

ISSN 2939-6670

TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA
LOGISZTIKAI TUDOMÁNYOS MŰHELY EREDMÉNYEI
2026, 1

Kiadta a Miskolci Egyetem Logisztikai Intézete



MISKOLC 2026

TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA
LOGISZTIKAI TUDOMÁNYOS MŰHELY EREDMÉNYEI
2026, 1

SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG:

Dr. Skapinyecz Róbert, egyetemi docens, Miskolci Egyetem

Dr. Veres Péter, egyetemi docens, Miskolci Egyetem

KIADÓ:

Miskolci Egyetem, Logisztikai Intézet

3515 Miskolc-Egyetemváros

+36 (46) 565–111 / 17-39 mellék

logisztika@uni-miskolc.hu

A cikkek tartalma nem minden esetben egyezik meg a szerkesztőbizottság álláspontjával, azok tartalmáért a szerző(k) felel(nek). A szerkesztőbizottság fenntartja magának a szerkesztés jogát.

Minden jog fenntartva.

A kiadvány bármely részének sokszorosítása vagy fordítása a szerzői jog tulajdonosának engedélye nélkül törvénytelen. Engedélykérést vagy további tájékoztatást a fenti címre kell benyújtani.

ISSN

TARTALOMJEGYZÉK

Bacsó Tamara - Dr. Bányainé Dr. Tóth Ágota:

A REFA időmérés szerepe a munkaszervezés és a logisztikai folyamatok fejlesztésében.....1

Bártfai Zoltán - Dr. Juhász János:

Blokklánc-alapú megoldások alkalmazási lehetőségei az inverz logisztikában.....9

Juhász Nóra - Dr. Nagy Gábor:

Veszélyes áruk raktári tárolásának és kezelésének kockázatelemzése.....18

Kováts Péter - Dr. Skapinyecz Róbert - Dr. Tamás Péter:

Intermodális logisztikai terminálok anyagmozgatásának optimalizálása szimuláció alkalmazásával.....32

Molnár Bálint - Dr. Telek Péter:

Szállítmányozási feladatok során alkalmazott szállítójárművek alkalmazhatóságának és fejlődési irányainak vizsgálata.....38

Nagy Zoltán - Dr. Juhász János:

Modern nyomonkövetési megoldások a logisztikában.....54

A REFA IDŐMÉRÉS SZEREPE A MUNKASZERVEZÉS ÉS A LOGISZTIKAI FOLYAMATOK FEJLESZTÉSÉBEN

Bacsó Tamara

logisztikai mérnöki BSc hallgató, Miskolci Egyetem, Logisztikai Intézet
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: bacsotamara@gmail.com

Dr. Bányainé Dr. Tóth Ágota

egyetemi tanár, Miskolci Egyetem, Logisztikai Intézet
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: agota.banyaine@uni-miskolc.hu

Absztrakt

Napjainkban a vállalatok számára fontos, hogy hatékonyan működjenek. Ennek egyik legjobb módja a munkafolyamatok folyamatos fejlesztése. A termelésben és a logisztikában különösen nagy szerepe van annak, hogy megtaláljuk az idővesztéseket, és elemezzük a különböző folyamatokat. Ebben nyújt segítséget a REFA módszertan, amely lehetővé teszi a munkafolyamatok részletes vizsgálatát és mérését. Ebben a cikkben azt vizsgáljuk, hogy a REFA időmérés hogyan járulhat hozzá a munkaszervezés és a logisztikai folyamatok fejlesztéséhez. A cikk első részében a munkaszervezés és a REFA módszertan alapjait ismertetjük, majd egy raktári komissiózási folyamat példáján keresztül bemutatjuk az időmérés gyakorlati alkalmazását.

Kulcsszavak: REFA, időmérés, munkaszervezés, logisztika

Abstract

Nowadays, it is important for companies to operate efficiently. One of the best ways to do this is to continuously improve work processes. In production and logistics, it is especially important to find time losses and analyze different processes. The REFA methodology helps in this, as it allows for detailed examination and measurement of work processes. In this article, we examine how REFA time measurement can contribute to the development of work organization and logistics processes. In the first part of the article, we describe the basics of work organization and the REFA methodology, and then we demonstrate the practical application of time measurement through the example of a warehouse order-picking process.

Keywords: REFA, time measurement, work organization, logistics

1. Bevezetés

Napjainkban a vállalatoknak a változó piaci körülmények között innovatív módon kell reagálniuk a fokozódó versenyre és a vevők egyre magasabb szolgáltatási színvonalra vonatkozó elvárásaira. A vállalatok sikere azon is múlik, hogy az elvárásoknak megfelelően képesek-e rövidebb átfutási idővel, alacsonyabb költséggel, magasabb szolgáltatási színvonalal működni [1,2].

A munkafolyamatok szervezésében kiemelt szerepet játszik az időgazdálkodás [3]. A folyamatok időigényének pontos meghatározása nélkül nem alakíthatók ki megbízható termelési tervek, nem készíthető pontos költségzsámítás, és a teljesítményértékelés sem valósítható meg objektív módon. A pontatlan időadatok túlterheléshez, kapacitáskihasználatlansághoz, illetve jelentős gazdasági veszteségekhez vezethetnek.

A munkafolyamatok elemzésére és optimalizálására több módszer is rendelkezésre áll, amelyek közül az egyik legismertebb a REFA. Ez a módszertan egy komplex szemléletet ad, amely nem csak az egyes munkaműveletek időmérésére koncentrálna, hanem a teljes munkarendszert vizsgálja. A módszer többek között figyelembe veszi az emberi tényezőket, a munkakörnyezetet, az alkalmazott eszközöket és a folyamatok szervezeti összefüggéseit is [1,2].

A tanulmányban azt vizsgáljuk, hogy a REFA módszer alkalmazása miként járul hozzá a vállalati folyamatok fejlesztéséhez, többek között a logisztikai folyamatok hatékonyságának növeléséhez. A cikkben részletesen ismertetjük a munkaszervezés és az időmérés kapcsolatát, továbbá bemutatjuk a REFA gyakorlati alkalmazását egy raktári kommissiózási folyamat elemzésén keresztül.

2. A munkaszervezés jelentősége a vállalati működésben

A vállalatok hatékonyságát a termelési, logisztikai és szolgáltatási folyamatok együttműködése határozza meg. A hatékony működés érdekében ezért ezeknek a folyamatoknak a megfelelő összehangolása elengedhetetlen [4,5].

A jól kialakított szervezeti rendszer révén a veszteségek csökkenthetők, a folyamatok átláthatósága javítható és a termelékenység növelhető. Napjainkban a vállalatok működésében egyre nagyobb szerepet kap a folyamatorientált szemlélet, amely a vállalatot egymással összekapcsolódó folyamatok rendszerének tekinti [6].

Ez lehetővé teszi az átfutási idők csökkentését és a vevői igények gyorsabb kielégítését. A munkaszervezés egyik fontos eleme a munkamegosztás, amely során a komplex feladatokat kisebb részfeladatokra bontják. Ez elősegíti a specializációt és javíthatja a munkavégzés hatékonyságát, ugyanakkor a túlzott monotonitás hosszú távon csökkentheti a dolgozók motivációját. Emiatt fontos az emberi tényezők és a megfelelő munkakörnyezet figyelembevétele.

A hatékony munkaszervezés alapja a munkafolyamatok objektív elemzése és az időigény pontos meghatározása. Az időmérés segítségével feltárhatók a veszteséghelyek, amelyek csökkentésével javítható a vállalati működés hatékonysága.

Az 1. ábra szemlélteti a munkaszervezés legfontosabb területeit, valamint azok kapcsolatát a vállalati folyamatokkal.



1. ábra. A munkaszervezés fő területei [7]

3. A REFA módszertan elméleti alapjai

A REFA egy német eredetű munkatudományi és üzemszervezési rendszer. A módszert 1924-ben dolgozták ki, amely lehetőséget nyújt a munkafolyamatok elemzésére és fejlesztésére. A REFA alkalmazása során a cél, hogy a munkarendszerek átláthatóbbá, mérhetőbbé és fejleszthetőbbé váljanak [8].

A REFA módszertan egyik legfontosabb jellemzője a rendszerszemlélet. A munkavégzést nem önálló tevékenységek sorozataként kezeli, hanem olyan összetett rendszerként, amelyben az ember, a munkaeszközök, a környezet és a folyamatok kölcsönhatásban állnak egymással. A REFA alkalmazási területe rendkívül széles. A módszertan használható többek között:

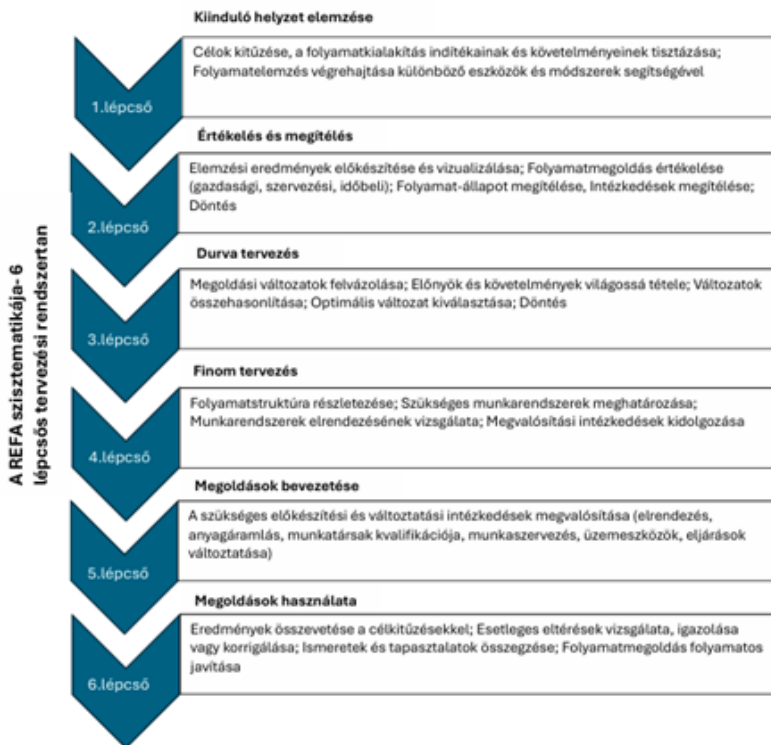
- termelési folyamatok elemzésére,
- logisztikai rendszerek fejlesztésére,
- kapacitástervezésre,
- normaidők meghatározására,
- teljesítményértékelésre.

A REFA rendszer különösen nagy jelentőséggel bír a logisztikában, ahol a folyamatok időigénye közvetlen hatással van a kiszolgálási színvonalra és a költségekre. A raktározási és kommissiózási folyamatokban már kisebb idővesztések is jelentős többletköltségeket eredményezhetnek.

A módszertan egyik legnagyobb előnye az objektivitás. A REFA során meghatározott időadatok valós méréseken alapulnak, ezért alkalmasak a folyamatok pontos értékelésére. A pontos időadatok hozzájárulnak a reális teljesítményelvárások kialakításához és csökkentik a szubjektív megítélésből adódó konfliktusokat.

A REFA módszertan a folyamatos fejlesztés elvét követi. A folyamatok elemzése nem egyszeri tevékenység, hanem többször meg kell ismételni, amelynek során a vállalat folyamatosan vizsgálja és optimalizálja működését. A REFA a folyamatok fejlesztését

szisztematikus lépések mentén valósítja meg, melynek főbb elemeit a 2. ábra szemlélteti.



2. ábra. A REFA tervezési rendszere [7]

A folyamat a kiinduló helyzet feltárásával kezdődik, amely során meghatározzák a vizsgálat céljait és a folyamat jellemzőit. Ezt követi az értékelés és megítélés szakasza, majd a különböző megoldási alternatívák kidolgozása és kiválasztása. A tervezési fázist a megvalósítás követi, végül az eredmények elemzése és visszacsatolása biztosítja a folyamatos fejlesztést.

4. A REFA munkarendszer és az időmérés módszertana

A REFA módszertan egyik alapfogalma a munkarendszer. A munkarendszer olyan elemek összessége, amelyek meghatározott kapcsolatok révén együtt biztosítják egy adott feladat végrehajtását [9,10].

A munkarendszer legfontosabb elemei:

- a munkafeladat,
- a munkafolyamat,
- az ember,
- a munkaeszközök,

- a bemenet,
- a kimenet,
- a környezeti feltételek.

A munkafolyamatok elemzésének egyik legfontosabb lépése azok strukturált felbontása [11]. A REFA a folyamatokat több szinten vizsgálja:

- összfolyamat,
- folyamatszakas,
- művelet,
- műveletelem.

Ez a hierarchikus felépítés biztosítja, hogy az időmérés pontosan és következetesen végrehajtható legyen.

Az időfelvétel célja a munkafolyamatok tényleges időigényének meghatározása. Az időmérés során nem csupán az időtartamot rögzítik, hanem figyelembe veszik a munkakörülményeket, a dolgozó teljesítményét és az esetleges veszteségidőket is.

Az időfelvétel folyamata több egymásra épülő lépésből áll:

- a vizsgált folyamat meghatározása,
- a munkafolyamat felbontása,
- az időadatok rögzítése,
- a teljesítményértékelés,
- az időadatok kiértékelése,
- a normaidő meghatározása.

A REFA két alapvető időmérési módszert különböztet meg, a folyamatos időmérést és az egyedi időmérést. A folyamatos időmérés során a teljes folyamatot megszakítás nélkül mérik, majd utólag számítják ki az egyes műveletek idejét. Az egyedi időmérés esetében minden műveletet külön mérnek.

Az időmérés egyik legfontosabb eredménye a normaidő meghatározása. A normaidő azt az időt jelenti, amely normál teljesítményszint mellett szükséges az adott feladat végrehajtásához. A normaidő az alapidő, a járulékidő és a pihenőidő összege.

A pontos normaidők alapvető szerepet játszanak a termelésirányításban, a költségtervezésben és a kapacitásgazdálkodásban [12].

5. A REFA időmérés alkalmazása a logisztikai folyamatokban

A logisztikai rendszerek működésében különösen fontos szerepet játszik az időgazdálkodás. A raktári folyamatok, az anyagmozgatás és a komissiózás jelentős erőforrásigénnyel rendelkeznek, ezért a folyamatok optimalizálása közvetlen gazdasági előnyökkel járhat [13,14].

A raktári folyamatok egyik legkritikusabb eleme a komissiózás. A komissiózás során a dolgozók a megrendeléseknek megfelelő termékeket gyűjtik össze a raktári tárolóhelyekről. Ez a folyamat általában jelentős mozgásidőkkel jár, ezért a veszteségek könnyen kialakulhatnak.

A REFA időmérési módszertana lehetővé teszi:

- a komissiózási folyamat részletes elemzését,
- az időveszteségek feltárását,

- a mozgási idők csökkentését,
- a raktári útvonalak optimalizálását,
- a normaidők meghatározását.

A logisztikai rendszerekben az időveszteségek leggyakoribb okai [15]:

- nem megfelelő raktári elrendezés,
- túlzott anyagmozgatás,
- rosszul kialakított útvonalak,
- információhiány,
- várakozási idők.

A REFA módszer segítségével ezek a veszteségek számszerűsíthetők és elemezhetők. Az objektív időadatok alapján a vállalat képes meghatározni azokat a fejlesztési intézkedéseket, amelyek a legnagyobb hatékonyságjavulást eredményezik.

A modern logisztikai rendszerekben egyre nagyobb szerepet kapnak a digitális megoldások is. A digitális kommissiózási rendszerek, a vonalkód-technológia és az automatizált adatgyűjtés tovább növelhetik az időmérés pontosságát és a folyamatok hatékonyságát [16].

6. Esettanulmány: kommissiózási folyamat vizsgálata

Az esettanulmány keretében egy iparvállalat központi raktára kommissiózási folyamatának vizsgálatát mutatjuk be REFA időmérés segítségével. A vizsgálat során a feladat a folyamat időigényének meghatározása, a veszteségek azonosítása és a fejlesztési lehetőségek feltárása volt.

A vizsgált folyamat fő lépései:

- kommissiózási lista átvétele,
- tárolóhely azonosítása,
- tárolóhely megközelítése,
- alkatrész kivétele,
- ellenőrzés,
- elhelyezés a gyűjtőládában,
- visszatérés a kiindulási ponthoz.

A vizsgálat során 30 kommissiózási ciklus került elemzésre. Az időfelvétellel stopperóra segítségével került sor valós munkakörülmények között. A mérési eredményeket az 1. táblázat szemlélteti.

1. táblázat. Mérési eredmények

Művelet	Átlagos idő (másodperc)
Kommissiózási lista átvétele	12 s
Tárolóhely azonosítása	15 s
Tárolóhely megközelítése	55 s
Alkatrész kivétele	20 s
Ellenőrzés	18 s
Elhelyezés a gyűjtőládában	15 s
Visszatérés a kiindulási ponthoz	50 s

A teljes komissiózási ciklus átlagos ideje 185 másodperc volt. A mérési eredmények alapján megállapítható volt, hogy a folyamat legidőigényesebb része a raktári mozgás. A tárolóhely megközelítése és a visszatérés együttesen a teljes ciklusidő több mint felét tette ki. Ez arra utal, hogy a raktári elrendezés nem megfelelően támogatja a komissiózási folyamatot.

A megfigyelések alapján az alábbi problémák kerültek azonosításra:

- a gyakran használt alkatrészek távoli tárolása,
- nem optimális raktári elrendezés,
- hosszú mozgási útvonalak,
- felesleges mozgások.

A normaidő meghatározása során figyelembe lettek véve a járulékidők és a pihenőidők is [8].

Normaidő meghatározása az (1) képlet segítségével történik:

$$N = A + J + P \quad (1)$$

ahol A az alapidő, J a járulékidő és P a pihenőidő.

A fentiek alapján

$$N = 185 + 0,06 \cdot 185 + 0,05 \cdot 185 = 205,35 \text{ s} \sim 205\text{s} \quad (2)$$

A meghatározott normaidő tehát megközelítőleg 205 másodperc volt.

A vizsgálat eredményei alapján több fejlesztési javaslat is megfogalmazható:

- a gyakran használt alkatrészek közelebb helyezése,
- optimalizált komissiózási útvonalak kialakítása,
- digitális komissiózási lista alkalmazása,
- a raktári zónák átszervezése.

A fejlesztési intézkedések bevezetését követően újabb időfelvétel készült. Az ismételt mérés során a ciklusidő 185 másodpercről 150 másodpercre csökkent, amely közel 19%-os hatékonyságjavulást jelentett.

Az eredmények igazolják, hogy a REFA időmérési módszertan hatékonyan alkalmazható a logisztikai folyamatok fejlesztésében.

7. Összefoglalás

A cikkben azt vizsgáltuk, hogy a REFA időmérés milyen szerepet játszik a munkaszervezés és a logisztikai folyamatok fejlesztésében. A vizsgálatok alapján megállapítottuk, hogy a pontos időmérésnek és a strukturált folyamatelemzésnek nagy jelentősége van a vállalatok folyamatainak fejlesztésében.

A REFA egyik előnye, hogy rendszerszemléletet alkalmaz a munkafolyamatok elemzése során. A módszer az egyes műveletek időszükséglete mellett figyelembe veszi a munkakörülményeket, az emberi tényezőket és a szervezeti összefüggéseket is.

Az esettanulmány eredményei igazolták, hogy a REFA időmérés alkalmazásával jelentős hatékonyságjavulás érhető el a logisztikai folyamatokban. A komissiózási folyamat elemzése során meghatároztuk a veszteségforrásokat, amelyek a ciklusidő

növekedéséhez vezettek. A fejlesztések révén csökkent a dolgozók műveleti ideje, javult a raktári folyamatok átláthatósága és növekedett a teljesítmény. Ezáltal a vállalat működése gazdaságosabbá és hatékonyabbá vált.

Megállapíthatjuk, hogy a REFA jól alkalmazható a vállalati folyamatok elemzésére és fejlesztésére. A REFA támogatja a folyamatos fejlesztési tevékenységeket, segíti az objektív döntéshozatalt, valamint hozzájárul a logisztikai és munkaszervezési folyamatok hatékonyabb működéséhez.

Irodalom

- [1] Chikán, A. (2020). Vállalatgazdaságtan. Akadémiai Kiadó. ISBN: 9789639078376
- [2] Slack, N., & Brandon-Jones, A. (2020). Operations management (9th ed.). Pearson. ISBN: 978-0-273-73046-0
- [3] Vörös, J. (2018). Termelés- és szolgáltatásmenedzsment. Akadémiai Kiadó.
- [4] Bögel, G., Ható, K., Keresztes, J., Salamonné Huszty, A., & Zárda, S. (2002). Szervezési és vezetési ismeretek. SZÁMALK.
- [5] Demeter, K. (2013). Termelés, szolgáltatás, logisztika. Wolters Kluwer.
- [6] Womack, J. P., & Jones, D. T. (2010). Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation (2nd ed.). Simon & Schuster. ISBN: 9781471111006
- [7] REFA Association. (n.d.). Bevezetés a folyamatadat-menedzsmentbe [Oktatási anyag].
- [8] REFA Association. (2015). REFA methodology manual. REFA Bundesverband.
- [9] Freivalds, A., & Niebel, B. (2013). Methods, standards, and work design (13th ed.). McGraw-Hill Education. ISBN: 9781280781971
- [10] Barnes, R. M. (2009). Motion and time study: Design and measurement of work (7th ed.). Wiley. ISBN: 9780471059059
- [11] Meyers, F. E., & Stewart, J. R. (2002). Motion and time study for lean manufacturing. Prentice Hall. ISBN: 9780130316707
- [12] Groover, M. P. (2013). Work systems: The methods, measurement & management of work. Pearson Education. ISBN: 9781292053363
- [13] Richards, G. (2011). Warehouse management: A complete guide to improving efficiency and minimizing costs in the modern warehouse (3rd ed.). Kogan Page. ISBN: 9780749460754
- [14] Prezenszki, J. (2010). Logisztika I. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem. ISBN: 9634317960
- [15] Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A., & Tanchoco, J. M. A. (2010). Facilities planning (4th ed.). Wiley. ISBN: 978-0-470-44404-7
- [16] IPIC International AG. (n.d.). Die Zeitaufnahme bzw. Zeitstudie nach REFA Standards. URL: <https://ipic-consulting.com/refa-suisse-consulting/zeitaufnahme-nach-refa-methoden> (Letöltve: 2026.05.14.)

BLOKKLÁNC-ALAPÚ MEGOLDÁSOK ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI AZ INVERZ LOGISZTIKÁBAN

Bártfai Zoltán

Hallgató, Miskolci Egyetem Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Logisztikai Intézet
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: zoltan.bartfai@student.uni-miskolc.hu

Dr. Juhász János

Egyetemi adjunktus, Miskolci Egyetem Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Logisztikai
Intézet
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: janos.juhasz1@uni-miskolc.hu

Absztrakt

Az inverz logisztika szerepe az elektronikus kereskedelem térnyerésével folyamatosan növekszik, ugyanakkor a visszaáru-kezelést jelentős bizonytalanság, magas költségek, valamint az információáramlás és a bizalom hiányából eredő problémák nehezítik. A tanulmány azt vizsgálja, hogy a blokklánc-technológia, az okosszerződések és a dolgok internete (IoT) miként javíthatja az inverz logisztikai folyamatok átláthatóságát, nyomon követhetőségét és megbízhatóságát. A kutatás szisztematikus szakirodalra épül, amely bemutatja a technológia előnyeit, korlátait és bevezetésének akadályait. Az eredmények szerint a blokklánc-alapú megoldások különösen a több szereplőt érintő inverz ellátási láncokban növelhetik az adatok hitelességét, automatizálhatják a folyamatokat és erősíthetik a résztvevők közötti bizalmat.

Kulcsszavak: Inverz logisztika, visszaáru-problémák, IoT, blokklánc, ellátási lánc optimalizálása, okosszerződés

Abstract

Reverse logistics has become increasingly important with the growth of e-commerce, yet return management remains challenged by uncertainty, high costs, limited information sharing, and lack of trust. This study examines how blockchain, smart contracts, and the Internet of Things (IoT) can improve the transparency, traceability, and reliability of reverse logistics processes. Based on a systematic literature review, it identifies the main benefits, limitations, and implementation challenges of these technologies. The findings indicate that blockchain-based solutions are particularly valuable in multi-stakeholder reverse supply chains by improving data integrity, automating processes, and strengthening trust among participants.

Keywords: reverse logistics, blockchain technology, Internet of Things (IoT), smart contracts, return management, supply chain transparency.

1. Bevezetés

Az inverz logisztika mára a logisztikai és ellátáslánc-menedzsment egyik legkomplexebb, mindennapi kihívásává nőtte ki magát. Míg a hagyományos, leegyszerűsített modellekben az ellátási lánc egyirányú, és a termék útja a gyártótól a végső felhasználóig terjed, addig az inverz logisztikában ez a folyamat fordítva érvényesül: a lánc a felhasználótól indul, és visszahaladva egészen a gyártóig vagy a kereskedőig, forgalmazóig tart. A digitalizáció és különösen az e-kereskedelem robbanásszerű elterjedésének köszönhetően ennek a területnek a szerepe drasztikusan megnőtt, olyannyira, hogy napjainkra szinte önálló iparágga nőtte ki magát.

A hatékony visszaáru-kezelés ma már messze túlmutat a pusztán problémamegoldáson vagy költségminimalizáláson. Közvetlen és jelentős hatással van a kereskedő piaci megítélésére, a vásárlói élményre, valamint a hosszú távú vásárlói lojalitásra is. Emiatt kiemelkedően fontos a visszaáru-logisztika precíz, gyors és ügyfélközpontú lebonyolítása. Számos modern vállalat már nem teherként, hanem komplex versenystratégiai tényezőként, ügyfélelégedettség-növelő eszközként, illetve az eszközök és nyersanyagok visszaszerzésének kulcsfontosságú színtereként tekint az inverz logisztikára [1]. Ugyanakkor ez a fordított irányú anyagáramlás rendkívül terhelt. A folyamatot időbeli, mennyiségi és minőségi kiszámíthatatlanság, magas munkaerő- és adminisztrációs költségek, valamint a transzparencia hiányából fakadó gyakori visszaélések és csalások nehezítik. Ezen bizonytalanságok leküzdésére a hagyományos informatikai és szervezési megoldások sokszor már nem nyújtanak kielégítő választ.

A tanulmány célja annak vizsgálata, hogy a decentralizált működésű blokklánc-technológiának van-e reális létjogosultsága és helye a visszaáru-logisztikában. A vizsgálat arra keresi a választ, hogy a technológia a hozzá kapcsolódó okos szerződésekkel (Smart Contracts) és a dolgok internete (IoT) eszközökkel kiegészülve képes-e növelni a folyamatok átláthatóságát és a rendszerbe vetett bizalmat, vagy az implementációs kihívások miatt csupán tovább bonyolítaná az amúgy is nehéz folyamatokat. Ennek érdekében a tanulmány áttekinti a témához kapcsolódó kutatási eredményeket, valamint elemzi a technológia előnyeit és korlátait, majd ezek alapján következtetéseket fogalmaz meg a blokklánc jövőbeli alkalmazhatóságára vonatkozóan.

A probléma súlyát és aktualitását jól szemlélteti a hazai e-kereskedelmi piac helyzete is. Magyarországon az utánvételes rendelések még mindig kiemelkedően magas aránya miatt az át nem vett csomagok jelentős logisztikai és pénzügyi terhet rónak a kereskedőkre. Éves szinten mintegy hárommilliárd forint kárt okoznak az át nem vett küldemények [2].

A tanulmány első része részletesen bemutatja a visszaáru-logisztikában rejlő legfontosabb problémákat. Ezt követően ismertetésre kerül a blokklánc-technológia, valamint a hozzá szorosan kapcsolódó dolgok internete (IoT) és az okos szerződések alapvető működése. A következő fejezetek a technológia implementálásának akadályait és lehetséges alkalmazási területeit vizsgálják az inverz logisztikában.

Végül összegzésre kerülnek a kutatás során feltárt eredmények és a blokklánc-technológia alkalmazhatóságával kapcsolatos következtetések.

2. A visszaáru problémái

2.1. Magas költségek

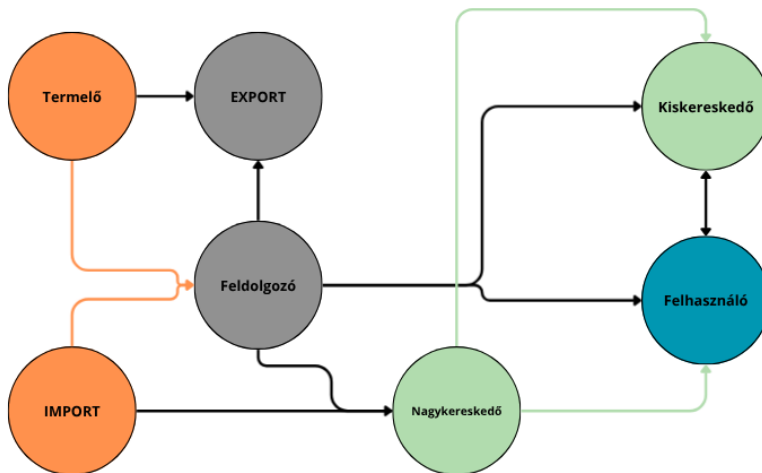
Amikor a kereskedőhöz először megérkezik a termék, az egységgrakományként, megfelelően összekészítve, egységesen csomagolva ér oda. Ezzel szemben az inverz logisztikában ezek a visszaküldött termékek keveredve, különféle csomagolásban és különféle állapotban érkeznek meg. Ennek a kezelése már egy külön folyamatszervezési feladat, amely munkaerőt és időt igényel. Emellett fontos kiemelni, hogy bizalmat is ugyanúgy igényel, hiszen olyan munkaerő kell ennek a feladatnak az ellátására, aki ismeri a terméket (képes azt ellenőrizni), el tudja azt dönteni, hogy az újraértékesíthető-e, és ha igen akkor mennyiért. Ennek a szakembernek javaslatot kell tudnia tenni, és véleményeznie kell a terméket.

2.2 Csalási problémák

A visszaáru-kezelési folyamatokkal kapcsolatban a csalások és visszaélések jelentős problémát jelentenek. Ennek egyik ismert példája Oobah Butler és az Amazon esete [3]. Butler rájött arra, hogy az Amazonnál a visszaáruk kezelését olyan robotok végzik, amelyek jóformán csak megméri, hogy a visszaküldött csomag tömege megegyezik-e a kiküldött csomag tömegével, amelyben az eredeti termék volt. Ha a két tömeg megegyezett abban az esetben elfogadják a visszaárut. Ezt a rendszerbeli hiányosságot használta ki a brit férfi. Kátyútömő anyagot rendelt, azt kiöntötte a csomagolásából, majd homokkal töltötte meg azt. Ezt a homokkal teli zsákot visszaküldte az Amazonnak, amely a befogadás után azt hitelesítette és visszatérítette a férfinak a rendelés összegét. Ez amellet, hogy morálisan megkérdőjelezhető, rengeteg erőforrást pazarol el.

2.3. Kiszámíthatatlanság

Egy adott nap kezdetén nem tudhatjuk előre, hogy az értékesített termékek hány százaléka fog visszatérni a raktárunkba visszaáruként. A kiszámíthatatlanság esetén három külön dimenziót lehet megállapítani a kiszámíthatatlanság esetén. Időbeli, mennyiségi és minőségi bizonytalanságot. Az időbeli bizonytalanság azt jelenti, hogy nem tudni mikor érkezik vissza termék. Szezonálisan ezt meg lehet becsülni (például: Black Friday, készletkísőprés, Glamour-napok) amikor a tranzakciószám növekedése alapból is várható. Ilyenkor a raktárban nagyobb valószínűséggel halmozódik fel jelentős mennyiségű visszaáru. A második a mennyiségi bizonytalanság.



1. ábra. A jelenlegi ellátási lánc modellje

A visszaküldési arányok (return rate) változóak. Ruházati cikkek esetén különböző beszámolók alapján a termékek negyede is visszakérülhet [4]. Ennek okai a kontinensek közötti méretjelölések eltérései vagy akár képernyőhöz képesti színbeli különbségek. A harmadik pedig a minőségi bizonytalanság, talán ez jelenti a legnagyobb problémát mind közül. Ahogy azt már fentebb is említettem, a visszaküldött termékek állapota rendkívül változó lehet. Érkezhet a termék bontatlanul, használtan, sérülten vagy akár hiányosan is. Az a tény, hogy egy termék ilyen sokféleképpen visszatérhet kizárja az automatizálást, és szükségessé teszi, hogy minden egyes darabot egy szakember vizsgáljon meg. Csak így állapítható meg, hogy az adott termék újraértékesíthető, javítandó vagy selejtezendő.

2.3.1. Minőségi kiszámíthatatlanság

A minőségi kiszámíthatatlanság kezelésére, az okoszerződések alkalmazásával, (amelyek részletes ismertetése a 3.2. alfejezetben található) különböző minőségi kategóriák hozhatók létre, melyeket a rendszerben rögzítve sokkal hatékonyabban lehet kezelni. Ezek segítségével a minőségileg kifogásolt termékek visszaáru-kezelése egyszerűbb. Az okoszerződések sajátosságaiból fakadóan pedig a pénzvisszatérítés is automatizáltan, a korábbinál sokkal gyorsabban és gördülékenyebben mehet végbe.

2.4. Ügyfélélmény

Hamarabb válunk egy e-kereskedelmi szolgáltató hűséges vásárlójává, ha megtapasztaljuk, hogy probléma esetén hogyan jár el az adott webshop. Sőt, számos fogyasztó már a rendelés előtt tájékozódik arról, hogy az adott kereskedőnél van-e lehetőség ingyenes visszaküldésre, illetve mennyi idő áll rendelkezésre a visszaáru-ügyintézésére. Ezeknek az információknak a feltüntetése csökkentheti a vásárló bizonytalanságát a vásárlás előtt. Ha mégis arra kerülne a sor, hogy a vásárolt terméket

vissza kell küldeni, abban az esetben törekedni kell arra, hogy ez a folyamat a vásárló számára egyszerű és gyors legyen. Viszont ezek a szempontok logisztikai szempontból csak nehezítő körülményként azonosíthatók. A csomagautomatán keresztül történő visszaküldés a vásárlónak kényelem, a raktárnak és a szolgáltatónak pedig pluszfeladat, hiszen nem egységes formában érkeznek be a termékek. Ezzel párhuzamosan, a vásárló minél hamarabb meg szeretné kapni a visszatérítést, ami ismét komoly kihívás, hiszen ahhoz, hogy a tranzakció megtörténhessen előzetesen meg kell vizsgálni és ellenőrizni kell az adott terméket.

2.5. Az át nem vett csomagok trendje Magyarországon

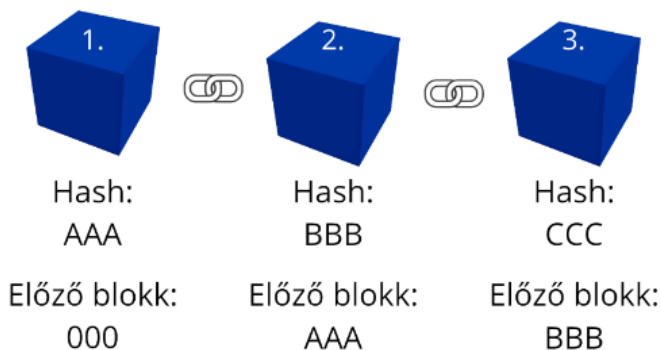
Az Ecommerce Hungary 2023 decemberében végzett felmérése alapján, az utánvételes rendelések hazánkban több mint a 60%-át teszik ki. Az utánvét a vevő számára egyfajta biztonságot ad, hiszen, ha nem érkezik meg a csomag, akkor nem fizetett érte feleslegesen. Viszont ez az e-kereskedelmi résztvevők számára komoly kockázatot és lekötött tőkét jelent. Amennyiben az adott árut visszaküldik, az az újraértékesítésig folyamatosan lekötött tőke marad, ami növeli a bizonytalanságot. Továbbá a nagy összegű lekötött tőke a vállalatok likviditását is veszélyezteti. Abban az esetben, ha a vásárló nem veszi át a terméket, a többszöri kézbesítési kísérlet, valamint az adminisztráció díja extra kiadásként jelenik meg [6]. Egy ilyen át nem vett csomag nettó 3200 forint költséget jelent a kereskedőknek [5]. Ez a kár éves szinten körülbelül hárommilliárd forintra tehető.

E jelenség ellen próbálnak tenni az Utánvét Ellenőr nevezetű magyar startup szolgáltatásával, amelybe az Ecommerce Hungary Egyesület Kisvállalati és Középvállalati Tagozata is támogatóként szállt be. A két említett tagozat 10-10 százalékos részesedést vásárolt a vállalkozásban. A szolgáltatás lényege, hogy ellenőrzi a vásárlók reputációját, mielőtt az utánvéttel rendelt csomagot feladnák. „A vásárlót a rendelési folyamat során, az adatai megadását követően, a rendelési folyamat megakasztása nélkül, a háttérben leellenőrizzük: megnézzük, hogy a megadott adatok alapján van-e információnk a korábbi átvett és át nem vett rendeléseiről. A rendszerünk ezek alapján megbízhatósági mutatószámot számol, melyet az átvett és át nem vett rendelések mennyiségei, döntési javaslat és indokolás társaságában válaszként visszaküld. A webshopod ezt követően – az integrációtól és a beállításoktól függően – dönt, hogy melyik fizetési módok legyenek elérhetőek a vásárlónak.” [7]

3. A blokklánc technológia alapjai

A blokkláncok decentralizált adatbázisok. Az ezekben található feljegyzések nem egy központi szerveren, hanem a hálózatot alkotó felhasználók számítógépén tárolják. Minden egyes blokk tartalmazza magát az adatot (vagy adatokat), egy egyedi azonosítót (hash-t), valamint az előző blokk hash-ét. A hash egy egyedi azonosító, amely kizárólag arra az egy blokkra érvényes. Ez a blokk létrehozásakor automatikusan jön létre a benne tárolt adatok függvényében. Éppen ezért lehetetlen a blokkok utólagos manipulálása, hiszen ezek a hash-ek biztosítják a lánc integritását.

Ezek a láncba kapcsolt blokkok iteratív módon keletkeznek, egészen a legelső, azaz a nulladik blokkig (úgynevezett genezisblokkig) visszamenőleg biztosítják az információk hiteles tárolását.



2. ábra. A blokklánc felépítése

A blokkláncok alapvetően peer-to-peer (P2P) architektúrára épülő rendszerek, ami azt jelenti, hogy a hálózatban lévő végpontok (csomópontok vagy számítógépek) központi irányító nélkül, közvetlenül kommunikálnak egymással [8]. Ennek a decentralizált hitelesítési protokollnak köszönhető, hogy a felhasználók kiemelkedő bizalommal tekintenek a blokklánc technológia iránt.

3.1. Munkabizonyíték rendszere (Proof-of-work)

A munkabizonyíték (angolul Proof-of-work, röviden PoW) a kriptográfiai bizonyítás egyik formája, amely során egy hálózati résztvevő (a bizonyító) igazolja a többiek (a hitelesítők) számára, hogy meghatározott mennyiségű, számítási kapacitást fektetett egy adott feladat elvégzésébe [9]. A hálózat többi résztvevője ezt az eredményt már minimális számítási ráfordítással képes ellenőrizni és megerősíteni. A mechanizmus célja éppen az, hogy bár a hitelesítőktől minimális feldolgozási időt követel meg, az új blokkok létrehozását szándékosan lelassítja, ezzel növelve a rendszer biztonságát. Erre azért van szükség, mert amennyiben egy rosszindulatú szereplő manipulálni kívánná a blokkok hash-értékeit, a lassítás miatt újra kellene számolnia a módosított blokk és az azt követő blokkok munkabizonyítékát. Ez az óriási számítási igény a gyakorlatban szinte teljesen kizárja a visszamenőleges manipuláció lehetőségét. A szükséges számítási idő hálózatonként változó. A Bitcoin esetében egy új blokk létrehozása átlagosan 10 percet vesz igénybe, míg az Ethereum hálózatában ez az érték 12 másodperc [10].

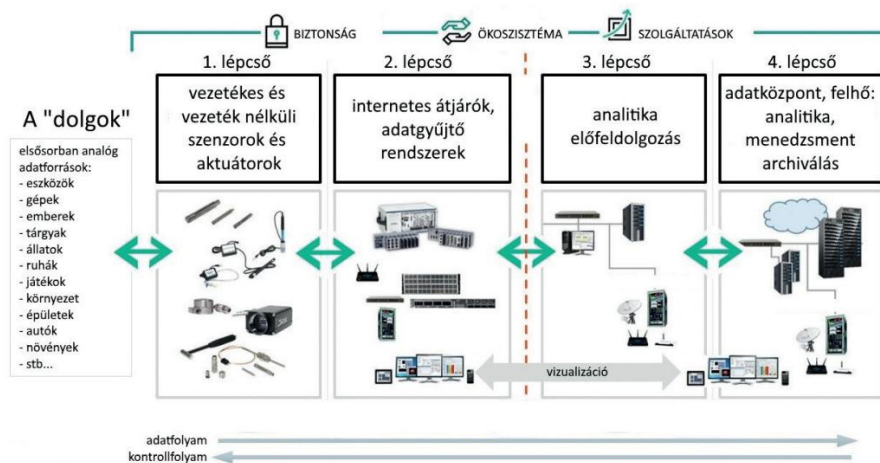
3.2. Okosszerződések (Smart contracts)

Az okosszerződések (angolul smart contracts) olyan számítógépes programok, illetve tranzakciós protokollok, amelyeknek a célja a megállapodások és szerződések feltételeinek automatikus végrehajtása, ellenőrzése, valamint dokumentálása [11]. Az

okosszerződések működése a „ha–akkor” (if–then) logikára épül, vagyis, ha az előre tisztázott és a kódba foglalt feltételek teljesülnek, a program emberi beavatkozás vagy harmadik fél bevonása nélkül hajtja végre a kívánt műveleteket. A technológia legfőbb célja a tranzakciós költségek csökkentése, valamint a közvetítők (például bankok) kiiktatása. A koncepció már több évtizede létezik, viszont a gyakorlati és biztonságos megvalósítását csak a decentralizált blokklánc technológia tette lehetővé. A hitelesítés szintén egy peer-to-peer hálózaton történik, amelynek legfőbb előnye, hogy az adatok utólag, visszamenőleg már nem módosíthatók.

3.3. Dolgok Internete (Internet of Things – IoT) megoldások

A dolgok Internete (IoT) olyan elektronikai eszközök hálózatát jelenti, amelyek képesek lényegi információt feldolgozni és azokat a hálózaton továbbítani. Ezek az eszközök a gyakorlatban olyan szenzorokkal ellátott fizikai objektumok, amelyeknek szoftveres támogatással is rendelkeznek. Az IoT-technológiák legismertebb példái közé tartoznak az okostévék, okoshűtők, okosporszívók és okostermosztátok. Az ezekből az eszközökből kinyert információkkal azonban a blokklánc adatai is kiegészíthetők, ami jelentősen megkönnyíti az inverz logisztikai folyamatokat. Ezeknek az eszközöknek további nagy előnye, hogy nem feltétlenül kell az internetre kapcsolódniuk, elegendő, ha egy zárt hálózaton belül képesek kommunikálni, és ezáltal adatokkal táplálni a blokkláncot [1]. Ez a technológiai integráció nagymértékben javítja a termékek nyomon követhetőségét, és hatékony választ kínál a bizalmi problémákra.



3. ábra. Az IoT négylépcsős architektúrája [7]

3.4. A blokklánc alkalmazásának a hátrányai

A blokklánc-technológia, különösen a Proof-of-work mechanizmusra épülő rendszerek esetében, rengeteg számítási erőforrást és ezáltal energiát igényel. Mivel ezek a hitelesítési folyamatok folyamatosan zajlanak, nagyon komoly környezeti hatásokkal járnak, amelyek ellentmondanak a modern fenntarthatósági törekvéseknek. Továbbá a blokkláncok üzemeltetése rendkívül tárhelyigényes feladat. A peer-to-peer hálózat sajátosságából fakadóan a rendszer összes szereplőjének tárolnia kell a blokklánc összes elemét. Ez a konzisztens, számtalan másolatot megkövetelő működés jelentős adatközponti kapacitást igényel. Ezenfelül a jelenlegi vállalati szférában nagyrészt, még nem áll rendelkezésre az a fejlett informatikai háttér és kiszolgáló infrastruktúra, amely zökkenőmentesen tudná kezelni ezt a technológiát. Továbbá számos különböző, blokklánc-alapú mechanizmus és platform van jelenleg a piacon. Ezek a rendszerek sokszor nem kompatibilisek egymással, ami komolyan nehezíti a különféle informatikai rendszerek összekapcsolását, akár egyetlen cégcsoporton belül is. Végül a blokklánc kizárólag akkor működik hatékonyan, ha az inverz ellátási lánc minden szereplője - a termelőtől, a fuvarozón át egészen a feldolgozóig - a rendszer tagja. Ez a láncszintű integráció egy rendkívül hosszadalmas és összetett folyamat.

4. Összefoglalás

A szakirodalmi eredmények alapján a blokklánc-technológia alkalmazása számos előnnyel járhat az inverz logisztikai folyamatokban, ugyanakkor a széles körű bevezetést jelentős akadályok nehezítik. A legfontosabb korlátozó tényezők közé a magas beruházási költségek, a megfelelő informatikai infrastruktúra hiánya, a szakképzett munkaerő korlátozott rendelkezésre állása, valamint az ellátási lánc szereplőinek együttműködési nehézségei tartoznak.

A vizsgált kutatások alapján a technológia különösen olyan inverz ellátási láncok esetében lehet előnyös, ahol több szereplő együttműködésére, valamint hiteles és megmásíthatatlan adatok kezelésére van szükség. Az okos szerződések alkalmazása csökkentheti az adminisztrációs terheket, míg az IoT-eszközök által szolgáltatott valós idejű adatok hatékonyabb döntéshozatalt tehetnek lehetővé.

Ugyanakkor a blokklánc-technológia széles körű elterjedését jelenleg több tényező is korlátozza. A magas beruházási költségek, az informatikai infrastruktúra hiányosságai, a szakemberhiány, valamint az ellátási lánc szereplőinek összehangolt együttműködése jelentős kihívást jelent a gyakorlati alkalmazás során.

Összességében megállapítható, hogy a blokklánc-technológia hosszú távon ígéretes eszköz lehet az inverz logisztikai folyamatok fejlesztésében, azonban széles körű alkalmazásához további technológiai fejlődésre, iparági együttműködésre és gyakorlati tapasztalatokra van szükség.

Irodalom

- [1] Muduli, K., Luthra, S., Garza-Reyes, J. A., & Huisingh, D. (2023). Application of blockchain technology for addressing reverse logistics challenges: current status and future opportunities. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 24(1), 1–6. DOI: <https://doi.org/10.1080/16258312.2023.2165279>
- [2] Adó Online. (2024). Ringbe száll az Ecommerce Hungary az át nem vett csomagok elleni harcban. URL: <https://ado.hu/cegvilag/ringbe-szall-az-ecommerce-hungary-az-at-nem-vett-csomagok-elleni-harcban/>
- [3] Aroesti, R. (2023, October 19). The Great Amazon Heist review – how a prankster took on the online behemoth and (sort of) won. *The Guardian*.
- [4] Kosárérték. (2024). Rémálom a visszaküldött áruk logisztikai kezelése, de a szellemek megszelídíthetők. URL: <https://kosarertek.hu/piac/remalom-a-visszakuldott-aruk-logisztikai-kezelese-de-a-szellemek-megszelidithetok/>, 2026.05.20.
- [5] Buzás, A. (2024). Hanyagok és webshopbetyárok figyelem: vége az utánvéttel szórakozásnak. *Kosárérték*. URL: <https://kosarertek.hu/piac/hanyagok-es-webshopbetyarok-figyelem-vege-az-utanvettel-szorakozasnak/>, 2026.05.20
- [6] Internet of Things. (2026.05.17.) Wikipédia. Lekérdezve: 2026.05.18., URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_things
- [7] Utánvét Ellenőr. Lekérdezve: 2026.05.18, <https://utanvet-ellenor.hu>
- [8] Peer-to-peer. (2026.05.14.) Wikipédia. Lekérdezve: 2026.05.18., URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Peer-to-peer>
- [9] Proof-of-work. (2026.03.24.) Wikipédia. Lekérdezve: 2026.05.18., URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Proof_of_work
- [10] Blockchain. (2026.04.13.) Wikipédia. Lekérdezve: 2026.05.18., URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Blockchain>
- [11] Smart contract. (2026.04.08.) Wikipédia. Lekérdezve: 2026.05.18., URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Smart_contract

VESZÉLYES ÁRUK RAKTÁRI TÁROLÁSÁNAK ÉS KEZELÉSÉNEK KOCKÁZATELEMZÉSE

Juhász Nóra

logisztikai mérnöki szakos hallgató, Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar,
Logisztikai Intézet

Cím: 3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: juhasznora05@gmail.com

Dr. Nagy Gábor

egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Logisztikai Intézet

Cím: 3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: gabor.nagy4@uni-miskolc.hu

Absztrakt

A veszélyes áruk raktári tárolása és kezelése a logisztikai rendszerek egyik kiemelt biztonsági területe. A nem megfelelő tárolási környezet, az anyagmozgatási hiba vagy a hiányos szervezeti szabályozás súlyos emberi, környezeti és gazdasági következményekkel járhat. A tanulmány a veszélyes áruk raktári logisztikájában megjelenő fő kockázatokat rendszerezi, majd a kockázati mátrix, az FMEA és a HAZOP szemlélet raktári alkalmazhatóságát mutatja be. A cikk szekunder kutatásra és modellalapú demonstrációra épül. Az eredmények szerint a technikai, emberi és szervezeti tényezők csak integrált módon kezelhetők hatékonyan. A javasolt keretrendszer a veszélyforrások azonosítását, a kockázatok rangsorolását, a védelmi rétegek kijelölését és a monitoringot egységes üzemeltetési ciklusba rendezi.

Kulcsszavak: veszélyes áruk, raktári logisztika, kockázatelemzés, FMEA, logisztikai biztonság

Abstract

The warehouse storage and handling of dangerous goods is a critical safety issue in logistics systems. Inadequate storage conditions, material-handling failures or weak organisational control may lead to serious human, environmental and economic consequences. The paper classifies the main risks related to dangerous goods in warehouse logistics and discusses the warehouse applicability of the risk matrix, FMEA and HAZOP approach. The study is based on secondary research and a model-based demonstration. The results indicate that technical, human and organisational factors can be managed effectively only through an integrated approach. The proposed framework links hazard identification, risk prioritisation, protective layers and monitoring into a single operational cycle.

Keywords: dangerous goods, warehouse logistics, risk analysis, FMEA, logistics safety

1. Bevezetés

A veszélyes áruk kezelése a modern ellátási láncokban nem pusztán jogszabályi megfelelési kérdés. A raktár olyan csomópont, ahol az áruk hosszabb ideig, nagyobb koncentrációban és gyakran több anyagsoporttal együtt vannak jelen. Ez növeli a tűz, a szivárgás, a robbanás, a mérgezés és a környezeti kibocsátás kockázatát [1, 2]. A raktári események hatása túlnyúlhat a vállalati működésen, és érintheti a munkavállalókat, a környezetet, a lakosságot és a beszállítói hálózatot is [3, 4]. A veszélyes anyagokkal kapcsolatos raktári kockázatok jellemzően nem egyetlen okra vezethetők vissza. Egy technikai hiba önmagában is veszélyt jelenthet, de kritikus eseménnyé rendszerint akkor válik, ha emberi mulasztás, hiányos jelölés, elmaradó karbantartás vagy gyenge szervezeti kontroll is társul hozzá [5, 6]. A témakör szakirodalmi jelentős figyelmet fordít a veszélyes áruk szállítására és a folyamatipari biztonságra, miközben a raktári környezet sajátos kockázati struktúrája külön vizsgálatot igényel [3, 7]. A tárolási sűrűség, a belső anyagmozgatás, a kommissiózás, a hőmérsékleti feltételek és a készletnyilvántartás pontossága egyaránt befolyásolja a kockázati szintet. A cikk ezért a veszélyes áruk raktári tárolásának és kezelésének kockázatelemzésére összpontosít. A tanulmány egyrészt rendszerezi a fő kockázatokot, másrészt bemutatja, hogy a kockázati mátrix, az FMEA és a HAZOP módszer hogyan használható a raktári folyamatok biztonsági vizsgálatára [8, 9]. A cikk végén egy integrált keretrendszer javaslata jelenik meg, amely a veszélyazonosítást, az értékelést, az intézkedések kijelölését és a monitoringot egységes folyamatként kezeli.

2. Veszélyes áruk és raktári logisztika elméleti alapjai

2.1. A veszélyes áruk fogalma és osztályozása

Veszélyes árunak tekinthetők azok az anyagok és tárgyak, amelyek fizikai, kémiai vagy biológiai tulajdonságaik miatt veszélyt jelenthetnek az emberi egészségre, a környezetre vagy az anyagi javakra [1]. Ilyen tulajdonság lehet például a gyúlékonyság, a robbanóképesség, a mérgező hatás, a maró jelleg vagy a radioaktivitás. A veszélyes áruk kezelése ezért speciális jelölést, csomagolást, elkülönítést és dokumentációt igényel [4, 10]. A közúti szállítás és a logisztikai kezelés egyik meghatározó szabályozási kerete az ADR rendszer, amely a veszélyes árut veszélyességi osztályokba sorolja. Az osztályozás célja, hogy az anyag jellemzői alapján egyértelmű legyen a szükséges tárolási, kezelési és szállítási követelmény. A raktárban ez különösen fontos, mert a nem kompatibilis anyagok közelsége vagy a hibás jelölés baleseti láncot indíthat el [2, 10].

1. táblázat. Veszélyes áruk ADR szerinti fő osztályai (saját szerkesztés [10] alapján)

ADR osztály	Anyagtípus	Raktári példa
1	Robbanóanyagok	pirotechnikai termékek
2	Gázok	propánpalack
3	Gyúlékony folyadékok	benzin, oldószer
4	Gyúlékony szilárd anyagok	kén
5	Oxidáló anyagok és peroxidok	nitrátok
6	Mérgező és fertőző anyagok	ciánvegyületek
7	Radioaktív anyagok	izotópforrás
8	Maró anyagok	savak, lúgok
9	Egyéb veszélyes anyagok	lítium akkumulátor

2.2. A raktári folyamatok biztonsági sajátosságai

A raktári logisztika több egymásra épülő műveletből áll. Ide tartozik az áruátvétel, az azonosítás, a minőségi és mennyiségi ellenőrzés, a betárolás, az anyagmozgatás, a komissiózás, a csomagolás és a kiszállítás. Veszélyes áruk esetén ezek a műveletek fokozott kontrollt igényelnek, mert egy hibás címke vagy rossz tárolási hely későbbi tűzvédelmi, környezetvédelmi vagy munkabiztonsági problémát is okozhat [2, 10]. A raktárban a kockázatot a készletkoncentráció is növeli. Nagyobb anyagmennyiség esetén egy kisebb szivárgás vagy hőmérsékleti eltérés gyorsabban válhat kritikus eseménnyé [1, 4]. A kockázatok kezelése ezért nem korlátozható az egyes műveletekre. A teljes raktári rendszer kapcsolatát kell vizsgálni, beleértve az infrastruktúrát, a berendezéseket, a dolgozói kompetenciát, a dokumentációt és a vészhelyzeti eljárásokat is [3].

3. A kockázat és a kockázatelemzés elméleti háttere

A kockázat a nem kívánt esemény bekövetkezési valószínűségének és a lehetséges következmények súlyosságának együttes értelmezése [6, 7]. A veszély önmagában egy károsító tényező jelenlétét jelenti, míg a kockázat azt mutatja meg, hogy ez a veszély adott körülmények között milyen eséllyel és milyen hatással valósulhat meg. Egy gyúlékony folyadék jelenléte például veszélyt jelent. A tényleges kockázat azonban függ a tárolási hőmérséklettől, a szellőzéstől, a tűzvédelmi rendszertől, a dolgozók képzettségétől és az ellenőrzési gyakoriságtól [1, 2].

$$R = P \times C \quad (1)$$

Az (1) összefüggésben R a kockázat mértéke, P a bekövetkezési valószínűség, C pedig a következmény súlyossága. A gyakorlatban a logisztikai rendszerekben gyakran kvalitatív vagy félkvantitatív értékelés történik, mert sok raktári eseményről nem áll rendelkezésre elegendő statisztikai adat [3, 7]. Ilyenkor a szakértői becslés, a kockázati mátrix vagy az FMEA jól használható döntéstámogató eszköz [8].

A kockázatkezelés ciklikus folyamat. A veszélyforrások azonosításával kezdődik, majd a kockázatok elemzése és értékelése következik. Ezután határozhatók meg a

kockázatsökkentő intézkedések. A folyamat csak akkor működik megbízhatóan, ha rendszeres monitoring, audit és visszacsatolás is kapcsolódik hozzá [3, 6]. A raktári biztonság tehát nem egyszeri feladat, hanem folyamatos fejlesztési rendszer.

4. Kockázati tényezők a veszélyes áruk raktári kezelésében

4.1. Technikai, emberi és szervezeti kockázatok

A veszélyes áruk raktári logisztikájában a kockázatok három fő csoportba rendezhetők: technikai, emberi és szervezeti tényezők szerint [6, 7]. A technikai kockázatok a raktári infrastruktúrához, a tárolórendszerekhez, az anyagmozgató eszközökhöz és a biztonsági berendezésekhez kapcsolódnak. Ilyen kockázat lehet a hibás polcrendszer, a sérült csomagolóeszköz, a nem megfelelő szellőztetés vagy a meghibásodott tűzjelző rendszer [2, 10]. Az emberi tényezők közül eredő kockázatok gyakori okai a figyelmetlenség, a túlterhelés, a hiányos képzés, a szabályok be nem tartása vagy a hibás kommunikáció [5]. Veszélyes áruknál ezek különösen súlyos következményekkel járhatnak. A szervezeti kockázatok a szabályozás, az ellenőrzés és a felelősségi rendszer hiányosságaihoz köthetők. Ha a munkautasítások nem egyértelműek, az auditok ritkák, vagy a tárolási szabályok nincsenek összhangban a napi gyakorlattal, akkor a technikai védelem hatékonysága is csökken [3, 4]. A biztonságos raktári működés ezért egyszerre igényel műszaki megoldásokat és stabil szervezeti hátteret.

2. táblázat. Fő raktári kockázati tényezők és tipikus kontrollok
(saját szerkesztés [3, 6] alapján)

Kockázati csoport	Tipikus ok	Lehetséges következmény	Kontrollintézkedés
Technikai	berendezéshiba, szellőzési probléma	szivárgás, tűz, robbanás	karbantartás, szenzoros felügyelet
Emberi	hibás azonosítás, figyelmetlenség	rossz tárolás, sérülés, anyagkeveredés	képzés, ellenőrzőlista, kettős kontroll
Szervezeti	hiányos szabályozás, gyenge audit	nem egységes gyakorlat, késedelmes beavatkozás	munkautasítás, audit, felelősségi rend
Környezeti	hőmérséklet, páratartalom, külső hatás	anyagromlás, reakció, kibocsátás	klímakontroll, elkülönítés, vészterv

5. Kockázatelemzési módszerek alkalmazása

A raktári kockázatok vizsgálatához több módszer használható. A kockázati mátrix előnye az egyszerűség: gyorsan rangsorolja a veszélyeket a valószínűség és a következmény alapján, ezért kezdeti szűrésnél és vezetői döntéstámogatásban is hasznos [7]. Hátránya, hogy a módszer részletessége korlátozott, és az eredmény erősen függ a skálák meghatározásától. Az FMEA a hibamódok és hatások módszeres elemzésére alkalmas. A folyamatlépésekhez hibamódokat, okokat és következményeket rendel, majd kockázati prioritási számot számít [8]. A módszer részletesen feltárja a folyamat gyenge pontjait, ezért jól használható az áruátvétel, a betárolás, az anyagmozgatás és a komissiózás vizsgálatára. A HAZOP a technológiai és folyamatbiztonsági eltérések feltárásában erős. Irányított kulcsszavakkal vizsgálja, hogy a tervezett működéstől való eltérés milyen okból következhet be, és milyen következménnyel járhat [2, 9]. Raktári környezetben főként a tárolási hőmérséklet, a mennyiségi korlát, a szellőzés, az elkülönítés és a dokumentáció vizsgálatára használható.

3. táblázat. Kockázatelemzési módszerek összehasonlítása raktári alkalmazás szempontjából ([3, 7] alapján)

Módszer	Adatigény	Komplexitás	Raktári alkalmazhatóság	Fő szerep
Kockázati mátrix	alacsony	alacsony	magas	gyors rangsorolás
FMEA	közepes	közepes	magas	hibamódok elemzése
HAZOP	magas	magas	közepes	eltérések feltárása
Fault Tree Analysis	magas	magas	közepes	ok-okozati lánc vizsgálata

A módszerek önállóan is hasznosak, de összetett raktári rendszerekben célszerű kombinálni őket. A kockázati mátrix kijelöli a kritikus területeket. Az FMEA részletesebben elemzi a folyamatlépéseket. A HAZOP a technológiai és szervezeti eltérésekre ad mélyebb magyarázatot. Így a módszerek egymást kiegészítik, és csökkentik annak esélyét, hogy egy fontos kockázat rejtve maradjon [3, 7].

6. Modellalapú kockázatelemzés

6.1. A modellvizsgálat felépítése

A cikk egy elméleti, reprezentatív raktári folyamaton mutatja be a kockázatelemzés alkalmazását. A modell nem konkrét vállalati esettanulmány, hanem módszertani demonstráció. A vizsgált folyamatlépések az áruátvétel, a betárolás, a tárolás, az anyagmozgatás és a komissiózás. A modellalapú megközelítés célja annak

szemléltetése, hogy a raktári logisztikai folyamatokban hogyan azonosíthatók és rangsorolhatók a fő hibamódok [3, 7]. Az elemzés ötfokozatú skálát használ. A súlyosság értéke 1 esetén elhanyagolható, 5 esetén kritikus következményt jelez. A bekövetkezési valószínűség 1 esetén ritka, 5 esetén nagyon gyakori eseményre utal. Az észlelhetőség fordított logika szerint értelmezhető: az 1-es érték könnyen észlelhető hibát, az 5-ös érték nehezen felismerhető hibát jelent. Az FMEA kockázati prioritási száma a három érték szorzata [8].

$$RPN = S \times O \times D \quad (2)$$

A (2) képletben S a súlyosság, O a bekövetkezési valószínűség, D pedig az észlelhetőség értéke. Minél magasabb az RPN, annál sürgetőbb a beavatkozás. A módszer előnye, hogy a különböző hibamódok összehasonlíthatóvá válnak, és a vezetői figyelem a kritikus folyamatokra irányítható [3, 8].

6.2. FMEA eredmények

4. táblázat. FMEA elemzés a veszélyes áruk raktári folyamataira (saját modell [8] alapján)

Folyamat	Hibamód	Következmény	S-O-D	RPN
Áruátvétel	hibás jelölés	rossz tárolás, hibás kezelés	4-3-3	36
Tárolás	nem megfelelő hőmérséklet	anyagromlás, tűzveszély	4-2-2	16
Anyagmozgatás	rakomány leesik	sérülés, kifolyás, kár	5-3-3	45
Kommissiózás	hibás kiválasztás	szállítási és megfelelési hiba	3-2-2	12
Tárolótér	vegyi szivárgás	környezeti kibocsátás, mérgezés	4-2-4	32

A modell szerint a legmagasabb RPN értéket az anyagmozgatás során bekövetkező rakományesés kapta. Ennek oka a magas súlyosság. A sérülés, a csomagolás sérülése és a veszélyes anyag kiszabadulása egyszerre jelentkezhet. A hibás jelölés szintén kritikus pont. Közvetlenül nem mindig okoz balesetet, de rossz tárolási helyhez, téves kezeléshez és későbbi veszélyhelyzethez vezethet [1, 2]. A vegyi szivárgás kockázata az észlelhetőség miatt kap magas értéket. A szivárgás kezdeti szakasza sok esetben nehezen felismerhető, ha nincs szenzoros felügyelet vagy rendszeres fizikai ellenőrzés [11, 12]. A kommissiózási hiba alacsonyabb RPN értéket mutat, de nem hagyható figyelmen kívül, mert ügyféloldali és jogszabályi megfelelési problémákat is okozhat [10].

6.3. HAZOP jellegű eltérésvizsgálat raktári környezetben

Az FMEA mellett a HAZOP szemlélet azért hasznos, mert nem a hibamódból, hanem az üzemi paramétértől és annak eltérésétől indul ki [9]. Raktári környezetben ilyen

paraméter lehet a hőmérséklet, a páratartalom, a szellőzés, a csomagolás épsége, az elkülönítés állapota vagy az anyagáramlás iránya. A módszer gyakorlati előnye, hogy már a normál működéstől való kisebb eltéréseket is vizsgálhatóvá teszi. Ez veszélyes áruknál különösen fontos, mert egy kezdetben kismértékű eltérés később gyorsan kritikus eseménnyé válhat [2]. A raktári HAZOP nem azonos a technológiai üzemek részletes folyamat-HAZOP vizsgálatával, de annak logikája jól átültethető a tárolási és anyagmozgatási műveletekre. A vizsgálat során a folyamatlépéshez egy-egy kulcsszó rendelhető: több, kevesebb, nincs, fordított, részleges, késői vagy korai. Ezek alapján meghatározható, hogy az adott eltérés milyen okból alakulhat ki, milyen következménye lehet, és milyen védelmi réteg képes az eseményláncot megszakítani.

5. táblázat. HAZOP jellegű eltérésvizsgálat raktári műveletekre ([2, 9] alapján)

Művelet	Eltérés	Lehetséges ok	Következmény	Szükséges kontroll
Tárolás	több hő	nem megfelelő szellőzés, külső hőterhelés	gőzképződés, nyomásnövekedés, tűzveszély	hőmérséklet-monitoring, riasztási küszöb, elkülönített zóna
Áruátvétel	nincs azonosítás	sérült címke, hiányos dokumentum	téves tárolási hely, hibás kezelési mód	SDS- és címkeellenőrzés, kettős átvételi kontroll
Anyagmozgatás	fordított útvonal	hibás kitérési utasítás, WMS-adathiba	összeférhetetlen anyagok keresztezése	jóváhagyott útvonal, zónaszintű hozzáférés, raklapcímke-olvasás
Tárolótér	részleges elkülönítés	kapacitáshiány, átmeneti tárolás	reakcióképes anyagok közelsége	kompatibilitási mátrix, gyűjtőkád, napi ellenőrzés

A táblázat alapján látható, hogy a HAZOP jellegű elemzés elsősorban az eltérések mögötti ok-okozati láncot teszi láthatóvá. Ez jól kiegészíti az FMEA-t. Az FMEA megmutatja, mely hibamódok kapnak magas prioritást, míg a HAZOP segít tisztázni, milyen üzemi állapotok vezethetnek ezekhez a hibákhoz [8, 9]. A két módszer együtt már nemcsak rangsort ad, hanem beavatkozási pontokat is kijelöl. A gyakorlati alkalmazásnál célszerű a HAZOP vizsgálatot nem egyszeri dokumentációnak tekinteni. Új anyagcsoport, raktártechnológiai változás, tűzvédelmi átalakítás vagy WMS-folyamatmódosítás esetén a kulcspontokat újra kell vizsgálni. Így a módszer nem adminisztratív terhet jelent, hanem a változáskezelés részeként működik [3].

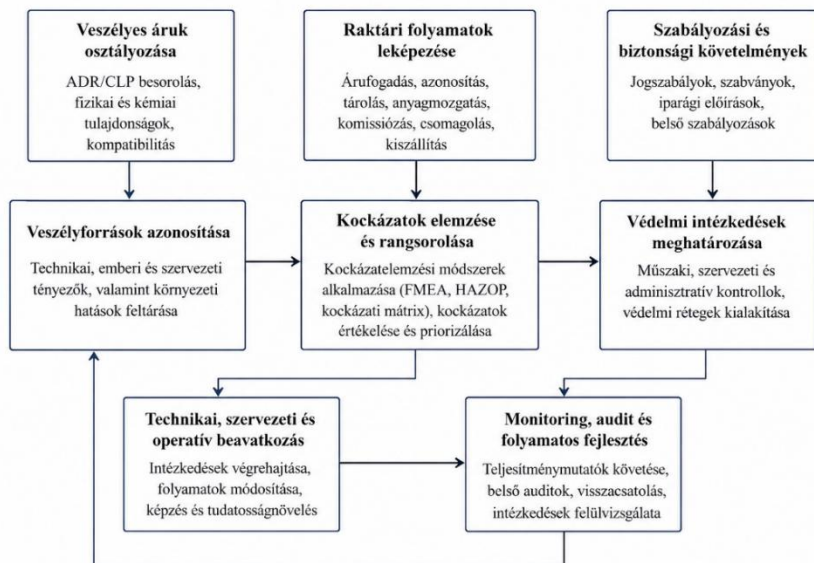
7. Kockázatcsökkentő intézkedések és integrált keretrendszer

A kockázatcsökkentő intézkedések három szinten értelmezhetők. A technikai intézkedések közé tartozik a szivárgásérzékelő rendszer, az automatikus tűzjelzés és tűzoltás, a robbanásbiztos elektromos berendezés, a megfelelő szellőztetés, valamint a raktári környezet folyamatos monitoringja. Ezek a megoldások csökkentik a bekövetkezési valószínűséget, és gyorsabb észlelést tesznek lehetővé [1, 2]. A szervezeti intézkedések a szabályozásra és a felelősségi rendre épülnek. Ide sorolható a veszélyes árukra vonatkozó munkautasítás, az ADR-alapú képzés, a rendszeres audit, a karbantartási terv és a vészhelyzeti gyakorlat [4, 10]. Az operatív intézkedések a napi raktári munkához kapcsolódnak. Ilyen az elkülönített tárolás, a kompatibilitási szabályok követése, a kettős jelölésellenőrzés, a rögzítési ellenőrzőlista és a dokumentációs kontroll.

6. táblázat. A kockázatcsökkentés hatása a modellvizsgálatban (saját számítás [8] alapján)

Kockázat	Eredeti RPN	Intézkedések után	Javasolt fő beavatkozás
Rakomány leesik	45	20	rögzítési ellenőrzőlista, eszközkarbantartás
Hibás jelölés	36	12	kettős átvételi kontroll, egységes címkézés
Vegyvi szivárgás	32	15	szenzoros felügyelet, rendszeres bejárás

A táblázat alapján az intézkedések az RPN értékek érdemi csökkenését eredményezhetik. A legnagyobb javulás a hibás jelölésnél látható, mert a kettős ellenőrzés és az egységes címkézés közvetlenül csökkenti a bekövetkezés esélyét. A rakományesés kockázata továbbra is jelentős marad, ezért itt a technikai és emberi tényezőket együttesen kell kezelni [5, 8].



1. ábra. Integrált kockázatelemzési keretrendszer veszélyes áruk raktári kezelésére (saját szerkesztés [3] alapján)

Az integrált keretrendszer lényege, hogy nem különálló feladatként kezeli a veszélyazonosítást, az elemzést és az intézkedések kijelölését. A folyamat a veszélyes áruk osztályozásából és a raktári műveletek leképezéséből indul ki. Ezt követi a kockázatok elemzése, rangsorolása és a megfelelő védelmi intézkedések meghatározása. A monitoring és az audit visszacsatolást ad, így a rendszer képes alkalmazkodni az új anyagokhoz, technológiákhoz és működési tapasztalatokhoz [3, 6].

A modell gyakorlati értéke abban áll, hogy egyszerre támogatja a megfelelőségi, a munkabiztonsági és az üzemeltetési döntéseket. A vezetés számára áttekinthető prioritásokat ad, a raktári dolgozók számára pedig konkrét munkautasításokban és ellenőrzési pontokban jelenhet meg. A keretrendszer később digitális monitoringgal, IoT-szenzorokkal vagy prediktív elemzéssel is bővíthető [12, 13].

7.1. Védelmi rétegek és műszaki kontrollpontok

A raktári kockázatcsökkentés akkor működik megbízhatóan, ha a védelem több, egymástól részben független rétegből áll [2, 6]. Az első réteg a veszélyes áru pontos azonosítása és osztályozása. Enélkül a tárolási zóna, a kezelési mód és a védőeszköz sem határozható meg helyesen. A második réteg a fizikai elkülönítés: külön tárolótér, megfelelő távolság, gyűjtőtálca, tűzgátló szakaszolás, valamint az összeférhetetlen anyagok szétválasztása. A harmadik réteg a műszaki felügyelet, amely a hőmérsékletet, a szellőzést, a szivárgást és a tűzjelzést ellenőrzi [1, 10]. A műszaki

védelem önmagában nem elég. A raktári dolgozó sokszor az első, aki észleli az eltérést: sérült csomagolást, szokatlan szagot, elszíneződést, hibás jelölést vagy nem megfelelően rögzített rakományt. Ezért a technikai rendszereket olyan egyszerű ellenőrzési pontokkal kell kiegészíteni, amelyek a napi munkába beépülnek [5]. Jó gyakorlat például az áruátvételi ellenőrzőlista, a tárolási zónák vizuális jelölése, a veszélyességi bárcák összevetése a dokumentációval és a rendellenességek azonnali jelentési rendje.

7. táblázat. Javasolt védelmi rétegek veszélyes áruk raktári kezelésénél ([1, 2] alapján)

Védelmi réteg	Cél	Tipikus műszaki vagy szervezeti megoldás	Ellenőrzési pont
Azonosítás	az anyag egyértelmű besorolása	ADR-osztály, UN-szám, SDS, címke és bárca ellenőrzése	átvételi dokumentum és csomagolás egyezése
Elkülönítés	összeférhetetlen anyagok távol tartása	zónázás, kompatibilitási szabály, külön gyűjtőtér	tárolóhely és anyagcsoport megfelelése
Primer műszaki védelem	a veszély kialakulásának megelőzése	szellőzés, hőmérséklet-szabályozás, robbanásbiztos berendezés	üzemi paraméterek határértéken belül vannak
Szekunder védelem	a következmények korlátozása	gyűjtőkád, tűzgátló szakasz, automatikus tűzjelzés	szabad kapacitás, működőképesség, hozzáférhetőség
Szervezeti kontroll	az emberi hiba mérséklése	munkautasítás, képzés, jogosultság, vészhelyzeti gyakorlat	naplózott oktatás, auditált folyamat

A védelmi rétegek kijelölésénél a kulcskérdés nem az, hogy hány intézkedés szerepel a szabályzatban, hanem az, hogy az egyes rétegek valóban megszakítják-e az eseményláncot [6]. Például egy sérült kannából induló szivárgás esetén a folyamat megállítható a csomagolási ellenőrzésnél, a gyűjtőtálcánál, a szivárgásérzékelésnél vagy a gyors beavatkozási eljárásnál. Ha ezek közül több réteg is gyenge, a kockázat nem lineárisan, hanem ugrásszerűen nőhet [2].

A műszaki nyilvántartásnak ezért nemcsak a meglévő eszközök listáját kell tartalmaznia. Rögzítenie kell a kontroll célját, a határértéket, a felelőst, a vizsgálati gyakoriságot és az eltérés esetén indítandó intézkedést is. Ez teszi a védelmi rendszert ellenőrizhetővé. A raktári biztonság ebben az értelemben nem statikus állapot, hanem karbantartott és visszamért üzemeltetési képesség [3, 4].

7.2. Digitális monitoring és adatalapú visszacsatolás

A veszélyes áruk raktári kezelésében egyre nagyobb szerepet kapnak a digitális felügyeleti megoldások. A szenzoros mérés, a WMS-ben kezelt zónainformáció, a vonalkódos vagy RFID-alapú azonosítás, valamint a naplózott raktári műveletek olyan adatnyomot adnak, amely a kockázatelemzést pontosabbá teheti [12, 13]. A digitalizáció ugyanakkor csak akkor növeli a biztonságot, ha az adatminőség megfelelő, és az információból tényleges beavatkozás következik. A hőmérsékleti, páratartalmi vagy gázkoncentrációs adatok önmagukban nem jelentenek védelmet. Szükség van riasztási küszöbértékre, felelős személyre, reakcióidőre és dokumentált intézkedési rendre. Ugyanez igaz a WMS-re is. Ha a rendszer nem tiltja az összeférhetetlen anyagok közös zónába helyezését, akkor a digitális nyilvántartás csak utólag mutatja meg a hibát. Hatékonyabb megoldás, ha a rendszer már a betárolási utasítás kiadásakor figyelmeztet vagy blokkol. A digitális visszacsatolás egyik fontos előnye a tendenciafigyelés. Ha egy zónában gyakran fordul elő hőmérsékleti határérték-közei állapot, visszatérő címkehiba vagy sérült csomagolás, akkor nem elegendő az egyedi esemény lezárása. Ilyenkor rendszerhibát kell keresni: rossz tárolási helyet, nem megfelelő beszállítói csomagolást, túlterhelt műszakot vagy pontatlan munkautasítást. A kockázatelemzés értéke éppen abban van, hogy a visszatérő apró eltérésekből még a baleset előtt következtetni tud a gyenge pontokra [4, 11]. A fejlettebb megoldásoknál a szenzoradatok és az eseménynaplók már prediktív értékeléshez is felhasználhatók. Sok esetben elegendő a határérték-közei állapotok gyakoriságának, az ismétlődő javításoknak vagy a műszakok közötti eltéréseknek a vizsgálata. A cél nem az emberi döntés kiváltása, hanem az, hogy az üzemeltetés időben lássa, hol kezd romlani a biztonsági tartalék.

7.3. Bevezetési javaslat és auditálási szempontok

A javasolt keretrendszer gyakorlati bevezetése lépcsőzetesen célszerű. Első lépésben a raktár anyaglistáját, tárolási zónáit és fő műveleteit kell pontosítani. Ezt követheti a veszélyforrások azonosítása, majd a kockázati mátrix szerinti előszűrés. A magasabb kockázatú műveleteknél indokolt az FMEA vagy a HAZOP jellegű részletes elemzés [8, 9]. Csak ezután érdemes intézkedési tervet készíteni, mert különben könnyen általános, nehezen mérhető biztonsági javaslatok születnek. A bevezetésnél fontos, hogy a kockázatelemzés ne csak vezetői dokumentum legyen. A raktári műszakvezető, az anyagmozgató, a munkavédelmi felelős és a karbantartás eltérő nézőpontból látja ugyanazt a folyamatot. A gyakorlati hibák jelentős része csak akkor kerül felszínre, ha ezek a szereplők részt vesznek az elemzésben [3]. Ez különösen igaz az átmeneti tárolásra, a zsúfolt időszakokra, a sérült csomagolások kezelésére és a műszakváltási információátadásra.

8. táblázat. Auditálási szempontok a keretrendszer fenntartásához
(saját szerkesztés [3, 4] alapján)

Terület	Auditkérdés	Elfogadható állapot	Javasolt gyakoriság
Dokumentáció	A tárolt anyagokhoz rendelkezésre áll az aktuális SDS és az ADR-besorolás?	teljes, naprakész és könnyen elérhető adatállomány	negyedévente
Tárolási zónák	Az anyagok a kompatibilitási szabályok szerint vannak elhelyezve?	nincs tiltott együtt-tárolás vagy jelöletlen átmeneti hely	havonta
Műszaki rendszerek	A szenzorok, tűzjelzők és szellőztetők működőképesek?	dokumentált próba, nyitott hiba nélkül	havonta
Anyagmozgatás	Betartják a rögzítési és útvonal-szabályokat?	ellenőrzőlista és helyszíni megfelelés egyezik	hetente
Oktatás	A dolgozók ismerik az eltérésjelentési és vészhelyzeti rendet?	igazolt oktatás, gyakorlati visszakerdezéssel	félévente

Az audit nem akkor hasznos, ha kizárólag hibakeresésként működik. A cél inkább a működési fegyelem és a rendszerállapot visszamérése [3]. A kisebb eltérések, például a hiányzó jelölés, a részben takart tűzvédelmi eszköz vagy a pontatlan eseménynapló, előre jelezhetik a folyamat gyengülését. Ezeket érdemes alacsony költségű, gyors intézkedésekkel rendezni, mielőtt a kockázati szint ténylegesen megemelkedik. A keretrendszer fenntarthatóságát az adja, ha a kockázati értékelés eredménye visszakerül a napi irányításba. A magas RPN-értékű hibamódokhoz felelőst, határidőt és ellenőrzési módot kell rendelni [8]. A lezárt intézkedéseket utóellenőrzéssel kell igazolni. Ezzel elkerülhető, hogy a kockázatelemzés egyszeri projektként záruljon le, miközben a raktári folyamatok és a tárolt anyagok folyamatosan változnak.

8. Összefoglalás

A tanulmány a veszélyes áruk raktári tárolásának és kezelésének kockázatelemzését vizsgálta. Az elemzés rámutatott arra, hogy a raktári kockázatok technikai, emberi és szervezeti tényezők kölcsönhatásából alakulnak ki. Emiatt az egyes hibák önálló kezelése nem elegendő. A biztonságos működés integrált, folyamatszempelésű kockázatkezelést igényel [3, 6]. A kockázati mátrix, az FMEA és a HAZOP eltérő erősségekkel rendelkezik. A kockázati mátrix gyors rangsorolásra alkalmas, az FMEA részletesen feltárja a raktári folyamatok hibamódjait, a HAZOP jellegű

eltérésvizsgálat pedig megmutatja, milyen üzemi állapotok vezethetnek a kritikus eseményekhez [7, 8, 9]. Kombinált alkalmazásuk átfogóbb képet ad, mint bármelyik módszer önálló használata. A modellalapú FMEA eredményei szerint az anyagmozgatás, a hibás jelölés és a vegyi szivárgás kiemelt figyelmet igényel. A javasolt intézkedések, például a kettős ellenőrzés, a szenzoros felügyelet, a rögzítési kontroll, a kompatibilitási szabályok követése és a dolgozói képzés mérsékelhetik a kockázati prioritási számokat. A védelmi rétegek akkor hatékonyak, ha egymástól részben függetlenül is képesek megszakítani az eseményláncot [2, 5]. A digitális monitoring és az auditálás a keretrendszer fenntartásának fontos eleme. A szenzoradatok, a WMS-naplók és az ellenőrzési eredmények alapján nemcsak az egyedi eltérések kezelhetők, hanem a visszatérő gyenge pontok is felismerhetők [11, 12]. A kockázatsökkentés ezért csak akkor tartható fenn, ha a monitoring, az audit és a folyamatos fejlesztés a napi működés részévé válik. A javasolt keretrendszer elméleti alapot ad a veszélyes áruk raktári kockázatainak strukturált vizsgálatához. Későbbi kutatásban érdemes vállalati esettanulmányokkal, valós eseményadatokkal és digitális szenzoradatokkal validálni. Ez lehetővé tenné a kockázati értékek pontosítását és a prediktív biztonsági megoldások fejlesztését [4].

Irodalom

- [1] Crowl, D. A., & Louvar, J. F. (2019). Chemical process safety: Fundamentals with applications (4th ed.). Pearson. ISBN: 0-13-018176-5
- [2] Ivanov, D., & Dolgui, A. (2021). A digital supply chain twin for managing the disruption risks and resilience in the era of Industry 4.0. *Production Planning & Control*, 32(9), 775–788. DOI: <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1768450>
- [3] Kátai-Urbán, M., Bíró, T., Kátai-Urbán, L., Varga, F., & Cimer, Z. (2023). Identification methodology for chemical warehouses dealing with flammable substances capable of causing firewater pollution. *Fire*, 6(9), 345. DOI: <https://doi.org/10.3390/fire6090345>
- [4] Kletz, T. A. (2018). An engineer's view of human error. CRC Press. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781315137223>
- [5] Mannan, S. (Ed.). (2012). Lees' loss prevention in the process industries: Hazard identification, assessment and control (4th ed.). Butterworth-Heinemann. DOI: <https://doi.org/10.1016/C2009-0-24104-3>
- [6] Li, S., Chen, G., Men, J., Li, X., Zhao, Y., Xu, Q., & Zhao, J. (2024). A novel dynamic risk assessment method for hazardous chemical warehouses based on improved SVM and mathematical methodologies. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 89, 105302. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2024.105302>
- [7] Li, Y., Wang, H., Bai, K., & Chen, S. (2021). Dynamic intelligent risk assessment of hazardous chemical warehouse fire based on electrostatic discharge method and improved support vector machine. *Process Safety and Environmental Protection*, 145, 425–434. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.11.012>

-
- [8] Peron, M., Arena, S., Paltrinieri, N., Sgarbossa, F., & Boustras, G. (2023). Risk assessment for handling hazardous substances within the European industry: Available methodologies and research streams. *Risk Analysis*, 43, 1434–1462. DOI: <https://doi.org/10.1111/risa.14010>
 - [9] Reniers, G., & Cozzani, V. (2013). *Domino effects in the process industries: Modelling, prevention and managing*. Elsevier.
 - [10] Stamatis, D. H. (2003). *Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution* (2nd ed.). ASQ Quality Press.
 - [11] Sun, Y., Chen, Q., Guo, J., Adumene, S., Goleiji, E., & Yazdi, M. (2025). A risk-based review of dangerous goods storage and handling at a manufacturing facility. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 138, 4313–4336. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00170-025-15778-3>
 - [12] Swann, C. D., & Preston, M. L. (1995). Twenty-five years of HAZOPs. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 8(6), 349–353. DOI: [https://doi.org/10.1016/0950-4230\(95\)00041-0](https://doi.org/10.1016/0950-4230(95)00041-0)
 - [13] Tixier, J., Dusserre, G., Salvi, O., & Gaston, D. (2002). Review of 62 risk analysis methodologies of industrial plants. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 15(4), 291–303. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0950-4230\(02\)00008-6](https://doi.org/10.1016/S0950-4230(02)00008-6)

INTERMODÁLIS LOGISZTIKAI TERMINÁLOK ANYAGMOZGATÁSÁNAK OPTIMALIZÁLÁSA SZIMULÁCIÓ ALKALMAZÁSÁVAL

Kováts Péter

MSc Logisztikai mérnök hallgató, Miskolci Egyetem, *Logisztikai Intézet*
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: kovats.peter@student.uni-miskolc.hu

Dr. Skapinyecz Róbert

Egyetemi docens, Miskolci Egyetem, *Logisztikai Intézet*
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: robert.skapinyecz@uni-miskolc.hu

Prof. Dr. Tamás Péter

Egyetemi tanár, Miskolci Egyetem, *Logisztikai Intézet*
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: peter.tamas@uni-miskolc.hu

Absztrakt

Az intermodális logisztikai rendszerek működésének hatékonyságát nagymértékben befolyásolja a konténerek, daruk és járművek összehangolt irányítása. Ezek együtt határozzák meg a terminál áteresztőképességét, a kiszolgálási időket, valamint az erőforrások kihasználtságát. A kutatás célja egy intermodális logisztikai terminál anyagmozgatási folyamatainak szimulációs vizsgálata, különös tekintettel egy konténertároló blokk feltöltési folyamatára. A modell Siemens Tecnomatix Plant Simulation környezetben készült, diszkrét esemény alapú modellezési megközelítéssel. A vizsgálat során két feltöltési változat került elemzésre: a ciklikusan működő felvételi pontokról történő konténermozgatás, valamint a teherautós beszállítással megvalósított feltöltés. Az eredmények alapján értékelhetővé vált, hogy az eltérő anyagáramlási megoldások milyen hatással vannak a feltöltési időre, a daru működésére és a rendszer teljesítményére. A tanulmány bemutatja a modellalkotás főbb lépéseit, az első mérési eredményeket, valamint azok értékelését.

Kulcsszavak: intermodális logisztika, szimuláció, konténermozgatás, konténertárolás, darurendszer

Abstract

The efficiency of intermodal logistics systems is strongly influenced by the coordinated operation of containers, cranes, and vehicles. These elements determine terminal throughput, service times, and the utilization of handling resources. The aim of this research is to analyse the material-handling processes of an intermodal logistics terminal using a simulation-based approach, with a particular focus on the filling process of a container storage block. The model was developed in Siemens Tecnomatix Plant Simulation using discrete-event simulation. Two filling variants

were examined: container handling from cyclically operating pickup points and filling based on truck delivery. The results made it possible to evaluate how different material-flow solutions affect filling time, crane operation, and overall system performance. This paper presents the main steps of model development, the results of the first measurement, and their evaluation.

Keywords: intermodal logistics, simulation, container handling, container storage, crane system

1. Bevezetés

A logisztikai rendszerek működésében egyre nagyobb jelentősége van az anyagáramlás, az információáramlás és az erőforrás-felhasználás összehangolt optimalizálásának. Az intermodális logisztikai terminálok olyan csomópontok, amelyek a közúti, vasúti és egyéb szállítási módok közötti kapcsolatot biztosítják. A konténerek egységakományként történő kezelése csökkenti a rakodási időt, javítja a szállítást biztonságát, és lehetővé teszi a termináli folyamatok magasabb szintű automatizálását [1,2,3].

A korszerű terminálok működését egyre inkább digitális és automatizált megoldások támogatják. Az OCR-alapú azonosítás, a terminálirányítási rendszerek, az RTG és RMG jellegű darurendszerek, valamint a digitális iker alapú modellezés hozzájárulnak ahhoz, hogy az anyagmozgatási folyamatok valós időben követhetők és fejleszthetők legyenek [4,5,6]. A jelen tanulmány kizárólag az első mérési csoportot mutatja be: egy konténertároló blokk teljes feltöltését két eltérő konténerellátási logika mellett.

2. Intermodális terminálok és szimulációs megközelítés

Az intermodális terminálok alapvető feladata a különböző közlekedési módok közötti átrakás, a konténerek ideiglenes tárolása, valamint az ehhez kapcsolódó ellenőrzési és adminisztratív folyamatok kiszolgálása. A terminál hatékonyságát a daruk, a járművek, a tárolóterületek és a beléptetési pontok összehangolt működése határozza meg. Egy tárolóblokk feltöltése különösen fontos részfolyamat, mert közvetlenül befolyásolja a daruk leterheltségét, a rakodási sorrendet és a rendelkezésre álló tárolókapacitást.

A kutatás során alkalmazott Siemens Tecnomatix Plant Simulation alkalmas diszkrét esemény alapú logisztikai modellek létrehozására, a jármű- és darumozgások időbeli elemzésére, valamint teljesítménymutatók rögzítésére [7]. A modellben a konténerek, kamionok, daruk és tárolóhelyek objektumként jelennek meg, így vizsgálható az egyes elemek közötti kapcsolat és a folyamatok dinamikája.

3. A szimulációs modell felépítése

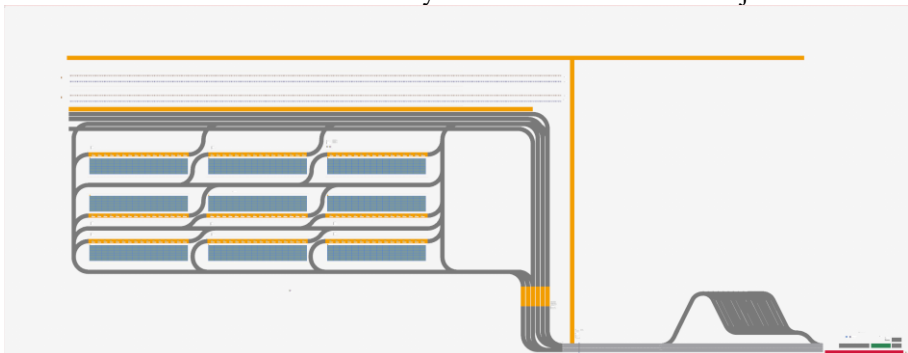
A végleges szimulációs modell egy saját tervezésű, általánosítható intermodális konténerterminál működését írja le. A modell nem egy konkrét vállalat valós

rendszerének pontos másolata, hanem olyan mérnöki vizsgálati környezet, amelyben a kamionos beszállítás, a beléptetés, a konténerakkódolás, a tárolóblokkok kiszolgálása és a kiléptetés folyamata együttesen vizsgálható.

1. táblázat. A szimulációs modell főbb elemei

Modellelem	Szerepe a szimulációban
Kamiongenerátor	A rendszerbe érkező kamionok létrehozása
Konténergenerátor / parkoló	A kamionokhoz tartozó konténerek létrehozása, illetve átmeneti pufferek
OCR kapu	Kamionok és konténerek azonosítása
Checkpoint	Beléptetés, ellenőrzés és rakodóhely-kijelölés
Belső úthálózat	Kamionok irányított mozgatása a terminálon belül
Rakodóhelyek	A kamionok kiszolgálási pontjai
Konténer tároló blokkok	A konténerek elhelyezésére szolgáló tárolóterületek
RTG jellegű daruk	Konténerek felvétele, mozgatása és tárolóhelyre helyezése
8 felvételi pont / rakodóhely	A darumozgások elosztását és a felvételi folyamat rugalmasságát támogató pontok
Kilépési útvonal	A kiszolgált kamionok elkülönített távozási útvonala

A tárolóblokkok egységes kialakításúak. Egy blokk 16 hosszanti, 6 keresztirányú és 4 függőleges tárolási pozícióból áll, így blokkonként 384 darab 20 lábas konténer tárolható. A vizsgálatban egy daruhoz rendelt egyetlen tárolóblokk feltöltése került elemzésre. Ez lehetővé tette, hogy a mérés a daru ciklusidejére, a konténerek rendelkezésre állására és a feltöltési folyamat stabilitására koncentráljon.



1. ábra. A teljes szimulációs modell felépítése [Tecnomatix Plant Simulation]

4. Szimulációs mérés módszertana

Az első mérés célja annak elemzése volt, hogy egy teljes konténertároló blokk feltöltése milyen időigénnyel és darukihasználtsággal valósítható meg a szimulációs modellben. A vizsgálat során egy daruhoz tartozó tárolóblokk feltöltése történt meg. A vizsgált blokk kapacitása 384 darab 20 lábas konténer volt, amely a 16 x 6 x 4-es tárolási kialakításból adódik.

A mérés két változatban készült el. Az 1/a változatban a konténerek 8 különböző felvételi pontról, ciklikusan működő input objektumokból álltak rendelkezésre. Ez a kialakítás elsősorban a daru rakodási teljesítményének és a tárolóblokk feltöltési idejének vizsgálatára alkalmas, mert a kamionos beszállításból eredő bizonytalanságok nem jelentek meg. Az 1/b változatban a konténerek a nagyobb terminálmodell részeként, teherautós beszállítással érkeztek a rendszerbe. Ez a változat közelebb áll a valós termináli működéshez, mivel a daru teljesítményét a járművek érkezése, beléptetése és rakodóhelyre történő beállása is befolyásolhatja.

5. Az első mérés eredményei

Az első változatban a felvételi pontok ciklikus inputos feltöltése biztosította, hogy a daru számára folyamatosan rendelkezésre álljanak a kezelendő konténerek. A második változatban ugyanez a blokk teherautós beszállítás mellett került feltöltésre. A két változat összehasonlítása lehetővé tette az idealizált konténerellátás és a valósághoz közelebb álló kamionos beszállítás hatásának értékelését.

A mérési eredmények alapján a 384 konténer kezelése mindkét esetben 40 256.9714 másodpercet vett igénybe. Az átlagos ciklusidő 104.84 másodperc/konténer, az áteresztőképesség pedig körülbelül 34.3 konténer/óra volt. Ez azt igazolja, hogy a modell alkalmas az egyes tárolóblokkok önálló vizsgálatára, valamint a darukihasználat és a konténerellátási logika elemzésére.

2. táblázat. Az első mérés két változatának eredményei

Mutató	1/a: ciklikus inputos feltöltés	1/b: teherautós beszállítás
Vizsgált konténerek száma	384 db	384 db
Konténerméret	20 lábas	20 lábas
Tárolóblokk kialakítása	16 x 6 x 4	16 x 6 x 4
Felvételi / beszállítási mód	8 felvételi pont, ciklikus input	teherautó + daru
Teljes szimulációs idő	11:10:56.9714	11:10:56.9714
Teljes idő másodpercben	40 256.9714 s	40 256.9714 s
Átlagos ciklusidő/konténer	104.84 s	104.84 s
Átlagos ciklusidő/konténer	kb. 1 perc 45 s	kb. 1 perc 45 s
Áteresztőképesség	kb. 34.3 konténer/óra	kb. 34.3 konténer/óra

Daru aktív/occupied aránya	kb. 44-45%	kb. 44-45%
Daru empty aránya	kb. 34-35%	kb. 34-35%
Daru ready aránya	kb. 18-19%	kb. 18-19%

A daru kihasználtsági adatai szerint az occupied állapot 44-45% körüli értéket képviselt. Ez azt jelenti, hogy a daru a teljes mérési idő közel felében tényleges rakodási műveletet végzett. Az empty és ready állapotok együttes aránya ugyanakkor jelentős tartalékot mutat. A kapacitástartalék alapján a későbbi fejlesztésekben a rakodási sorrend, a konténerek felvételi pontok közötti elosztása, a kamionérkezési logika és a daru mozgási útvonalának optimalizálása lehet indokolt.

6. Összefoglalás

A tanulmány egy intermodális logisztikai terminál szimulációs modelljének első mérését mutatta be. A vizsgálat egy teljes, 16 x 6 x 4 kialakítású konténertároló blokk feltöltésére irányult, amely 384 darab 20 lábas konténer tárolását teszi lehetővé. Az első mérés két változata a ciklikus inputos ellátást és a teherautós beszállítással működő feltöltést vizsgálta. Az eredmények alapján a tárolóblokk feltöltése stabilan végrehajtható volt, a teljes futási idő 11:10:56.9714, az átlagos ciklusidő 104.84 másodperc/konténer, az áteresztőképesség pedig körülbelül 34.3 konténer/óra volt. A daru aktív állapota megközelítőleg 44-45% értéket ért el, ami megfelelő működést mutat, de egyben további fejlesztési lehetőségeket is jelez. A következő kutatási lépésekben célszerű a rakodási útvonalak, a kamionérkezési logika, a tárolási sorrend és az automatikus döntéstámogatás részletesebb vizsgálata.

7. Köszönetnyilvánítás

„A KULTURÁLIS ÉS INNOVÁCIÓS MINISZTERIUM EGYETEMI KUTATÓI ÖSZTÖNDÍJ PROGRAMJÁNAK A NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI ÉS INNOVÁCIÓS ALAPBÓL FINANSZÍROZOTT SZAKMAI TÁMOGATÁSÁVAL KÉSZÜLT.”



Irodalom

- [1] 3K Engineering: Intermodális logisztika. URL: <https://www.3k-engineering.hu/intermodalislogisztika/> (letöltés: 2026.05.16.)
- [2] Rail Cargo Group: Intermodal logistics terminals. URL: <https://www.railcargo.com/en/services/intermodal-logistics/terminals> (letöltés: 2026.05.16.)

-
- [3] Intermodal Terminals: Terminal basics. URL: <https://www.intermodal-terminals.eu/terminal-basics.php> (letöltés: 2026.05.16.)
 - [4] [East-West Intermodális Logisztikai Zrt. URL: <https://eastwestil.com/> (letöltés: 2026.05.16.)
 - [5] SANY: Konténerrakodó és kikötői daruk. URL: <https://sany.hu/kontenerrakodo-es-kikotoi-daru> (letöltés: 2026.05.16.)
 - [6] Bokor Z. (2005): Az intermodális logisztikai szolgáltatások helyzetének értékelése, fejlesztési lehetőségeinek feltárása. Logisztika, 10(3), 22-64.
 - [7] Siemens: Tecnomatix Plant Simulation software. URL: <https://plm.sw.siemens.com/en-US/tecnomatix/plant-simulation-software/> (letöltés: 2026.05.16.)
 - [8] Jachimowski, R.; Kłodawski, M. (2025): The impact of container yard layout on the cargo handling time of external transport vehicles in an intermodal terminal. Archives of Transport, 73(1), 179-193. DOI: <https://doi.org/10.61089/aot2025.4f22k916>
 - [9] Kostrzewski, M.; Kostrzewski, A. (2019): Analysis of operations upon entry into intermodal freight terminals. Applied Sciences, 9(12), 2558. DOI: <https://doi.org/10.3390/app9122558>
 - [10] Neagoe, M.; Hvolby, H. H.; Taskhiri, M. S.; Turner, P. (2021): Using discrete-event simulation to compare congestion management initiatives at a port terminal. Simulation Modelling Practice and Theory, 112, 102362. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2021.102362>

SZÁLLÍTMÁNYOZÁSI FELADATOK SORÁN ALKALMAZOTT SZÁLLÍTÓJÁRMŰVEK ALKALMAZHATÓSÁGÁNAK ÉS FEJLŐDÉSI IRÁNYAINAK VIZSGÁLATA

Molnár Bálint

BSc. hallgató, Miskolci Egyetem, Logisztikai Intézet
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: molnarbali19@gmail.com

Telek Péter

Egy. docens, Miskolci Egyetem, Logisztikai Intézet
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: peter.telek@uni-miskolc.hu

Absztrakt

A közúti áruszállítás az ellátási láncok egyik legjelentősebb eleme a modern világban. Jelen kutatás célja a szállítmányozási feladatok során alkalmazott szállítójárművek alkalmazhatóságának és fejlődési irányainak vizsgálata, nagy hangsúlyt fektetve a közúti, kamionos áru fuvarozásra. A cikk rendszerezi a közúti áruszállításban alkalmazható főbb jármű- és felépítménytípusokat, valamint bemutatja azok legfontosabb alkalmazási területeit. A továbbiakban összefoglalja az elmúlt két évtizedben megfigyelhető fejlesztési irányokat, valamint külön áttekinti a MAN és a Volvo aktuális, feladatspecifikus kínálatát is.

Kulcsszavak: közúti szállítás, korszerű szállítmányozás, fejlődési irányok

Abstract

Road freight transport is one of the most important elements of supply chains in the modern world. The aim of this publication is to examine the applicability and development trends of transport vehicles, with a strong emphasis on road, truck freight transport. The article systematizes the main vehicle and structure types used in road freight transport and presents their most important areas of application. It then summarizes the development trends observed in the past two decades and also reviews the current, task-specific offerings of MAN and Volvo Trucks.

Keywords: road transport, advanced solutions, development trends

1. Bevezetés

A közúti áruszállítás az ellátási láncok egyik legjelentősebb eleme lett a modern világban. A termelő vállalatok, kereskedelmi hálózatok és végfelhasználók közötti árumozgás jelentős része igényel olyan megoldásokat a fuvarozásban, amelyek rugalmasan illeszthetők a megrendelői igényekhez, úgymint: a határidőkhöz, a

rakodási feltételekhez, az áruk jellemzőihez és az útvonal adottságaihoz. Ebből adódóan a szállítmányozási feladatok során alkalmazott járművek kiválasztása jelentős döntés a logisztikai, gazdasági, környezetvédelmi és szabályozási kérdéseket érintő szempontok alapján.

A dolgozat témája a szállítmányozási feladatok során alkalmazott szállítójárművek alkalmazhatóságának és fejlődési irányainak vizsgálata. A téma nagy hangsúlyt fektet a közúti, kamionos áru fuvarozásra, mivel ez az a szállítási mód, amely közvetlen kapcsolatot teremt a feladó és a címzett között a logisztikai folyamat során. Az intermodális szállításban a közút szerepe meghatározó, mivel a vasút, vízi vagy légi szállítás általában nem a telephelyek között történik, ezért az első és az utolsó szakaszt sokszor a közúton kell megoldani.

A cikk célja kettős; egyrészt rendszerezi a közúti áruszállításban alkalmazható főbb jármű- és felépítménytípusokat, valamint bemutatja azok legfontosabb alkalmazási területeit. Másrészt összefoglalja az elmúlt két évtizedben megfigyelhető fejlesztési irányokat, különösen a digitalizációt, a telematikát, az e-CMR-t, az alternatív hajtásokat, a városi áruterítés változásait és az intermodális kapcsolódások erősödését. A dolgozat külön bemutatja a MAN és a Volvo Trucks aktuális, feladatspecifikus kínálatát is, mert a gyártói kínálat jól szemlélteti, hogy a korszerű kamion ma már nemcsak általános célú eszköz, hanem a konkrét fuvarfeladathoz illeszthető műszaki és szolgáltatási rendszer.

A vizsgálat szakirodalmi, jogszabályi, tanórai és gyártói források feldolgozásán és elemzésén alapul. Az alapfogalmak és logisztikai összefüggések bemutatásához az áruszállítási és közúti szállítás előadásanyagai kerültek felhasználásra. A közúti járművek műszaki és jogszabályi vizsgálatához hivatalos jogszabályi és statisztikai források, a fejlődési irányok ismertetéséhez pedig gyártói és szakmai források kerültek felhasználásra. A dolgozat saját táblázatokkal, valamint tanári és saját szerkesztésű ábrákkal rendszerezi az információkat.

2. Az áruszállítás és a közúti szállítás alapjai

Az áruszállítás a logisztikai folyamatok egyik alapvető területe, amely az áruk egyik helyről a másikra történő eljuttatásával foglalkozik, valamint fontos szerepet tölt be, mivel kapcsolatot teremt a feladó és a címzett között. A fejezet célja az áruszállítás és a közúti áru fuvarozás alapvető fogalmainak és jellemzőinek bemutatása.

2.1. Az áruszállítás fogalma és megvalósítási változatai

Az áruszállítás a logisztikai rendszerek alapvető folyamata, amely az árukat térben mozgatja a kitermelés, a termelés, a felhasználás és hulladékfeldolgozás helyei között. Az áruszállítás anyagai lehetnek alapanyagok, segédanyagok, üzemanyagok, félkész- és késztermékek, valamint hulladékok is [1]. Ez alapján látható, hogy a szállítás nem különálló feladat, hanem az ellátási lánc egyes folyamatait összekapcsoló tevékenység.

Különbséget kell tenni a saját célú szállítás, fuvarozás és szállítmányozás között, amely során a vállalat saját járműveivel mozgatja az árut, saját igénye szerint. A

fuvarozásnál más tulajdonát képező árut juttatnak el fuvardíj ellenében. A szállítmányozó, vagyis speditőr ezzel szemben a saját nevében, megbízója számlájára szervezi meg a fuvarozási és az áru továbbításához szükséges egyéb szolgáltatásokat [1].

Maga a szállítás megvalósulhat közvetlen módon, amikor az áru átrakás nélkül jut el a címzettig, illetve történhet átrakásos, vagy kombinált rendszerben, amikor több szállítóeszköz és közlekedési alágazat kapcsolódik össze. A közúti járművek mindkét folyamatban fontos szerepet töltenek be, a közvetlen fuvarban a teljes árumozgást is elvégzik, a kombinált szállításban pedig az első- és utolsó szakaszt biztosítják.

2.2. Az áruszállítás változatai

Az áruszállítás változatai Cselényi és Illés alapján több szempont szerint csoportosíthatók [21]; szállítóeszközök szerint: közvetlen áruszállítás (egy szállítójárművel azonos szállítópályán végzik a szállítást, az áru átrakásának igénye nélkül), vagy összetett áruszállítás: (több szállítójárművel, különböző szállítópályákon végzik a szállítást, rendszerint több közlekedési alágazat működik együtt a szállítási feladat végrehajtásában), árukezelés szerint: hagyományos szállítás (közvetlenül az árukat rakják át egyik szállítójárműből a másikba), vagy kombinált szállítás (az árut tartalmazó zárt konténereket, vagy magát a szállítójárművet, -eszközt rakják át az egyik szállítójárműből a másikba), ill. forgalom-szervezés szerint: közvetlen, vonali és gyűjtő-elosztó.

1. táblázat. Az áruszállítás főbb megvalósítási formái ([1] alapján)

Megvalósítási forma	Jellemző tartalom	Szállítmányozási jelentőség
Közvetlen szállítás	Egy járművel, átrakás nélkül történő továbbítás.	Egyszerűbb szervezés, rövidebb eljutási idő, kisebb árumegfogási kockázat.
Kombinált / intermodális szállítás	Több szállítási mód kapcsolódik össze, az áru rendszerint ugyanabban az egységben marad.	Csökkentheti a közúti terhelést, de termináli és szervezési háttér szükséges.
Gyűjtőfuvarozás	Több kisebb küldemény kerül egy járműre.	Javítja a kapacitáskihasználást, de bonyolultabb járatszervezést igényel.
Komplett fuvarozás	Egy megbízó rakománya tölti ki a járművet.	Nagyobb mennyiségnél gyors és jól tervezhető megoldás.

2.3. A közúti áruszállítás szerepe, előnyei és korlátai

A közúti áruszállítás az országutakat igénybe vevő rugalmas szállítási mód. Elsősorban rövid távú helyi és körzeti forgalomban gazdaságos, viszont számos

előnye miatt a távolsági, a belföldi és a nemzetközi forgalomban is gyakran alkalmazzák [2]. A közút legfontosabb sajátossága, hogy a hálózat közvetlenül eléri a legtöbb feladói és címzeti lokációt.

A közúti áruszállítás legnagyobb előnyei: a rugalmasság, a sűrű hálózati lefedettség, a gyors szervezhetőség, ill. szinte minden áru fajta továbbíthatósága a megfelelő jármű vagy felépítmény kiválasztásával. A hátrányok között a környezeti terhelés, a fajlagos energia, a forgalmi és időjárási függőség, az útvonal-korlátozások, a vezetői munkaerőigény és a járművek méret- ill. tömegkorlátai említhetők [2].

A szállítmányozásban a közúti fuvarozás értékelésekor nem elegendő a gyorsaságot vizsgálni, figyelembe kell venni szolgáltatási szintet, az árukockázatot, a megbízhatóságot, a rakodási feltételeket, a fenntarthatósági szempontok és az adminisztratív követelményeket is.

2. táblázat. A közúti áruszállítás előnyei és korlátai ([2] alapján)

Szempont	Tartalma	Hatása a szállítmányozási feladatra
Előny: rugalmasság	A jármű útvonala és időbeosztása viszonylag könnyen módosítható.	Jól kezelhetők az egyedi megbízói igények és sürgős fuvarok.
Előny: háztól házig szolgáltatás	A jármű közvetlenül elérheti a feladó és címzett telephelyét.	Csökkenhet az átrakások száma és az áru sérülési kockázata.
Előny: változatos járműpark	Ponyvás, hűtős, tartályos, billencs, konténeres és speciális jármű is használható.	A fuvarszköz pontosabban illeszthető az áru jellemzőihez.
Korlát: környezetterhelés	A nehézgépjárművek CO ₂ -, NO _x - és zajterhelést okoznak.	Erősödik az alternatív hajtások és a városi korlátozások szerepe.
Korlát: torlódásérzékenység	A menetidő függ a forgalmi helyzettől és útvonalzavaroktól.	Nő az ETA-tervezés és a valós idejű nyomon követés jelentősége.
Korlát: kapacitáskorlátok	A járművek tömegét, tengelyterhelését és méreteit jogszabályok korlátozzák.	A raktérfogat mellett a tömeg és tengelyterhelés is döntő tényező.

3. A közúti szállítójárművek főbb típusai

A közúti áruszállító járművek alkalmazhatóságát a szállítási feladat és az áru jellemzői határozzák meg. A közúti szállítás egyedi teherautókon, illetve teherautóval vagy nyerges vontatóval vontatott pótkocsin történik [2]. A megfelelő jármű kiválasztása

során figyelembe kell venni a jármű méretét, terhelhetőséget, felépítményét, rakodási módját, útvonalát és az árura vonatkozó követelményeket.

A következő fejezet nem csupán járműfelsorolást ad, hanem vizsgálja azt is, hogy az egyes jármű- és felépítménytípusok milyen szállítmányozási feladatokra alkalmasak. Jól látható, hogy a megfelelő jármű kiválasztása jelentősen befolyásolja a szállítási folyamatot, valamint annak hatékonyságát, költségeit és biztonságát is.

3.1. Tehergépkocsik és felépítmények

A tehergépkocsi felépítménye lehet általános vagy speciális. Az általános célú felépítmény például a nyitott, ponyvás vagy a zárt rakfelület, ezek sokféle darabáru szállítására alkalmas.

A speciális felépítmények ezzel szemben egy adott szállítási feladatra vannak kialakítva, ilyen lehet például az önürítő, tartályos, hűtőgépkocsi, bűtorszállító vagy betonszállító. [2]

A ponyvás felépítmény leginkább a raklapos áruk megoldása, mert oldalról, hátulról és sok esetben felülről is rakodható. A dobozos felépítményt ezzel szemben a csomagolt vagy értékesebb áruknál használják, mert védelmet nyújt az időjárási viszonyok és az illetéktelen hozzáférés ellen. A hűtős felépítmény hőmérséklet-érzékeny áruk, például élelmiszer vagy gyógyszer szállítására alkalmas. A tartályos és silós járművek folyadékok, porok vagy granulátumok továbbítását teszik lehetővé zárt rendszerben.

A billenőszekrényes, vagyis önürítő járművek ömlesztett anyagok, például kavics, föld, gabona vagy egyéb tömegáru mozgatásánál hatékony. Ezeknél a járműveknél a gyors ürítés jelenti az előnyt, de a felhasználhatóság szűkebb a ponyvás vagy dobozos járművekkel szemben.

3.2. Vontatók, pótkocsik és félpótkocsik

A kamionos áru fuvarozásban kiemelt szerepük van a vontatóknak és a pótkocsiknak. A vontatók lehetnek normál vontatók, ezek trélerre vontatására szolgálnak, illetve lehetnek nyerges vontatók, amelyek pedig félpótkocsikat vontatnak [2]. A nyerges vontató és félpótkocsi kombinációja a távolsági és nemzetközi fuvarozás egyik legelterjedtebb megoldása.

A pótkocsik és félpótkocsik szintén lehetnek általános célúak vagy speciális felépítményűek. Speciális pótkocsik lehetnek például a billenőszekrényes pótkocsik, trélerre, cementszállító, tejszállító, üzemanyag-szállító és más célfeladatra kialakított félpótkocsik [2]. Ezeknél a felépítmény része a rakodási és ürítési technológia is, nemcsak a tárolófelület.

A félpótkocsi rendszer előnye a nagy raktér, a jó kapacitás-kihasználás és a cserélhetőség. Hátránya, hogy a nagy mérete, tömege és fordulási helyigénye miatt városi, illetve korlátozott rakodási környezetben nehezebben alkalmazható.

3.3. Méret- és terhelhetőségi korlátok

A jármű alkalmazhatóságára hatással vannak a jogszabályi méret- és tömegkorlátozások is. A közúti szállítójárművek szélessége általában 2,55 m, bizonyos esetekben 2,6 m, a magasságuk pedig jellemzően 4 m. A rakfelület szélessége 2,42-2,44 m, ami azért fontos, mert így két szabványos EUR raklap is elhelyezhető egymás mellett.

A járműszerelvények megengedett össztömege és hossza korlátozott. Az 5 tengelyes járműszerelvény megengedett össztömege 40 tonna, intermodális konténerszállító szerelvény pedig 44 tonna lehet [2], [5]. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a fuvarozónak a raktér térfogata mellett a tengelyterheléssel és a jármű teljes tömegével is számolnia kell.

Túlméretes vagy túlsúlyos rakomány esetén külön engedélyre, útvonalvizsgálatra és egyes esetekben kíséretre lehet szükség. Tehát a jogszabályi keretek a járműválasztás és az útvonaltervezés közvetlen feltételei.

KÖZÚTI JÁRMŰVEK JELLEMZŐ MÉRETE

jármű típusa	hossz	szélesség	magasság	ford. sugár (futási középvív)
kerékpár	1,70-1,90	0,60	1,00-1,25	2,00
motorkerékpár	2,25	0,75	0,95	2,50-5,00
személyautó kicsi	3,50	1,60	1,35	5,00
személyautó közepes	4,50	1,70	1,45	5,50
személyautó nagy	5,10	1,80	1,55	6,00
tehergépkocsik				
furgon/transzporter	4,50-6,00	1,80-2,20	2,00	6,00
kis teherautó (~3,5t)	6,00	2,20	2,20	6,00
közepes teherautó két tengelyes (~7,5t) pl. áruszállító, szemetes, hűtő	7,00	2,50	2,50	7,00-8,00
nagy teherautó három tengelyes (~15t) pl. tűzoltó, mixer, szemetes, konténer szállító	8,00-12,00	2,50	3,00-4,00	8,00-12,00
teherautó pótkocsival	15,00	2,50	4,00	12,00
nyergesvontatós kamion pl. áruszállító, silókocsi, tartálykocsi	18,00	2,50	4,00	12,00
ISO konténer	magasított	6,09/9,14/12,19	2,43	2,59
	standard	6,09/9,14/12,19	2,43	2,43
	alacsony	6,09/12,19	2,43	1,21

1. ábra. Közúti szállítójárművek főbb mérethatarai (forrás: [5])

Teherbírás szerint megkülönböztetünk kis- (0,75...2,5 t), közepes (2,5...6 t) és nagy teherbírású (6 t felett) gépkocsikat.

A legnagyobb megengedett össztömegekre vonatkozó előírások országonként változnak, nálunk a 6/1990. (IV. 12.) KöHÉM rendelet szerint [5]:

- Szóló járműre:
 - 2 tengelyes jármű: 18 t (lassú jármű: 25 t)
 - 3 tengelyes jármű: 25 t (lassú jármű: 32 t)
 - 4 v. több tengelyes jármű: 32 t
- Szerelvényre:

- 3 tengelyes járműszerelvény: 28 t
- 4 tengelyes járműszerelvény: 36 t
- 5 tengelyes járműszerelvény: 40 t
- Intermodális konténerszállító szerelvény: 44 t

3. táblázat. A főbb közúti járműtípusok alkalmazhatóságának összevetése ([2] alapján)

Jármű / felépítmény	Tipikus áru	Fő előny	Korlát / figyelendő szempont
Ponyvás nyerges szerelvény	Raklapos ipari áru, gépalkatrész, építőanyag.	Sokoldalúan rakodható, általános fuvarfeladatokra alkalmas.	Rögzítés, időjárás, rakodási sorrend.
Dobozos / zárt felépítmény	Értékesebb vagy csomagolt áru, gyűjtőfuvar.	Jobb védelem, biztonságosabb zárt raktér.	Oldalrakodás és raktérkihasználás korlátai.
Hűtős félpótkocsi	Élelmiszer, gyógyszer, hűtést igénylő áru.	Hőmérséklet-szabályozás és minőségmegőrzés.	Magasabb üzemeltetési költség, hűtőlánc-felügyelet.
Tartályos / silós jármű	Folyadék, por, granulátum, vegyi ill. élelmiszeripari áru.	Zárt, célzott szállítási rendszer.	Tisztítás, kompatibilitás, ADR vagy speciális követelmények.
Billenős	Föld, kavics, homok, ömlesztett áru.	Gyors ürítés, erős felépítmény.	Korlátozott általános használhatóság, nagy saját tömeg.
Konténerszállító alváz	20 és 40 lábas konténer.	Intermodális láncokhoz jól illeszkedik.	Konténerméret, tömeg, termináli háttér.
Mélyágyas / nehéz trailer	Túlméretes gép, ipari berendezés.	Speciális, nagy tömegű rakományok szállítása.	Engedély, kíséret, útvonalvizsgálat.

3.4. Speciális közúti járműalkalmazások

A közúti áruszállításban a speciális járműveknek fontos szerepük van, mivel sok fuvarfeladatnál egy általános felépítményű tehergépkocsi már nem elegendő. A gyakorlatban az áru típusa, érzékenysége, rakodási módja és az útvonal körülményei együtt határozzák meg, hogy milyen jármű használható biztonságosan és gazdaságosan. Ide tartoznak például a hűtőgépkocsik, tartálykocsik, önürítő járművek és speciális pótkocsik is [2].

A hűtős járműveket főként az élelmiszer- és gyógyszerlogisztikában használják. Ezeknél a fuvarfeladatoknál nemcsak az fontos, hogy az áru eljusson a címzetthez, hanem az is, hogy a teljes szállítás alatt biztosított legyen a megfelelő hőmérséklet. Emiatt fontos a jármű megfelelő műszaki állapota, a hűtőberendezés működése, valamint a hőmérséklet folyamatos ellenőrzése és dokumentálása is.

A tartályos és silós felépítményeket főként folyadékok, porok és különböző granulátumok szállítására használják. Ezeknél a járműveknél a zárt rendszerű rakodás és ürítés azért fontos, mert csökkenti a szennyeződés, a rakománykeveredés és az anyagvesztesség kockázatát. Ugyanakkor ezeknél a felépítményeknél fontos a tisztítás, valamint veszélyes áruk szállításánál az előírások betartása is.

A konténerszállító járműveket főként az intermodális szállítás közúti szakaszain használják. Előnyük, hogy az áru a teljes szállítás során ugyanabban a konténerben maradhat, így kevesebb átrakásra és árumozgatásra van szükség. Ugyanakkor figyelembe kell venni a konténer típusát, tömegét, valamint a terminálok időablakait és a tengelyterhelési korlátozásokat is.

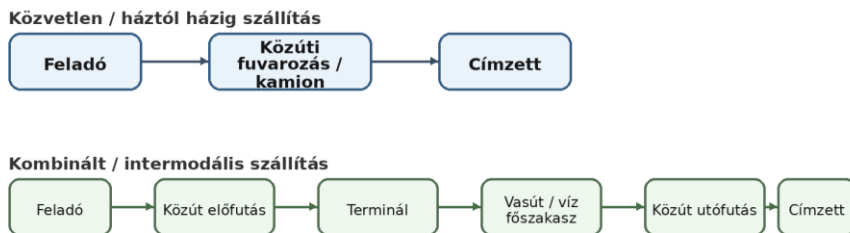
A mélyágyas járműveket főként túlméretes vagy túlsúlyos rakományok szállításánál használják, például munkagépek vagy nagyobb ipari berendezések esetében. Ezeknél a fuvaroknál a megfelelő jármű kiválasztása még csak az első lépés, mivel sok esetben külön útvonalengedélyre, kíséretre, valamint a híd- és magasságkorlátozások vizsgálatára is szükség lehet. Emellett fontos a pontos rakodási terv elkészítése is. Ez jól mutatja, hogy a speciális járművek alkalmazása összetettebb szállítmányozási előkészítést igényel.

A fenti példák alapján jól látható, hogy a speciális közúti járművek nem egyszerűen eltérő kialakítású kamionok, hanem konkrét logisztikai feladatokra kialakított műszaki megoldások. Emiatt a jármű kiválasztásánál figyelembe kell venni az áru típusát, a rakodási technológiát, a jogszabályi korlátozásokat és a teljes szállítási folyamat körülményeit is.

4. A járműválasztás logisztikai szempontjai

A szállítmányozásban a járműtípusok ismerete önmagában nem elegendő. A gyakorlatban a megfelelő jármű kiválasztását össze kell hangolni a rakodási móddal, az útvonallal, az okmánykezeléssel, valamint a költségekkel is. A választást például befolyásolhatja az áru típusa, az áru mennyisége, a csomagolás, a hőmérsékleti igény, a rakodási környezet és a szállítási idő.

A kapacitás nemcsak teherbírást jelent. Egy rakomány lehet tömeg-, térfogat- vagy hőmérsékletérzékeny is, de számítani kell a sérülékeny vagy veszélyes árukra is. Könnyű, de nagy térfogatú árunál sokszor a raktér mérete jelenti a korlátot, míg ömlesztett anyagoknál vagy folyadékoknál inkább az össztömeg és a tengelyterhelés a meghatározó. Raklapos áruk esetében a raklapok száma, mérete és elhelyezése is nagy hatással van a fuvarozás hatékonyságára.



2. ábra. A közúti szakasz szerepe a közvetlen és az intermodális szállítási láncban

A jármű kiválasztása tehát sok esetben kompromisszumot jelent. Az általános járművek rugalmasabban használhatók különböző feladatokra, a speciális járművek ezzel ellentétben egy adott feladatra alkalmasak, de az adott árut sokszor biztonságosabban és hatékonyabban tudják szállítani.

4. táblázat. Fuvarfeladatok és célszerű járműtípusok összerendelése

Fuvarfeladat	Javasolt járműtípus	Indoklás
Nemzetközi raklapos ipari áru	Ponyvás nyerges szerelvény	Nagy kapacitás, jó rakodhatóság, általános európai fuvarfeladatokhoz jól illeszkedik.
Városi üzlethálózati terítés	Kisteherautó, dobozos teherautó vagy elektromos áruterítő jármű	Fontos a manőverezhetőség, alacsony zaj, gyakori megállás és gyors rakodás.
Hűtött élelmiszerlánc	Hűtős félpótkocsi vagy hűtős dobozos jármű	A hőmérséklet tartása a minőség és jogszerűség része.
Vegyí folyadék vagy üzemanyag	Tartályos jármű	Zárt rendszerű szállítás és speciális biztonsági követelmények.
Cement, liszt vagy granulátum	Silós jármű	Pneumatikus rakodás/ürítés és zárt anyagkezelés szükséges.
Építőipari ömlesztett anyag	Billenős	Gyors ürítés és robusztus felépítmény előnyös.
Kikötői vagy vasúti konténer elő- és utófutása	Konténerszállító alváz	A rakományegység konténerként marad a teljes láncban.
Túlméretes ipari gép	Mélyágyas / nehéz trailer	A méret és tömeg speciális rakfelületet, engedélyt és útvonalat igényel.

5. Aktuális gyártói kínálat áttekintése

A gyártói kínálat áttekintése azért fontos, mert a modern tehergépjárművek ma már nemcsak általános szállítóeszközök, hanem sok esetben konkrét fuvarfeladatokra kialakított megoldások is. A nagy gyártók kínálatában külön járművek jelennek meg

például távolsági fuvarozásra, városi áruterítésre, építőipari feladatokra, tartályos vagy hűtött szállításra, valamint nehézfuvarozásra is. Emellett egyre nagyobb szerepet kapnak az elektromos meghajtású és digitális rendszerekkel támogatott járművek és flották is.

A fejezet néhány aktuális MAN és Volvo példán keresztül mutatja be a modern közúti szállítójárművek alkalmazási lehetőségeit és fejlesztési irányait.

5.1. MAN megoldások

A MAN kínálatában többféle közúti tehergépjármű található, kisebb elosztó fuvarozási járművektől egészen a nagy nyerges vontatókig. A MAN TGX főként a távolsági fuvarozáshoz kapcsolható, ahol fontos a hatékony hajtáslánc, a vezető kényelme és a biztonsági rendszerek megléte [9]. A MAN TGM és TGL ezzel szemben inkább a könnyebb és közepes elosztófuvarozási feladatoknál használható, ahol a manőverezhetőség, a hasznos teherbírás és a városi alkalmazhatóság a fontos szempont [10].

A városi és regionális áruterítés fejlődésére jó példa a MAN eTGL, amely elektromos elosztó teherautóként jelenik meg a gyártó kínálatában [11]. Az elektromos MAN eTGX és eTGS modellek pedig azt mutatják, hogy az elektromos hajtás már nemcsak a kisebb városi járműveknél, hanem a nagyobb, nyerges és nehéz tehergépjárműveknél is megjelent [12].

A gyártói kínálat ma már nemcsak a jármű fizikai felépítéséről szól. A MAN DigitalServices és a RIO platform például a flottakezelést, a járműkövetést, az idő- és tachográfkezelést, a járművezető-támogatást, valamint az elektromos akkumulátor-menedzsmentet is támogatja [13].

5.2. Volvo Trucks megoldások

A Volvo Trucks kínálatában többféle szállítási feladathoz találhatók különböző járműmegoldások. A gyártó külön foglalkozik például a távolsági és regionális fuvarozással, az áruterítéssel, az építőipari feladatokkal, a hulladékszállítással, valamint a tartályos és ömlesztett szállítással is [14]. Ez jól mutatja, hogy a gyártók ma már egyre inkább a feladatspecifikus járművekben és flottákban gondolkodnak.

A Volvo a városi áruterítésnél kiemeli a szűk utcák, a gyalogosforgalom és a szigorúbb zaj- és kibocsátási előírások jelentőségét [14]. A Volvo FM, FL, FE és FM Low Entry modellek különböző városi és regionális fuvarfeladatokhoz kapcsolhatók, többféle hajtásváltozattal, például elektromos, gázüzemű vagy dízel kivitelben [14, 15].

Távolsági fuvarozásnál jó példa a Volvo FH Aero, amely aerodinamikus kialakítással és többféle hajtáslánccal érhető el [16]. A flottakezelés területén a Volvo Connect digitális rendszer segíti a járművek nyomon követését, a karbantartás tervezését és a flották hatékonyabb működését [17].

5. táblázat. MAN és Volvo gyártói példák feladatspecifikus járműmegoldásokra (gyártói források alapján)

Gyártó	Megoldás / modellcsoport	Kapcsolódó fuvarfeladat	Fejlődési irány / jelentőség
MAN	TGX	Távolsági és nemzetközi fuvarozás	Hatékony hajtáslánc, vezetői kényelem, asszisztensrendszerek [9].
MAN	TGM / TGL	Városi és regionális elosztófuvarozás	Manőverezhetőség, hasznos teherbírás, változatos alvázopció [10].
MAN	eTGL	Városi és regionális elektromos áruterítés	Helyi emissziómentesség, kompakt kialakítás [11].
MAN	eTGX / eTGS	Elektromos nehézteher- és nyerges feladatok	Elektromos hajtás nehezebb fuvarfeladatokhoz [12].
MAN	DigitalServices / RIO	Flottakezelés és fuvarszervezés támogatása	Nyomkövetés, tachográf, töltés- és akkumulátormenedzsment [13].
Volvo	FL / FE / FM	Városi és regionális áruterítés	Különböző hajtásláncok, városi manőverezhetőség [14].
Volvo	FM Low Entry	Városi, kommunális és áruterítési feladatok	Elektromos hajtás, alacsony belépés, jobb kilátás [15].
Volvo	FH Aero	Távolsági fuvarozás	Aerodinamikus kialakítás, többféle hajtásválaszték [16].
Volvo	Volvo Connect	Digitális flottakezelés	Teljesítményfigyelés, karbantartástervezés, termelékenység támogatása [17].

6. A kamionok technikai fejlődése

Az elmúlt húsz évben a kamionos áru fuvarozás jelentős fejlődésen ment keresztül. A járművek megbízhatóbbak, biztonságosabbak és kényelmesebbek lettek, miközben egyre fontosabbá vált az alacsonyabb fogyasztás, a környezetvédelmi előírások betartása és a digitalizáció is. A modern tehergépjármű ma már nemcsak egy mechanikai eszköz, hanem egy digitális rendszerekhez kapcsolódó jármű is, amely folyamatos adatokat tud szolgáltatni például a helyzetéről, állapotáról vagy az energiafelhasználásáról.

A fejlődés nemcsak a fuvarszervezés és a fuvarokmányok digitalizációját érinti, hanem magukat a járműveket is. Fontos szerepet kapott például a fogyasztáscsökkentés, az emissziókezelés, az aerodinamikus kialakítás, az elektromos és alternatív hajtások, valamint a vezetőtámogató és telematikai rendszerek fejlődése is. Ezek közvetlen hatással vannak a fuvarozás költségeire, biztonságára és a szállítási folyamat tervezhetőségére.

6. táblázat. A kamionok fontosabb technikai újításai és szállítmányozási hatásai

Technikai újítás	Lényege	Hatása a fuvarozásra	Fő korlát / feltétel
Korszerű dízelmotor és emissziókezelés	Hatékonyabb motor, SCR/AdBlue, részecskeszűrő, szigorúbb környezetvédelmi előírások.	Alacsonyabb fajlagos fogyasztás és kibocsátás, jobb szabályozási megfelelés.	Rendszeres karbantartás, megfelelő üzemanyag és AdBlue-minőség.
Automatizált hajtáslánc	Automatizált váltó, tempomat, útvonalhoz igazított működés.	Egyenletesebb vezetés, kisebb fogyasztás, kevésbé terhelt járművezető.	Megfelelő útvonal- és sofőrképzés szükséges.
Aerodinamika	Áramvonalas fülke, légterelő, energiahatékony abroncsok.	Főként távolsági fuvarban csökkentheti az energia- és üzemanyagigényt.	Rövid, városi távokon kisebb a megtérülés.
Elektromos és alternatív hajtások	Akkumulátoros elektromos, gázüzemű, HVO/biodízel és később hidrogén megoldások.	Városi és regionális feladatoknál kisebb helyi kibocsátás és zajterhelés.	Hatótáv, infrastruktúra és magasabb beruházási költség.
Vezetőtámogató rendszerek	Vészfékezés, sávtartás, holtterfigyelés, kamerarendszerek, adaptív tempomat.	Csökkenhet a baleseti kockázat, javulhat a szolgáltatás megbízhatósága.	Nem helyettesítik a járművezető figyelmét és képességét.
Telematika és távoli diagnosztika	Járműpozíció, fogyasztás, hibakódok, karbantartási állapot és vezetési adatok követése.	Pontosabb ETA, kevesebb állásidő, tervezhetőbb karbantartás.	Adatintegráció, adatvédelem és kompatibilitás.

A digitalizációnak szintén fontos része az elektronikus fuvarlevél. A 197/2024. (VII. 29.) Korm. rendelet az elektronikus fuvarlevél alkalmazásának lehetőségeit szabályozza [7]. Az e-CMR segítségével a papíralapú fuvarlevelek elektronikusán kezelhetők, ami a gyorsabb adatcserét, jobb visszakereshetőséget és kevesebb adminisztrációs hibát eredményezhet.

A környezetvédelmi előírások szigorodása miatt az alternatív hajtások és az energiahatékonyág fejlesztése is egyre fontosabbá válik. A Zöld Kamion Program tanulmánya a hazai közúti áruszállítás zöldítésének lehetőségeit vizsgálja, külön figyelmet fordítva az alternatív hajtásokra, az infrastruktúrára és a költségekre is [6]. A gyártói példák alapján az elektromos tehergépjárművek jelenleg főként a városi és a regionális fuvarfeladatoknál jelennek meg, ahol a napi útvonalak jobban tervezhetők és a töltés is könnyebben megszervezhető.

Összességében a kamionok technikai fejlődése abba az irányba halad, hogy a járművek gazdaságosabbak, biztonságosabbak és környezetkímélőbbek legyenek, miközben egyre jobban kapcsolódnak a digitális szállítmányozási rendszerekhez is. Emiatt a fejlődést nemcsak hajtástechnikai oldalról kell vizsgálni, mivel a motor, a felépítmény, a biztonsági rendszerek és a digitális szolgáltatások együtt határozzák meg a fuvarfeladatok teljesítését.

7. A fejlesztések hatása a szállítmányozási folyamatra

A digitalizáció egyik fontos hatása, hogy a fuvarszervezés egyre inkább adatokra épül. A valós idejű járműpozíció, a várható érkezési idő, a jármű állapota, a vezetési idők és az elektronikus okmányok mind segíthetnek abban, hogy kevesebb legyen a bizonytalanság. Így a szállítmányozó gyorsabban tud reagálni például késésre, forgalmi akadályra, műszaki hibára vagy rakodási változásra.

A korszerű járművek és a digitális szolgáltatások a költségeket is befolyásolják. A hagyományos dízeljárműveknél továbbra is az üzemanyag, a karbantartás, a gumibroncs, az útdíj, a vezetői bér és az állásidő számítanak fontos költségtényezőknek. Elektromos járműveknél viszont már nagyobb szerepe van a beszerzési áraknak, a töltőinfrastruktúrának, az energiamenedzsmentnek, az akkumulátorhasználatnak és a töltési időnek is.

A környezetvédelmi elvárások a fuvarozási piacot is alakítják. Egyes megbízók már nemcsak a fuvardíjat és a határidőt nézik, hanem azt is, hogy milyen a szállítás karbonlábnyoma, milyen hajtásláncú járművet használnak, és mennyire fenntartható a szolgáltató működése. Városi környezetben pedig a zaj- és emissziós szabályok miatt az alternatív hajtású járművek előnybe kerülhetnek [14].

7. táblázat. *A kamionok fontosabb technikai újításai és szállítmányozási hatásai*

Folyamatelem	Hagyományos megközelítés	Fejlesztések utáni elvárás
Fuvarokmány	Papíralapú CMR és külön adminisztráció.	Elektronikus fuvarlevél, gyorsabb adatsere, digitális archiválás.
Járműkövetés	Telefonos egyeztetés, időszakos visszajelzés.	Valós idejű pozíció, ETA és teljesítményadat.
Karbantartás	Ütemezett vagy hiba utáni beavatkozás.	Proaktív karbantartás járműadatok alapján.
Energia / üzemanyag	Dízel-fogyasztás és tankolási költség figyelése.	Töltésmenedzsment, akkumulátorállapot, energiahatékonyság.
Városi megfelelés	Általános tehergépjárművek használata.	Csendesebb, alacsony kibocsátású, biztonságosabb városi jármű.
Szolgáltatási szint	Határidő és fuvardíj központú értékelés.	Pontosság, nyomon követhetőség, fenntarthatóság és biztonság együttes értékelése.

8. Következtetések

A vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a közúti szállítójárművek alkalmazhatóságát nem lehet csak egyetlen műszaki tulajdonság alapján meghatározni. A legfontosabb szempont mindig az, hogy a jármű mennyire illeszkedik az adott fuvarfeladathoz. Egy általános ponyvás szerelvény sokféle rakomány szállítására alkalmas, de nem tudja helyettesíteni a hűtős, tartályos, silós vagy mélyágyas járműveket. A speciális járművek általában magasabb költséggel és szűkebb felhasználási területtel rendelkeznek, ugyanakkor bizonyos fuvarfeladatoknál nélkülözhetetlenek.

A második fontos következtetés, hogy a jármű ma már nemcsak szállítóeszköz. A gyártói példák alapján a modern tehergépjárművek egyre inkább feladat-specifikus, digitálisan kapcsolt rendszerekké válnak. A MAN és a Volvo kínálata is jól mutatja, hogy a gyártók külön foglalkoznak a városi áruterítéssel, a távolsági fuvarozással, az építőipari feladatokkal, a nehézfuvarozással, valamint az elektromos hajtásokkal és a digitális flottakezeléssel is.

Harmadik következtetésként megállapítható, hogy a fejlődési irányok közül jelenleg a digitalizáció és az alternatív hajtások fejlődése a legmeghatározóbb. A digitalizáció a fuvarszervezést és az adminisztrációt teszi gyorsabbá és átláthatóbbá, míg az alternatív hajtások főként a környezetvédelmi szempontokat és a városi használhatóságot befolyásolják. Ugyanakkor ezek új infrastrukturális és szervezési igényeket is teremtenek.

9. Összefoglalás

Jelen cikk a 2025. évi tavaszi Tudományos Diákköri Konferencián bemutatott dolgozat összefoglalója, amelynek célja, a szállítmányozási feladatok során alkalmazott közúti szállítójárművek alkalmazhatóságának és fejlődési irányainak vizsgálata volt.

A járműtípusok vizsgálata alapján megállapítható, hogy a közúti fuvarozásban nincs minden feladatra tökéletes jármű. A ponyvás nyerges szerelvények jól használhatók általános raklapos áruk szállítására, míg a dobozos, hűtős, tartályos, silós vagy billencs felépítmények speciális fuvarfeladatokra alkalmasak. A konténerszállító alvázak főként intermodális szállításkor jelennek meg, a mélyágyas járműveket pedig túlméretes vagy túlsúlyos rakományoknál alkalmazzák.

A fejlődési irányok közül különösen kiemelhető a digitalizáció, az e-CMR, a telematikai rendszerek, a városi logisztikai megoldások, valamint az alternatív hajtások fejlődése. A MAN és a Volvo Trucks példái jól mutatják, hogy a modern tehergépjárművek egyre inkább konkrét fuvarfeladatokra kialakított és digitális rendszerekkel támogatott járművekké válnak.

Összességében a közúti, kamionos szállítmányozás fejlődése nem a közúti fuvarozás háttérbe szorulását jelenti, hanem annak tudatosabb, digitálisabb és fenntarthatóbb működését. Emiatt a megfelelő szállítójármű kiválasztása a jövőben

még fontosabb stratégiai döntés lehet, ahol a műszaki, logisztikai, gazdasági és környezetvédelmi szempontokat együtt kell figyelembe venni.

Irodalom

- [1] Telek, P. (2025). Áruszállítás. Előadásanyag, Miskolci Egyetem, (2026.05.14)
- [2] Telek, P. (2025). Közúti szállítás. Előadásanyag, Miskolci Egyetem, (2026.05.14)
- [3] Központi Statisztikai Hivatal: Fenntartható fejlődési indikátorok, 2024 - áruszállítási módok megoszlása. URL: <https://ksh.hu/kiadvanyok/fenntarthato-fejlodes-indikatorai/2024/3-42-sdg9> (2026.05.07)
- [4] 1/1975. (II. 5.) KPM-BM együttes rendelet a közúti közlekedés szabályairól. Nemzeti Jogszabálytár. URL: <https://njt.hu/jogszabaly/1975-1-20-24.25> (2026.05.07) tartásának
- [5] 6/1990. (IV. 12.) KöHÉM rendelet a közúti járművek forgalomba helyezésének és forgalomban műszaki feltételeiről. URL: <https://njt.hu/jogszabaly/1990-6-20-5E.83> (2026.05.07) Nemzeti Jogszabálytár.
- [6] BME Zéró Karbon Központ – Trenecon: Zöld Kamion Program tanulmány, 2022. URL: https://zkk.bme.hu/wpcontent/uploads/2022/12/ZKK_Trenecon_Zold_Kamion_Tanulmany.pdf (2026.05.07)
- [7] 197/2024. (VII. 29.) Korm. rendelet a Nemzetközi Közúti Árufuvarozási Szerződésről szóló Egyezmény elektronikus fuvarlevélről szóló kiegészítő Jegyzőkönyvének kihirdetéséről. Nemzeti Jogszabálytár. URL: <https://njt.hu/jogszabaly/2024-197-20-22> (2026.05.07)
- [8] MAN Truck & Bus Magyarország: Az összes MAN tehergépkocsi-típus áttekintése. URL: <https://www.man.eu/hu/hu/tehergepkocsi/minden-modell/tipusok-attekintese/tipusokattektintese.html> (2026.05.13)
- [9] MAN Truck & Bus Magyarország: MAN TGX áttekintése. URL: <https://www.man.eu/hu/hu/tehergepkocsi/minden-modell/az-man-tgx/attekintes/a-tgxattektintese.html> (2026.05.13)
- [10] MAN Truck & Bus Magyarország: MAN TGM & MAN TGL áttekintése. URL: https://www.man.eu/hu/hu/tehergepkocsi/minden-modell/az-man-tgm-es-az-mantgl/attekintes/a-tgm_tgl-attekintese.html (2026.05.13)
- [11] MAN Truck & Bus Magyarország: Az új MAN eTGL - kompakt elosztó eTruck. URL: <https://www.man.eu/hu/hu/tehergepkocsi/minden-modell/az-man-tgm-es-az-man-tgl/manetgl/attekintes.html> (2026.05.13)
- [12] MAN Truck & Bus Magyarország: MAN elektromos tehergépkocsi modellek áttekintése. URL: <https://www.man.eu/hu/hu/tehergepkocsi/elektromos-teherauto/attekintes.html> (2026.05.13)
- [13] MAN Truck & Bus Magyarország: MAN DigitalServices. URL: <https://www.man.eu/hu/hu/szerviz/attekintes/digitalis-szolgalattasok/digitalisszolgalattasok.html> (2026.05.13)

- [14] Volvo Trucks Magyarország: Áruterítés - szállítási megoldások. URL: <https://www.volvotrucks.hu/hu-hu/transport-solutions/distribution.html> (2026.05.13)
- [15] Volvo Trucks Magyarország: Elektromos URL: <https://www.volvotrucks.hu/hu-hu/trucks/electric.html> (2026.05.13) TDK-dolgozat Volvo teherautók.
- [16] Volvo Trucks Magyarország: Volvo FH Aero - aerodinamika távolsági fuvarozáshoz. URL: <https://www.volvotrucks.hu/hu-hu/trucks/models/volvo-fh-aero.html> (2026.05.13)
- [17] Volvo Trucks Magyarország: Volvo Connect. URL: <https://www.volvotrucks.hu/hu-hu/services/volvo-connect.html> (2026.05.13)
- [18] Tanórai háttéranyag: Anyagmozgató gépek - áruszállítás, közúti szállítás és kombinált szállítás témakörök. (2026.05.13)
- [19] Tanórai háttéranyag: Anyagmozgató gépek méretezése - anyagmozgató rendszerek, relációk és eszköz kiválasztás. (2026.05.13)
- [20] Tanórai háttéranyag: Anyagmozgató-tervezés - rendszer- és feladat szemléletű megközelítés. (2026.05.13)
- [21] Cselényi, J., Illés, B. (szerk.) (2004). Logisztikai rendszerek I. Miskolci Egyetem, Miskolc, (2026.05.19)

MODERN NYOMONKÖVETÉSI MEGOLDÁSOK A LOGISZTIKÁBAN

Nagy Zoltán

Hallgató, Miskolci Egyetem Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Logisztikai Intézet
3515, Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: nagyzolcsi1027@gmail.com

Dr. Juhász János

Egyetemi adjunktus, Miskolci Egyetem Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Logisztikai Intézet, 3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: janos.juhasz1@uni-miskolc.hu

Absztrakt

A logisztikai folyamatok hatékonyságának növelésében kiemelt szerepet töltenek be a szabványosított azonosítási és nyomkövetési rendszerek. A tanulmány bemutatja az ISO szabványok kialakulását és szerepét a minőségirányításban, valamint ismerteti a GSI szervezet tevékenységét és a vonalkód-alapú azonosítás jelentőségét. Ezt követően áttekinti az RFID-technológia működési elvét és logisztikai alkalmazási lehetőségeit, különös tekintettel a raktári folyamatok automatizálására. A vizsgálat kiterjed továbbá a mobil raktárlogisztikai rendszerekre, valamint az IBCS Hungary által alkalmazott hangvezérelt raktári megoldásokra és azok gyakorlati előnyeire. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a digitális azonosítási és nyomkövetési technológiák jelentősen hozzájárulnak a logisztikai folyamatok átláthatóságának, pontosságának és hatékonyságának növeléséhez, miközben támogatják a vállalatok versenyképességének fenntartását a modern ellátási láncokban.

Kulcsszavak: RFID, GSI, nyomkövetés, hangvezérelt raktár, digitalizáció

Abstract

Standardized identification and traceability systems play a crucial role in improving the efficiency of logistics processes. This study presents the development and significance of ISO standards in quality management and discusses the role of the GSI organization in supporting global identification and data exchange standards. Furthermore, the paper reviews the operating principles of RFID technology and its applications in logistics, with particular emphasis on warehouse automation. The analysis also covers mobile warehouse logistics systems and voice-directed warehouse solutions implemented by IBCS Hungary, highlighting their practical benefits and operational advantages. The findings indicate that digital identification and traceability technologies significantly enhance the transparency, accuracy, and efficiency of logistics operations while supporting the competitiveness of companies operating in modern supply chains.

Keywords: RFID, GSI, traceability, voice-directed warehousing, digitalization

1. Bevezetés

Az ISO (Nemzetközi Szabványügyi Szervezet) egy olyan szervezet, amelyet egy közös cél érdekében alapítottak meg 1947.február 23-án, ami azóta is 165 ország tagszervezetét összesíti, amelynek központja mai napig Svájcban található Genfben. Megközelítőleg 20000 nemzetközi szabványt hoztak létre, melyek közül a legelterjedtebb az ISO 9000-es szabványcsalád. Kidolgozása a rendszerkiépítést, működtetést segíti a különböző méretű szervezeteknél. Világszerte alkalmaznak ISO szabványokat, igaz nem kötelező, de az eredményesség érdekében a különböző vállalatokkal szemben nagyban segíti a versenyben maradáást, valamint a piaci elvárásokkal szembeni megfelelést. A tanulmány bemutatja a GS1 nonprofit szervezet szerepét, valamint azt, hogy milyen módon támogatja és fejleszti a globálisan alkalmazott szabványokat, köztük a vonalkódokat, elősegítve ezzel a hatékony üzleti kommunikációt. 1973.április 3-án kötöttek meg egy olyan megállapodást, amely a vonalkódok egységes alkalmazásáról szól, ez a szervezet a ma már GS1 névre hallgat. Napjainkban pedig a fogyasztók, kereskedők, partnerek minden információt megkapnak az adott termékről, amit bescannelnek a QR-kódoknak köszönhetően. Az RFID is nagy szeretettel használja az ISO szabványokat, valamint a GS1-hez hasonlóan beazonosítást segíti elő. Ami lényegében egy olyan tárgy, amely egy alkatrész, árucikk vagy élőlény is lehet. A tanulmány ismerteti továbbá az IBCS Hungary által alkalmazott VoCollect rendszert, annak működési elveit és legfontosabb előnyeit. A hangvezérelt raktárakban, pedig ezek a hang alapú folyamatok bebizonyították, hogy nagymértékben megkönnyítik a munkafolyamatokat, amiket alaphoz papír alapon töltöttek ki a raktári feladatok elvégzése érdekében.

2. Szabványkialakulás

A bevezetésben már említett szabványkialakulás több fajta szabványt tett közzé, amiben külön helyet foglal el az iparban az ISO 9000-es szabványcsalád. Átdolgozására 1873-ban került sor, ami további 5 alrészre vont maga után, melynek elődjét az angol hadsereg használta, majd idővel alakították át olyan szintre, hogy a polgári életbe is be tudjon épülni, valamint segítse a briteket a gazdasági lemaradásban a világpiacon versenytárral szemben.

Magyarországon 1994-ben honosították az akkoriban már elfogadott ISO 9000 szabványokat, ami már nemzeti szinten is jelen volt, valamint nagy részben alkalmazott is volt a szervezeteknél. Ezeket persze később módosították, javították a maximális kihasználtság érdekében. Első módosítás 1996-ban történt, viszont a 2000-es évek nagyobb változásokat hoztak, ami mai napig érvényes szabvány Magyarországon.

Kezdetben viszont az ISO csak mérnöki és fizikai paraméterekre tért ki, amit az ISO/R 1:1951-es szabvány írt le az ipari hosszúságok rögzítésével kapcsolatban. Ez a szabvány azt a célt szolgálta, hogy az A/4-es papírméretet globális szintre emeljék, valamint a bankkártyák méretét is hasonló módon ismertették/vezették be, hogy a

világ összes pontján, ahol automata van a behelyezett kártya bármelyik automatába beleilleszkedjen.

A fizikai paraméterek szabványosítását követően fokozatosan előtérbe kerültek az irányítási rendszerek és azok folyamatai. Az ISO 9000-es szabványsorozat ezzel egyidőben jött létre, ami közül a legismertebb a mai napig az ISO 9001-es szabvány. Ez a szabvány már nem a csavarokra, hanem egy vállalat felépítéséről szól, hogy egyenletesen működjenek a különböző szolgáltatások [1].

2.1. ISO 9000-es szabványok

Az ISO 9000 szabványcsalád a minőséget befolyásoló üzleti tevékenységek tervezésére, ellenőrzésére és dokumentálására épül. Ezeknek a tevékenységeknek a tervezése azt segíti elő, hogy meghatározott, valamint érthetőek legyenek a célok, jogosítványok mozgási körei.

A tevékenységeket ellenőrizni is kell, hogy a különböző elvárásoknak megfeleljen, valamint a problémák elhárítása, megelőzése és a helyesbítő akciók tervezésben és kivitelezésben is könnyebb legyen. A tevékenységeket dokumentálni is kell, ami a módszereket és célokat érteti meg a szervezetben belül az együttműködést segítve. Dokumentálás segíti még, hogy az esetleges vevők, akik igényelik azoknak bizonyítékul fog szolgálni a minőségügyi rendszer teljesítménye.

- **ISO 9000:** Összefoglalja a rendszerek modelljét, valamint az ehhez tartozó fogalmakat, melyből a 2005-ös kiadás jelenleg is érvényes
- **ISO 9001:** Minőségirányítási rendszer követelményeit foglalja magába. Előírja a szervezeteknek a teljesítés érdekében, hogyha tanúsítványt akar szerezni vagy csak szabvány szerint működni.
- **ISO 9004:** A minőségirányítást közelíti meg a továbbfejlesztés érdekében, ahol fejlesztési javaslatokat, kiegészítéseket közöl a szervezettel. Tanúsítás nem lehetséges, mivel a középpontban a rendszerfejlesztés van. Itt a 2009-es kiadás van jelen.
- **ISO 19011:** Olyan szabvány, ami megadja az irányítási rendszer auditjainak folyamatát, fogalmát, valamint szabályát. Az ISO 14001-es auditra is ez vonatkozik, itt a 2002-es kiadás, ami érvényben van.

2.2. TQM és ISO 9001 összehasonlítása

1.táblázat. TQM és ISO 9001 összehasonlítása

Szempont	TQM	ISO 9001:2000
Szabvány-háttér	Nincs, irányítási filozófia	Szabványos követelmények
Értékelési módszer	Önértékelés	Tanúsítás
Befejezettség	Befejezetlen	Tanúsított
Célközönség	Szervezetben belüli bizalom elnyerése	Partneri bizalom elnyerése

I. Szabvány-háttér:

- **ISO 9001:** Szigorúan dokumentált szabályrendszer, olyan követelményeket határoz meg, amit a vállalatnak teljesítenie kell
- **TQM:** Olyan gondolkodásmód, ahol a szervezet tagjai a minőség iránt vannak elkötelezve. Nincs szabványhoz kötve

II. Értélési módszer:

- **ISO 9001:** Azt, hogy megfeleljen egy harmadik fél vizsgálja, sikeres vizsga után tanúsítványt kap.
- **TQM:** Saját magukat értékelik EFQM alapján, amivel megnézik hol tartanak a minőségi kultúra fejlesztésben

III. Befejezettség:

- **ISO 9001:** Olyan projekt, amelynek a sikeres audit megszerzése a cél
- **TQM:** Kaizen elvre épül, tehát folyamatosan a tökéletességre törekszik

IV. Célközösség:

- **ISO 9001:** Külső partnerek felé való bizonyítás, hogy mennyire megbízható a cég, ezzel próbálják elnyerni a partnerek bizalmát
- **TQM:** Bevonja a munkatársakat, hogy egy masszív és motivált csapatot alkossanak, miközben egymásba fektetik bizalmukat

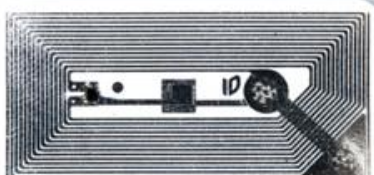
V. Cél:

- **ISO 9001:** Célja a stabilitás és ennek garantálása a mellett, hogy az elvárt minőséget tartják, hibák nélkül
- **TQM:** Az elért szintnél mindig jobbat akar fenntartani, valamint az innovációkra fókuszál, vevők igényeit pedig túl szeretné teljesíteni

Összesítő: Az ISO szabvány stabil alapot ad a szervezetnek, míg a TQM a tökéletességre hajt és folyamatosan a fejlesztés felé halad, így nem zárja ki egymást a kettő a minőségügyben.

3. RFID-technológia és logisztikai alkalmazásai

Az RFID (Radio Frequency Identification) rádiófrekvenciás azonosítást jelent, amely automatikus azonosítási technológia. Működése rádióhullámok alkalmazásán alapul. Fő elemei a chipet és antennát tartalmazó RFID-címke, valamint a leolvasó berendezés. Tápellátás nélkül működik. A leolvasó által létrehozott elektromágneses mező energiát biztosít a címkének, amely így adatokat tud továbbítani a leolvasó felé. Az RFID-technológia lehetővé teszi az objektumok automatikus azonosítását és nyomon követését rádiófrekvenciás kommunikáció segítségével [2].



1.ábra. RFID chip

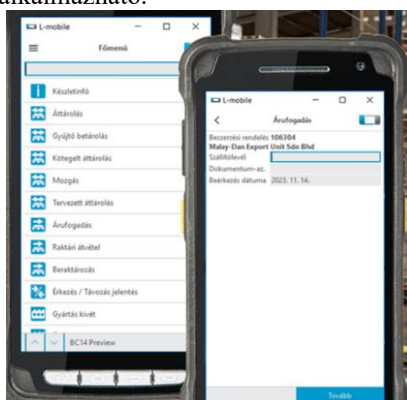
Különböző frekvenciasávokon működnek: LF, HF, UHF. Az elnevezések az alkalmazott frekvenciatartományokra utalnak. **LF**: Low Frequency, **HF**: High Frequency, **UHF**: Ultra High Frequency. Különböző sávokat képviselnek, amelyeknél a hatótáv, átviteli sebesség, zavarhatóság, valamint a jeladó irányíthatóság közt lehet eltérés.

2.táblázat. Frekvenciaszabványok

Frekvenciasáv	Hatótávolság	Zavarhatóság (fém)	Átviteli sebesség	Írányíthatóság
LF	kisebb mint 1 m	erős	alacsony	nem szükséges
HF	kb. 1,5 m	erős	közepes	nem szükséges
UHF	20 m	nagyon erős	magas	szükséges lehet

3.1. RFID alkalmazása raktárlogisztikában

Az RFID-rendszerek lehetővé teszik a raktári folyamatok digitalizálását és automatizálását. Érintkezés mentes beazonosítás jelen van, ami miatt az Ipar 4.0 fontos alapja. Az RFID kapuk automatikusan érzékelik, mikor milyen forrás megy keresztül rajtuk. A tárhelyek és a rakománytárolók ellátása RFID jeladóval és a villástargoncák felszerelése RFID leolvasóval biztosítja annak automatikus rögzítését, hogy melyik áru, melyik tárhelyen található és hogyan helyezték oda. Az RFID-technológia nemcsak a raktári folyamatokat támogatja, hanem számos egyéb logisztikai területen is alkalmazható.



2.ábra. L-mobile rendszer

3.2. Mobil raktárlogisztika (L-mobile warehouse) funkciók

Árufogadás: Előnyök közé lehet sorolni, hogy a papír alapú listák háttérbe szorulnak vagy egyáltalán nincsenek jelen, digitális hozzáférés a gyorsabb beazonosítás érdekében. Valamint nincs szükség manuális adatrögzítésre utólag. Amint az összes tétel rögzítésre kerül és kiválasztja a megfelelő tároló helyet, elkezdődik az árufogadás digitális könyvelése.

Kommissiózás: Ahhoz, hogy megfelelő helyre kerüljenek a cikkek a raktárban dolgozóknak kommissiózniuk kell az árut a tárhelyen belül (előkészítik). Mobil raktárlogisztika nagyban megkönnyíti ezt a folyamatot. ERP rendszereken belül rendelkezésre állnak a digitális kommissiózási listák.

Átraktározás: A raktárszoftver képes átraktározást is könyvelni. Gyártásba való átraktározás pont ilyen, ahol az aktuális helyéről viszik át feldolgozás érdekében. A művelet szkenneléssel rögzíthető, majd az adatok azonnal bekerülnek az ERP-rendszerbe.

Készletkorrekció: A vállalatnak fontos, hogy rálásson a készletre, valamint a rendelkezésre álló árukra. A digitális raktárlogisztika lehetővé teszi az átláthatóságot és a hibákat, eltéréseket segít kiszűrni

Utántöltés: Amint a betárolt készlet a végét járja szükséges az utántöltés. A megfelelő tárhely beszkennelése után, egyszerű lépésekkel igényelhető az újratöltés.

A mobil adatgyűjtő rendszerek lehetővé teszik a raktári műveletek valós idejű rögzítését és nyomon követését [3].



3.ábra. ERP rendszerek

4. IBCS Hungary hangvezérelt raktárai

A vállalkozások egyre nagyobb nyomás alatt működnek a növekvő fogyasztói elvárások és a költségcsökkentési igények miatt. Ezek miatt már nem elegendő a munkafolyamatok optimalizálása, amivel a fenntarthatóságot, valamint a versenyképességet tartják életben. Bevezetésük óta lényegesen jobb alternatíva lett a hagyományos kezelési módokhoz képest, mint például a Pick to Light vagy a rádiófrekvenciás szkennerek. Tapasztalatok alapján ezek a raktári technológiák termelékenységnövekedést okoztak, ami alapján akár 10-30%-ot is jelentett, e mellett pedig a pontosság is javult 20-50%-kal. Ez a befektetés a vállalatoknál pénzügyi javulást is eredményezett, valamint a folyamatos leltári információk, rugalmas

munkaszervezés, munkahelyi légkör javulása és a biztonság is nagymértékben előnyként alakult ki. A hangvezérelt rendszerek alkalmazása növelheti a kommissiózási teljesítményt és javíthatja a munkafolyamatok pontosságát [4].

4.1. Hangvezérelt raktárak működése

1. **Beérkeztetése az árunak:** Ez a folyamat magába foglalja a mennyiségi, minőségi és a manuális műveleteket. A rendszer nagyban segíti azokat a folyamatokat, mint például a bevételezést, így a munkásoknak, ezzel segítve a feladatvégzést a bizonylatok és hasonló dokumentumokkal való időtöltést.
2. **Bevételezés:** Kritikus pont a termékek beérkezése után való elhelyezés, mivel ha rossz helyre a szedést nagymértékben meg tudják nehezíteni. Mivel ez a fajta vezérlés a tárolási helyet azonnal ellenőrzi, valamint a pontosságot se hanyagolja el megbízhatósága maximalizálja az elvárt feladatmegoldást.
3. **Feltöltés, készletre vétel:** A készletre vételezést egy személy végzi egy eszközzel, magas prioritású utasítást kap a WMS rendszertől, ha egy hely már üres vagy közel áll hozzá, így még a folyamat befejezése előtt orvosolni tudja. Ezeket a folyamatokat a hangvezérelt technológia könnyíti meg, így a szedés előtt a feltöltést is el tudják végezni.
4. **Árukiszedés:** Nagy teret biztosít a termelékenység javításra az RF szkennerekkel és a papír alapú szedéssel szemben. A szedő munkást a rendszer automatikusan arra a helyre irányítja, ahova, ha oda ér, akkor az ellenőrzési kódot már mondja is. Ez segíti, hogy a megfelelő árut és mennyiséget szedjék ki. Visszaigazolás után a rendszer a következő szedési helyre küldi. Termelékenység érdekében lehet olyan is, hogy több rendelés kiszedése egy időben történik, ez a batch típusú szedés névre hallgat.
5. **Leltár/ ciklusszámlálás:** A hangvezérelt folyamatokba be van iktatva ez a ciklusszámlálás, ami a munkások feladatát könnyíti meg, ahol a mennyiséget hang alapján visszaigazolja, hasonlóan a fent említettek közt. A rendszer ezután számol, valamint a pontosságra és a sebességre törekszik.

4.2. VoCollect hangvezérelt technológia

Ezeket a technológiákat nagyrészt azért szokták bevezetni, hogy a működési költségek csökkenjenek és az ügyfél elégedettség növekedjen. Könnyen elsajátítható az irányítása, amely mellett a munkások az alapvető feladataikra is tudnak időt szakítani a rendszer segítségével. Egy időben több nyelven is támogatja a különböző nemzetiségű munkásokat, ami csökkenti a nyelvi akadályokból eredő nehézségeket. Ez részben a vállalkozások üzleti növekedését is segíti, valamint a különböző országokból való szaktudást is tudják importálni.

Mivel ez a technológia fejlettebb, így egyben azt is megköveteli a vállalkozásoktól, hogy teljes mértékben átalakítsák az adott raktárnak a folyamatait, rendszereit az optimalizálás érdekében. Környezetére nem érzékeny, mivel hűtött, fagyott környezetben is hiba nélkül működik, valamint a zajszenyezés sem hátráltatja.

Eszközeinek márkája a Talkman, amely bluetooth-on keresztül kapcsolódik rá a headsetekre.

4.3. Andon rendszer raktárakban

A gyártósorokon a folyamatokat jellemzően mérnöki felügyelet mellett végzik. A hatékonyság és a biztonság érdekében ún. ANDON rendszereket szoktak alkalmazni, ami lényegében oszlopra helyezett színes lámpák, melynek szerepe, hogy informálja a gyártósoron lévő mérnököt, hol és melyik soron kell beavatkozást végrehajtani. Ezen túl még a termelés alakulását is kitüntetik, hogy a többi munkatárs is láthassa, hogy alakul a napról-napra alakuló termelés. Szerbiában a BOSCH gyárban, viszont ezt a papír alapú tájékoztatást felváltották nagyképernyős tévékre a láthatóság növelése érdekében, valamint, hogy kimutassa a gyártott, tervezett mennyiséget, az ezekben lévő hibákat és az ehhez tartozó „állomások” melyikének jelzése. Alapja egy olyan gyártáskövető rendszer, amely központi adatbázisban tárolja a termékek adatait. A rendszer kiszámítja a KPI mutatókat a tervezett és gyártott mennyiségből, majd ezeket kivetíti a kijelzőkre gyártósoronként. Ha a tervezett mennyiség alacsony akkor a jelzés „szomorú fejet” mutat, amennyiben pedig magasabb „mosolygó” ikonnal jelzi az eredményt. Az IBCS Hungary kifejlesztett egy olyan hardvert is, ami a hibákat segít kimutatni. Ezt az Arduino rendszer egészítette ki ipari környezetben a zavarvédett működés elérése érdekében. Itt 9 gomb van elhelyezve a gyártósorokon, ami jelzi és kiértékeli az adatokat majd tovább küldi az ANDON-nak és a fent említett módon segíti ki a munkásokat.

5. GS1 Magyarország

A GS1 Magyarország a globális kereskedelembe alkalmazott azonosítási és adatszere-szabványok hazai képviselője. A szervezet egységes azonosítási rendszereket biztosít, amelyek támogatják a termékek nyomon követhetőségét, az automatizált adatfeldolgozást és az ellátási láncok hatékony működését [5].



4.ábra. GS1 Magyarország lefedett területei

A legismertebb GS1-megoldások közé tartoznak a különböző vonalkód-szabványok és az ezekhez kapcsolódó nyomkövetési rendszerek.

A GS1 rendszerében több vonalkódtípus alkalmazható. A kiskereskedelemben elsősorban az EAN-13 és EAN-8 szabványok terjedtek el, míg a logisztikai folyamatokban gyakran alkalmazzák az ITF-14 és a GS1-128 jelöléseket. Az egészségügyben speciális GS1 szabványok támogatják a betegek, dokumentumok és eszközök nyomon követését.

A GS1 nyomkövetési szabványai lehetővé teszik az ellátási lánc szereplői közötti egységes adatcserét. A rendszer alapját az egyedi azonosítás, az adatgyűjtés, az adatkommunikáció és a szabványosított információkezelés alkotja, amelyet olyan eszközök támogatnak, mint a GTIN, SSCC, GLN vagy az EPC/RFID technológiák.

6. Összefoglalás

A logisztikai folyamatok hatékony működésének alapját napjainkban a szabványosított azonosítási és nyomkövetési rendszerek jelentik. Az ISO szabványok egységes keretet biztosítanak a minőségirányítás számára, míg a GS1 szabványrendszer lehetővé teszi a termékek és logisztikai egységek egyértelmű azonosítását az ellátási lánc teljes hosszában. Az RFID-technológia és a mobil raktárlogisztikai megoldások hozzájárulnak a folyamatok automatizálásához, a hibalehetőségek csökkentéséhez és az adatok valós idejű kezeléséhez. Emellett a hangvezérelt raktári rendszerek támogatják a munkafolyamatok hatékonyabb végrehajtását, miközben javítják a pontosságot és a termelékenységet. A digitális technológiák alkalmazása jelentősen hozzájárul a logisztikai folyamatok hatékonyságának növeléséhez és a vállalatok versenyképességének javításához [6,7]. Megállapítható, hogy a digitális azonosítási és nyomkövetési technológiák alkalmazása jelentős versenyelőnyt biztosíthat a vállalatok számára. Az egységes szabványokra épülő rendszerek növelik az átláthatóságot, támogatják a gyors információáramlást, valamint elősegítik a logisztikai folyamatok digitalizációját és automatizálását. A jövő logisztikai rendszereiben ezen technológiák egyre szorosabb integrációja várható, amely tovább növelheti az ellátási láncok hatékonyságát és megbízhatóságát. Az Ipar 4.0 megoldások várhatóan egyre nagyobb szerepet kapnak a jövő logisztikai rendszereiben és ellátási láncában [7,8].

Irodalom

- [1] International Organization for Standardization: ISO 9000-2005 Family – Quality Management Systems
- [2] Bányai, T., Bányainé Tóth, Á., Illés, B., & Tamás, P.: Ipar 4.0 és logisztika, Miskolci Egyetem, (2019) ISBN: 978-963-358-182-7
- [3] L-mobile Solutions: Digitalizált raktárlogisztika és mobil raktárkezelés. Utolsó letöltés dátuma: 2026.04.30., URL: <https://l-mobile.com/hu/uezletagak/digitalizalt-raktarlogisztika/>

-
- [4] IBCS Hungary: Hangvezérelt raktárak és Vocollect technológia. Utolsó letöltés dátuma: 2026.04.30., URL: <https://ibcs.hu/megoldasok/hangvezereelt-raktarozas/>
 - [5] GS1 Magyarország: Vonalkód típusok és alkalmazási területek. Utolsó letöltés dátuma: 2026.04.30., URL: <https://gs1hu.org/vonalkod-tipusok>
 - [6] Matyi, H., Veres, P., Bányai, T., Vasily, D., & Tamás, P.: Digitalization in Industry 4.0: The Role of Mobile Devices, *Journal of Production Engineering*, Vol. 23, No. 1, pp. 75–78, 2020.
 - [7] Akkad, M. Z., & Bányai, T.: Applying Sustainable Logistics in Industry 4.0 Era, *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, Vol. 22, pp. 222–234, 2021. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-15-9529-5_19
 - [8] Juhász, J., & Bányai, T.: What Industry 4.0 Means for Just-In-Sequence Supply in Automotive Industry?, In: *Vehicle and Automotive Engineering 2*, Springer, 2018. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-75677-6_19