by means of the electromagnetism-like mechanism*. International Journal of Production Research, **48**(22), pp. 6701-6714.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1080/00207540902862545>.
- [163] López, S.G., Cabrera, F.O. (2007). *System of scheduling for mixed assembly lines in a just-in-time environment*. IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline), **1** (PART 1), pp. 249-254.  
DOI: <http://www.doi.org/10.3182/20071002-mx-4-3906.00041>.
- [164] Hariga, M.A., Jackson, P.L. (1996). *The warehouse scheduling problem: Formulation and algorithms*. IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers), **28**(2), pp. 115-127.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1080/07408179608966257>.
- [165] Liao, P., Greenewald, K., Klasnja, P., Murphy, S. (2020). *Personalized heartsteps: A reinforcement learning algorithm for optimizing physical activity*. Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies, **4**(1).  
DOI: <https://doi.org/10.1145/3381007>.
- [166] Raiff, B.R., Karataş, Ç., McClure, E.A., Pompili, D., Walls, T.A. (2014). *Laboratory validation of inertial body sensors to detect cigarette smoking arm movements*. Electronics, **3**(1), pp. 87-110.  
DOI: <https://doi.org/10.3390/electronics3010087>.
- [167] Czap László. (2021). *Impact of Preprocessing Features on the Performance of Ultrasound Tongue Contour Tracking, via Dynamic Programming*. Acta Polytechnica Hungarica **18**(2) pp. 159-176.  
DOI: <https://doi.org/10.1117/12.2640038>.
- [168] Gonzalez-Neira, E.M., Montoya-Torres, J.R., Jimenez, J.-F. (2021). *A multicriteria simheuristic approach for solving a stochastic permutation flow shop scheduling problem*. Algorithms, **14**(7).  
DOI: <http://www.doi.org/10.3390/a14070210>.
- [169] Zhou, B.-H., Peng, T. (2017). *Scheduling methods of just-in-time material replenishment in mixed-model assembly lines*. Kongzhi yu Juece/Control and Decision, **32**(6):976-982.  
DOI: <http://www.doi.org/10.13195/j.kzyjc.2016.078>.
- [170] Rabe, M. (2003). *Simulation of supply chains*. International Journal of Automotive Technology and Management, Vol. **3**, No. 3-4, pp. 368-382.
- [171] Severino, M.R., Godinho Filho, M. (2019). *POLCA system for supply chain management: simulation in the automotive industry*. Journal of Intelligent Manufacturing **30**, 1271-1289.  
DOI: <https://doi.org/10.1007/s10845-017-1323-5>.



- [I72] Čujan Z., Fedorko G. (2016). *Supplying of Assembly Lines Using Train of Trucks*. Open Engineering, vol. **6**, no. 1, 426-431.  
DOI: <https://doi.org/10.1515/eng-2016-0057>.
- [I73] Capone, R. (2022). *Blended Learning and Student-centered Active Learning Environment: a Case Study with STEM Undergraduate Students*. Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education, **22**(1), pp. 210-236.  
DOI: <https://doi.org/10.1007/s42330-022-00195-5>.
- [I74] Pastorio, D.P., Ribeiro, B.S., Dutra de Souza, L.A.V., Pigosso, L.T., Fragoso, T.A. (2020). *Development and implementation of a teaching unit based on Just-in-Time Teaching: a study on students' perceptions*. [Elaboração e implementação de uma unidade didática baseada no Just-in-Time Teaching: um estudo sobre as percepções dos estudantes]. Revista Brasileira de Ensino de Física, **42**(189), pp. 1-13.  
DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0296>.
- [I75] Bányai, T., Bányai, A. (2017). *Modelling of just-in-sequence supply of manufacturing processes*. MATEC Web of Conferences, 112.  
DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201711206025>.
- [I76] Dissegna, S., Logozzo, F., Ranzato, F. (2016). *An abstract interpretation-based model of tracing just-in-time compilation*. ACM Transactions on Programming Languages and Systems, **38**(2).  
DOI: <https://doi.org/10.1145/2853131>.
- [I77] C. K. Prahalad and G. Hamel (1990). *The Core Competencies of the Corporation*. Harvard Business Review, Vol. **68**, No. 3, pp. 79-91.
- [I78] Cselényi, J.; Illés, B. (2006): *Anyagáramlási rendszerek tervezése és irányítása I.*, Miskolc, Magyarország : Miskolci Egyetemi Kiadó, 384 p, ISBN: 9636616728.
- [I79] Bányai, T.; Illés, B.; Gubán, M.; Gubán, Á.; Schenk, F.; Bányai, Á. (2019). *Optimization of Just-In-Sequence Supply: A Flower Pollination Algorithm-Based Approach*. Sustainability, **11**, 3850.  
DOI: <https://doi.org/10.3390/su11143850>.
- [I80] Adrodegari, F.; Bacchetti, A.; Pinto, R.; Pirola, F.; Zanardini, M. (2015). *Engineer-to-order (ETO) production planning and control: An empirical framework for machinery-building companies*. Prod. Plan. Control., **26**, pp. 910–932.  
DOI: <https://doi.org/10.1080/09537287.2014.1001808>.



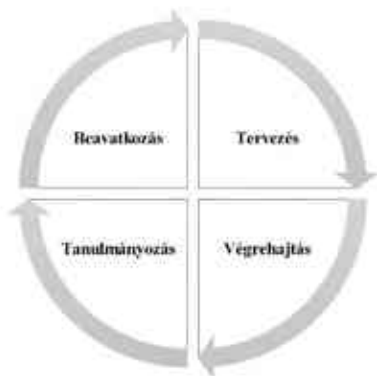
## 12. MELLÉKLETEK

### 12.1. A szakirodalmi keresés és értékelés

	<b>Követelményrendszer</b>	<b>Közlemény</b>
<b>Szakasz</b>	<b>Befogadási és kizárási tényezők ismertetése</b>	<b>n</b>
<b>Azonosítás</b>	Online szakirodalmi adatbázisban történő keresés - Scopus	565
	Kulcsszavak megadása mellett: just-in-time, sequence	
	Duplumok keresése, ismétlődő közlemények kizárása	0
	Azonosított közlemények száma	565
<b>Szűrés</b>	Nem open access közlemények kizárása	-473
	A kutatás releváns témaköreinek kijelölései	114
	Informatika	34
	Mérnöki tudományok	32
	Matematika	18
	Döntéstudományok	12
	Üzlet, menedzsment és számvitel	6
	Multidiszciplináris	6
	Társadalomtudományok	6
	Kutatási érdeklődés, nem releváns témaköreinek kizárása	-42
	Open access redukált közlemények száma	72
<b>Kiválasztás</b>	Fülszöveg cikkek eltávolítása	-6
	A tudományág szempontjából nem releváns idegen nyelven írt cikkek kizárása	-2
	Kiválasztott közlemények száma	64
<b>Befogadás</b>	Egyéni keresés útján kiválasztott egyéb hasznos cikkek vagy könyvek	12
	Összes befogadott közlemény száma	76

## 12.2. A kitöltött SLR-PDSA-Munkalap

# SLR-PDSA Munkalap



Szervezeti egység	Név	Dátum
Logisztikai Irtézet	Juhász János	2022.08.25.

SLR projekt/kutatás megnevezése <i>Ph.D. értekezés</i>
A szakirodalmi keresés célja <i>Just-in-sequence ellátási láncok tervezési módszereinek fejlesztése témakörben szükséges módszeres szakirodalmi kutatás elvégzése.</i>
A vizsgálati protokoll ellenőrzésének indoklása <i>A szisztematikus szakirodalmi áttekintés (SLR) vizsgálati protokoll folyamatának folyamatos fejlesztése.</i>

### I. TERVEZÉS

#### Vizsgálati folyamat rövid leírása:

*Az elemzés lehetővé teszi a szakirodalom releváns kiválasztását, mely a just-in-sequence ellátási folyamatok és szolgáltatások körében, valamint a just-in-time területén még potenciálokat rejtő kutatási kérdésekre is válaszokat adhat.*

#### SLR folyamata

*I. Előkészítés: a felülvizsgálandó terület azonosítása a kutatási kérdések meghatározásához, valamint a felülvizsgálat protokolljának kidolgozása;*

*II. Szakirodalmi áttekintés: a kiválasztott folyóirat publikációk komplex áttekintő feldolgozása;*

*III. Következtetés: a lehatárolt, a kiemelt és a vizsgált szakirodalmak tanulságainak, következtetéseinek rögzítése, elemzéseinek leírása.*

#### A vizsgálati protokoll elemeinek áttekintése, elvégzendő feladatok rögzítése:

- a probléma értelmezése alapján protokoll definiálása,
- a vizsgálat céljának, kutatási kérdéseinek rögzítése,
- SLR-alapú szakirodalmi áttekintés főbb lépéseinek elvégzése,
- ütemezése,
- eljárásainak felügyelete,
- teljesülésének ellenőrzése,
- eredményeinek közlése, következtetések bemutatása,
- validálás: folyamat ellenőrzése (teljesült nem teljesült),
- megbízhatóság vizsgálata.

#### Várható eredmény értelmezése:

*Az SLR megbízhatósága kiértékelhetővé válik, mint egyfajta folyamat. A folyamat érzékenysége szükségessé teszi a mérhetőség kialakítását és a felülvizsgálatát minőségileg és mennyiségileg minősítő mutatók szerinti elemzését.*

### III. TANULMÁNYOZÁS

#### Vizsgálati folyamat megfelel-e a célkitűzéseinek?

Igen  Nem

#### Előző felülvizsgálattól való eltérések, tapasztalatok:

*Korábban nagy kockázatot jelentettek az érzelmalapú döntésekre épülő szakirodalmi áttekintések, a kiválasztások nem feltétlenül releváns szakmai ismeretek elsajátítására irányultak.*

*Nem volt jellemző jelen útmutatások rögzítése vagy ismertetése.*

*A szakirodalmi kutatás lépései jól reprodukálhatók, áttekinthetők a jövőbeni fejlesztések, aktualitások és trendek beillesztéséhez.*

*Ezek olyan tudományos és szakmai információkat tartalmaztak, amelyek támogatják az egyes rendszerek döntéshozatalait és elősegítik a konklúziók felismerését a jövőbeni még potenciált rejtő kutatási irányok megfogalmazásához.*



<u>II. VÉGREHAJTÁS</u>	<u>IV. BEAVATKOZÁS</u>
<u>Egyes részfolyamatok teljesülésének ellenőrzése:</u>	<u>Vizsgálat kiértékelése:</u>
<i>I. Előkészítés</i>	<input type="checkbox"/> <u>Elvetés</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Igen <input type="checkbox"/> Nem	<input type="checkbox"/> <u>Alkalmazás</u>
<i>II. Szakirodalmi áttekintés</i>	<input checked="" type="checkbox"/> <u>Elfogadás</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Igen <input type="checkbox"/> Nem	<i>Osszefoglalásra kerültek a szakirodalom legfőbb következtetései az alábbiak szerint: kutatott területek, fő kutatási irányok; nem kutatott, de fontos területek, kutatási irány megfogalmazása, indoklása.</i>
<i>III. Következtetés</i>	
<input checked="" type="checkbox"/> Igen <input type="checkbox"/> Nem	
<u>Részfolyamatok</u>	
<i>A probléma értelmezése alapján protokoll definíció</i>	
<input checked="" type="checkbox"/> Igen <input type="checkbox"/> Nem	
<i>A vizsgálat céljának, kutatási kérdéseinek rögzítése</i>	
<input checked="" type="checkbox"/> Igen <input type="checkbox"/> Nem	
<i>Az SLR-alapú szakirodalmi áttekintés főbb lépéseinek elvégzése</i>	
<input checked="" type="checkbox"/> Igen <input type="checkbox"/> Nem	
<i>átmenet</i>	
<input checked="" type="checkbox"/> Igen <input type="checkbox"/> Nem	
<i>eljárásának felügyelése</i>	
<input checked="" type="checkbox"/> Igen <input type="checkbox"/> Nem	
<i>teljesülésének ellenőrzése</i>	
<input checked="" type="checkbox"/> Igen <input type="checkbox"/> Nem	
<i>eredményeinek közlése, következtetések bemutatása</i>	
<input checked="" type="checkbox"/> Igen <input type="checkbox"/> Nem	
<i>validálás</i>	
<input checked="" type="checkbox"/> Igen <input type="checkbox"/> Nem	
<i>megbízhatóság vizsgálata</i>	
<input checked="" type="checkbox"/> Igen <input type="checkbox"/> Nem	
<u>Ha nem, akkor melyik elemnél tapasztal eltérést:</u>	
<i>Kutatási kérdések pongyola megfogalmazása</i>	
<u>Megfigyelések leírása:</u>	
<i>A fenti eljárások és módszerek alkalmazásával kategorizáltam, elemeztem a publikációk teljes szövegében található, a kutatási kérdésekhez viszonyított konkrét információkat.</i>	

#### **Intézkedések, fejlesztési javaslatok ismertetése**

*Az irodalomkiválasztás kritériumának meghatározásának érdekében átfogóbb strukturált kutatási kérdések definíciója.*

*A PDSA-munkalap a jövőbeli kutatási célok eléréséhez használható „útmutatóként”, és szükség szerint módosítható, kiegészíthető, valamint frissíthető az irodalomkutatás hatékonyságának és hasznosságának javítása érdekében.*

**Juhász János sk.**  
Aláírás





### 12.3. A számítások eredményeinek összehasonlítása

