

Intelligens eszközök jövőbeli szerepe a városi koncentrált rakodóhelyek rendszerében

Dr. Bóna Krisztián*, Sárdi Dávid Lajos**, Büki Aletta***, Domaniczki Viktória****

* Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar, Anyagmozgatási és Logisztikai Rendszerek Tanszék, tanszékvezető, egyetemi docens (e-mail: krisztian.bona@logisztika.bme.hu)

** Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar, Anyagmozgatási és Logisztikai Rendszerek Tanszék, PhD-hallgató (e-mail: david.sardi@logisztika.bme.hu)

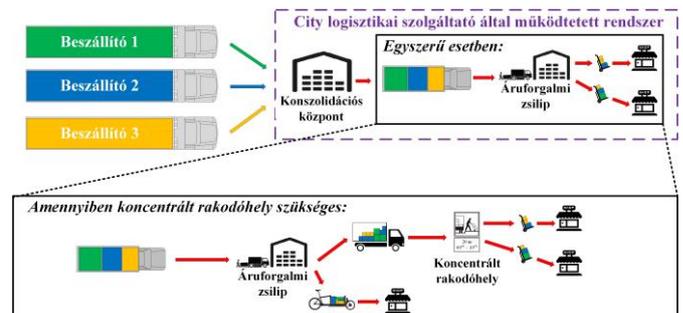
*** Budapesti Közlekedési Központ, Mobilitásfejlesztés, Közterületfejlesztési és -szabályozási munkatárs (e-mail: aletta.buki@bkk.hu)

**** Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar, Anyagmozgatási és Logisztikai Rendszerek Tanszék, logisztikai mérnök MSc-hallgató (e-mail: viktor.domaniczki@logisztika.bme.hu)

Absztrakt: A konszolidáció-alapú innovatív city logisztikai rendszerekben három fő csomópont-típust határozhatunk meg: a konszolidációs központokat, az áruforgalmi zsilipeket, és amennyiben a zsilipekből nem szolgálhatók ki közvetlenül az igénypontok, koncentrált rakodóhelyekre is szükség lesz. Mivel utóbbiaknak ezáltal fontos szerep fog jutni a jövő városi áruszállításában, sőt, már napjaink városellátási rendszereinek is fontos részét képezik, ezért a city logisztikai kutatásoknak is foglalkozni kell a városi koncentrált rakodóhelyekkel. Cikkünkben azt fogjuk bemutatni, hogy a városi koncentrált rakodóhelyek rendszerében milyen szerepe lehet a jövőben különböző intelligens eszközöknek. Először ismertetni fogjuk korábbi kapcsolódó kutatási eredményeinket, a koncentrált rakodóhelyek jelenlegi hazai helyzetét, elsősorban a főváros példáját vizsgálva, bemutatunk néhány releváns külföldi megoldást, majd pedig összefoglaljuk az intelligens eszközök integrálási lehetőségeit, az intelligens rakodóhelyek bevezetésének legfontosabb lépéseit, végül pedig felvázoljuk az ezeket alkalmazó új city logisztikai koncepciókat.

1. BEVEZETÉS

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Anyagmozgatási és Logisztikai Rendszerek Tanszékének City Logisztikai Kutatócsoportjában 2015 óta kiemelten foglalkozunk az úgynevezett városi koncentrált igénypont-halmazok vizsgálatával (BME-ALRT, 2021). Ezek olyan igénypont-halmazok, ahol kis területen jelentős számú igénypont található, jelentős vevői és áruforgalmi igényekkel, a koncentráció alapján pedig feltételezhető a konszolidáció hatékony megvalósítása; ilyenek például a bevásárlóövezetek, piacok, hipermarketek és bevásárlóközpontok. Kapcsolódó kutatásaink során számos konszolidációs-alapú city logisztikai rendszerkonceptiót kidolgoztunk (Bóna és Sárdi, 2019), közöttük a kötött pályás és folyami szállítási lehetőségeket is vizsgálva. A zöld áruszállítási módok közül a kötött pályás lehetőségekre különös figyelmet fordítottunk (Bóna et al., 2020), és mind a közúti, mind pedig a városi vasúti áruszállítást alkalmazó megoldásra szimulációs modelleket is kidolgoztunk, különböző részletességgel, különböző szimulációs eszközök alkalmazásával (Bóna és Sárdi, 2020). Ezekben a city logisztikai rendszerekben három fő csomópont-típust különböztethető meg, az 1. ábrán látható módon.

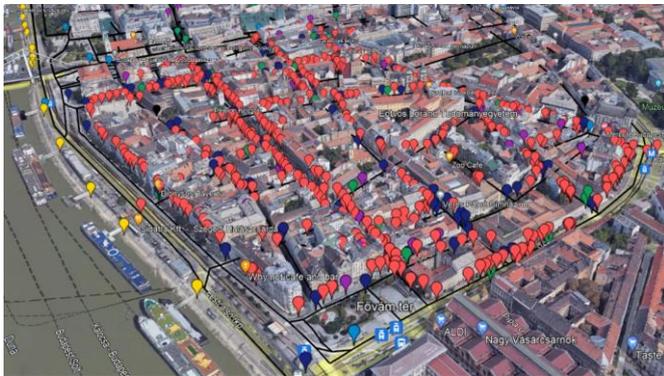


1. ábra: A konszolidáció-alapú city logisztikai rendszerek fő csomópontjai

A konszolidációs központok kiindulópontként szolgálnak a konszolidált városi szállítások számára, ezekbe a városok külső területein elhelyezkedő létesítményekbe szállítanak a városi igénypontok beszállítói, és ezekből szolgálják ki a városi igénypontok a konszolidáció-alapú rendszerekben. Fontos kérdés ezek vizsgálata kapcsán a központok számossága, elhelyezkedése, azonban az egyes telephelyek megtervezése már egyszerű raktár- és telephelytervezési feladatként definiálható. Ezekből a konszolidációs központokból az áru az áruforgalmi zsilipekbe jut el (közúton,

vagy akár kötött pályán, vízi úton szállítva), ezek cross-docking funkciót látnak el. Ezen zsilipek vizsgálatára komoly figyelmet fordítottunk már korábbi kutatásaink során, több méretezési és technológiai koncepciót megvizsgáltunk (Bóna et. al., 2019). Amennyiben (pl. egy bevásárlóközpont esetén) a zsilipből közvetlenül kiszolgálhatók az igénypontok, ez lesz az utolsó csomópont, amennyiben viszont szükség van még egy szállítási tranzakcióra a zsilipből kiindulva (valamilyen kisáruszállítójárművel, pl. elektromos kistehergépkocsival vagy cargo kerékpárokkal), akkor szükség lesz koncentrált rakodóhelyekre is, ahonnan kiszolgálhatók lesznek a környező igénypontok. Cikkünkben ezen koncentrált igénypontok vizsgálatával fogunk foglalkozni.

A rakodóhelyekkel kapcsolatos kutatásunk egyik fontos alapja a 2017-2018-ban végzett, a budapesti Váci utca bevásárlóövezet vizsgálatát vizsgáló projektünk volt, amelynek keretein belül a teljes koncentrált igénypont-halmazt felmértük, elkészítettük a city logisztikai szempontú topológiai modelljét, kérdőíves vizsgálattal felmértük a zóna üzleteit, és részletes elemzéseket készítettünk az áruforgalmi jellemzőkkel kapcsolatosan (Büki et. al., 2018). Ennek a topológiai modellnek egy részletét mutatja be a 2. ábra.



2. ábra: A Váci utca bevásárlóövezet topológiai modelljének részlete Google Earth-n

Cikkünkben a koncentrált rakodóhelyekkel kapcsolatos elemzéseink jelentős mértékben alapozni fognak ezekre a Váci utca bevásárlóövezettel kapcsolatos tapasztalatainkra, azonban vizsgálatainkat nem csak a koncentrált igénypont-halmazokkal kapcsolatosan ismertetjük, mivel koncentrált rakodóhelyekre az egyszerű városi zónákban is szükség van.

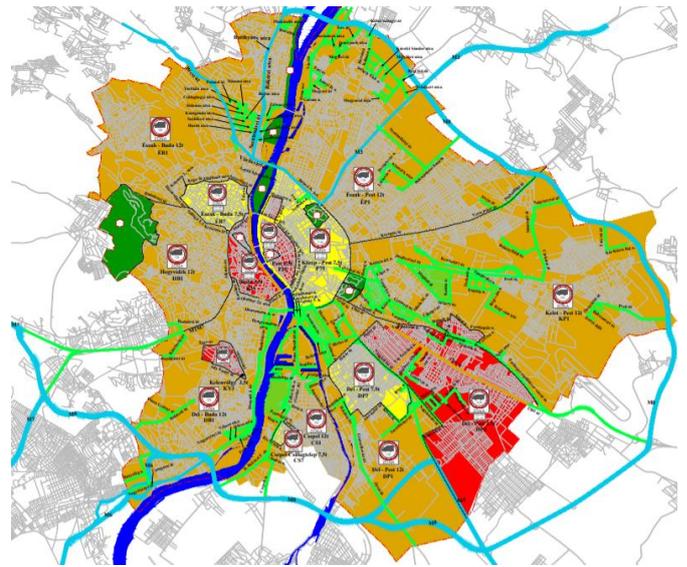
2. JELENLEGI HELYZET BEMUTATÁSA

Ebben a fejezetben részletesen ismertetjük a jelenlegi budapesti city logisztikai helyzetet, a jelenlegi koncentrált rakodóhelyekkel kapcsolatos problémákat, valamint bemutatunk néhány külföldi megoldást, melyek megalapozhatják a jövőbeli koncentrált rakodóhelyek koncepciójának kidolgozását.

2.1. A jelenlegi budapesti helyzet

Budapesten jelenleg nem működnek kifejezetten gateway-koncepció alapú city logisztikai rendszerek, a belvárosi

területeken érzékelhető nagy tehergépjárműszám egyik oka a hatékony szervezés hiányára vezethető vissza. A hatékony szervezés egyik alapfeltétele a konszolidációs központok megléte lenne, mivel jellemzően különböző típusú árukat más és más beszállító hoz be, ami lényegesen több forgalmat generál, illetve növeli a környezet- és zajszennyezés mértékét is. Ráadásul a belföldi online vásárlások gyakorisága évről-évre emelkedik (Reacty Digital, 2020), ami a kiszállítások gyakoriságát is növeli. A városi áruszállítással kapcsolatban az egyik legfontosabb intézkedés az elmúlt időszakban a Budapesti Teherforgalmi Stratégia bevezetése volt, amely hatására bár a nagyobb tehergépjárművek kiszorultak a belvárosból, viszont megnövekedett a kisebb összetömegű járművekkel történő szállítások száma, valamint a teherszállítás okozta rezgés, zaj és légszennyezés még mindig jelentős problémát okoz. Budapesten jelenleg 15 korlátozott forgalmú és 11 védett övezet létezik (Budapest Közút, 2020), melyekbe díjfizetés után lehet behajtani. A budapesti övezeti rendszert mutatja be a 3. ábra.



3. ábra: Budapest teherforgalmi zónái és célforgalmas úthálózata (Budapest Közút, 2020)

A budapesti városi, elsősorban belvárosi áruszállítás fontos részét képezik az úgynevezett koncentrált rakodóhelyek. Budapesten jelenleg megközelítőleg 650-670 rakodóhely található, melyek jelentős része a körutak (Kiskörút, Nagyörút), a sugárutak (Kossuth Lajos utca, Rákóczi út, Andrassy út, Bajcsy-Zsilinszky út) és a sétálóutcák (Váci utca bevásárlóövezet) mentén fellelhető üzletek közelében van. A rakodóhelyek igény szerint kerülnek kialakításra (tehát a kijelölés nem modellezés és optimalizálás alapján történik), számuk az elmúlt években növekedett, de még mindig nem éri el a szükséges mennyiséget, illetve elhelyezkedésük megfelelősége, valamint kapacitásuk is kérdésesek. Egy ilyen koncentrált rakodóhely látható a 4. ábrán. A kijelölt rakodóhelyek mellett a védett, illetve a várakozási övezetekben rakodótárcsa használatával is lehet rakodást végezni a kijelölt parkolóhelyeken, díjmentesen maximum 20

perc időtartamig (Budapest Közút, 2021). Ezt a rakodótárcsát mutatja be az 5. ábra.



4. ábra: Koncentrált rakodóhely Budapesten, a Váci utca bevásárlóövezetben



5. ábra: Budapesten alkalmazott, várakozási övezetben érvényes rakodótárcsa (Budapest Közút, 2021)

A városban a fenntartható szállítási módok közül egyelőre a teherkerékpáros szállítás jelent meg, ami egyre népszerűbbé válik (Bóna és Sárdi, 2021a), viszont az elektromos járművek száma jelenleg még alacsonyabb. A jelenlegi helyzetnél érdemes megemlíteni, hogy bár még mindig a futárszolgáltatás kiszállítás a legnépszerűbb (GKI Digital, 2021), de hazánkban is egyre jobban terjed a csomagpontok, csomagautomaták használata. Jelenleg a nagyobb városokban megtalálhatók több futárszolgálat csomagpontjai (pl. GLS, DPD, Sprinter, Magyar Posta), amelyek emberi munkaerőt igényelnek, de üzemelnek már csomagautomaták is (pl. GLS, MPL, Foxpost), amelyek megtalálhatók a forgalmasabb helyeken és nem igényelnek plusz emberi munkaerőt sem. Sőt, már az IKEA is alkalmaz önkiszolgáló átvételi pontokat, amelyek alkalmasak nagyobb csomagok, akár raklapos egység méretű csomagok tárolására is (IKEA, 2021).

2.2. A koncentrált rakodóhelyekkel kapcsolatos problémák

A városi koncentrált rakodóhelyek fejlesztése és jövőbeli szerepének meghatározása igen fontos kutatási terület (nem csak Budapesten, hanem más városok city logisztikai rendszereiben is), mivel a városellátásban az egyik legfontosabb szűk keresztmetszetet a rakodási folyamatok adják. A közös rakodóhelyek feladata a rakodási műveletek kiszolgálása, vagyis az, hogy biztosítsák a megfelelő körülményeket a rakodás adott időben történő szabályos és biztonságos elvégzéséhez. A budapesti tapasztalatok azonban azt mutatják, hogy ezeket a funkciókat a rakodóterületek nem tudják kielégíteni (Büki et al., 2018). Az egyik fő probléma a jelenlegi rakodóhelyekkel, hogy sok esetben nem biztosított elegendő hely a rakodás elvégzésére, ezért az áru- és személybiztonságot veszélyeztetve, szabálytalan módon kell lebonyolítani a rakodást, illetve néhány esetben nem is lehetséges elvégezni azt. Emellett említendő még, hogy a koncentrált rakodóhelyek hálózatának kialakításakor nem törekednek annak optimalizálására, néhány területen igen sűrűn helyezkednek el az azonos funkciókkal rendelkező rakodók, míg más helyeken egyértelműen érezhető a hiányuk. A hálózat topológiájánál az is megfigyelhető, hogy a rakodóknál realizálódó csomópontok statikus állapota nem képes lekövetni a dinamikus változó áruszállítási igényeket. Ez a telepítési probléma is oka annak a jelenségnek, hogy a rakodók időbeli kihasználtsága igen kiegyenlítetlen, illetve a szállítások különböző szereplőinek nincs lehetőségük az egymással való kommunikációra, így a szállítások és ezzel a rakodási műveletek sem összeegyeztethetők. Ezek alapján fontos foglalkozni a koncentrált rakodóhelyek city logisztikai rendszerének fejlesztésével.

2.3. Külföldi megoldások

A következőkben szeretnénk kiemelni néhány olyan külföldi megoldást, amely a felmerülő problémák kezelésére jó kiindulási alapot jelenthet. Érdemes itt kitérni arra is, hogy számos európai városban a budapestihez hasonló jellegű koncentrált rakodóhelyeket alkalmaznak, táblával és felfestéssel jelölve, erre mutat két példát a 6. és a 7. ábra. Ezen külföldi city logisztikai rendszerek esetében nincs elérhető információ azzal kapcsolatban, hogy a rakodóhelyek kijelölése milyen logika mentén történik, de feltételezhető, hogy komolyabb modellezés és optimalizálás ezen városok esetében sem valósul meg.



6. ábra: Koncentrált rakodóhely Ausztriában, Grazban



7. ábra: Koncentrált rakodóhely Angliában, Nottinghamban

Az elérhető információk alapján természetesen nem csak Budapesten, hanem számos más nagyvárosban is problémát jelent az, hogy a rendelkezésre álló rakodóhelyek és parkolóhelyek száma nem elég ahhoz, hogy az áruszállító járműveket is kiszolgálja, továbbá a be- és kirakodás kialakítása és annak helye sem mindig megfelelő. Ennek megoldására Spanyolországban, Bilbao városában foglalási rendszer került kialakításra (CIVITAS, 2020), amely lehetővé teszi a sofőrök számára, hogy előre foglaljanak maguknak be- és kirakodásra kialakított öblöt, ezzel megspórolva a parkolóhely keresést. Szintén Spanyolországban, Barcelonában többcéltű sávot hoztak létre (CIVITAS, 2006), amely napszaktól függően váltakozó használatú, így a lehető legjobban ki lehet használni a rendelkezésre álló területet különböző funkciók betöltésére (többek között buszsávként és rakodóhelyként is funkcionál ez a sáv, ennek jelzését mutatja be a 8. ábra).



8. ábra: Többcéltű sáv Barcelonában (CIVITAS, 2006)

Kutatásunk során megvizsgáltuk azt is, hogy a rakodóhelyek, mint a last-mile szállítások fontos elemei hogyan illeszkednek más nagyvárosokban a belvárosi igényeket kiszolgáló

rendszerekbe. Budapest szempontjából például egy a 9. ábrán is látható Bentobox-hoz hasonló csomagautomata rendszer kiépíthető lenne (BESTFACT, 2013), amely gyakorlatilag egy városban belüli konszolidációs pontként üzemelhetne, cargo-kerékpáros kiszolgálással egy koncentrált rakodóhely területén.



9. ábra: Bentobox csomagautomata (BESTFACT, 2013)

A külföldi megoldásokat vizsgálva elmondható, hogy a jövő egyértelműen abba az irányba mutat, hogy a városi áruszállítást is automatizálni kell, intelligens megoldásra lesz szükség a koncentrált rakodóhelyeken is. Ma már több olyan, korábban futurisztikusnak tűnő áruszállítást végző eszköz, mint például a 10. ábrán is látható kézbesítő robotok (The Guardian, 2020; Dormel, 2020), autonóm járművek (Bellan, 2021), drónok (Daimler, 2021; Bóna és Sárdi, 2021b) tesztelése, illetve alkalmazása is zajlik, így a koncentrált rakodóhelyeket ezekre is fel kell készíteni, tudni kell kiszolgáltatni majd ezeket az eszközöket is.



10. ábra: Starship áruszállító robot Milton Keynes-ben, Angliában (The Guardian, 2020)

3. INTELLIGENS ESZKÖZÖK ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI A VÁROSI KONCENTRÁLT RAKODÓHELYEK RENDSZERÉBEN

A következőkben ismertetjük az intelligens eszközök integrálási lehetőségeit, valamint a jövő koncentrált rakodóhelyei által ellátandó funkciókat, végül pedig az

intelligens koncentrált rakodóhelyek bevezetésének általunk megfogalmazott lépéseit.

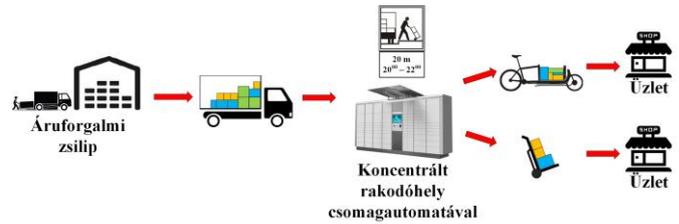
3.1. Intelligens eszközök integrálása

A városi koncentrált rakodóhelyek fejlesztésekor elengedhetetlen annak vizsgálata, hogy azoknak a jövőben milyen szerepet kell betöltenie, illetve ahhoz milyen technológiai felszereltség szükséges, így először a rakodóhelyek lehetséges funkcióit mutatjuk be.

A külföldi példákat alapul véve a jelenlegi rakodóhelyek számának bővítése és sűrűségének javítása nemcsak parkolóhelyek vagy más funkciójú közterületek elvételével lehetséges, hanem már a jelenleg is közlekedéshez köthető helyszínek felhasználásával. Ezek a részlegesen city logisztikai célokra is bevonható területek lehetnek például buszsávok, taxi-droptok, kerékpártárolók vagy egyéb funkciót betöltő területek is. Emellett fontos azt is megállapítani, hogy a kijelölt rakodóhelyek funkciójával kapcsolatban az egyik legfontosabb kérdés az ellenőrizhetőség biztosítása, például a nem jogosult használat megakadályozása céljából, így megszűnhetne az a probléma, hogy a rakodóhelyen történő szabálytalan megállás akadályozza az áruszállítást. Az ellenőrizhetőségen felül biztosítani kell azt is, hogy a rakodással kapcsolatos minden fontos információt folyamatosan rögzíteni lehessen, amely adatokat fel lehet használni akár a későbbi tervezések során, ugyanis jelenleg az adathiány jelentős mértékben hátráltatja a fejlesztéseket. A rakodóhelyek lehetséges funkcióinál felvetődik még az átmeneti tárolás lehetősége is, ami akár az éjszakai áruszállításnál lehetne egy jó megoldás (pl. nagyobb méretű csomagautomaták telepítésével lehetne ezt megoldani), illetve érdemes olyan eszközöket is telepíteni a rakodóhelyekre, amelyek elősegítik a környezetbarát, illetve autonóm járművek kiszolgálását is (pl. drónok esetén meg kell valósítani a dokkolást, illetve elektromos áruszállító eszközök esetén töltésre is szükség lehet).

A jelenlegi koncentrált rakodóhelyek tehát betölthetnének akár olyan funkciókat is, amelyek elősegíthetik a városi áruszállítási folyamat hatékonyságát. Ezek megvalósításához számos innovatív megoldási javaslatot meg lehet fogalmazni, amelyek esetén fontos megvizsgálni az intelligens (smart) eszközök integrálhatóságát is, azonban a rakodóhelyek fejlesztésénél az első javasolt lépés mindenképp egy egységes szabályozási háttér kialakítása, illetve a rakodóhelyek optimális helyének és számának meghatározása, melyhez gráfelméleti alapokra épülő modell felépítése is szükséges lehet (Bóna et. al., 2019). Bár a lehetséges funkciók között nem került külön kiemelésre, de fontos vizsgálni azt is, hogy melyek azok a rakodást segítő eszközök, amelyek még hatékonyabbá tehetik a jelenleg segédeszköz nélküli, vagy kézi segédeszközök (pl. kismelésű kézitargonca, molnárkocsi) használatával történő rakodási folyamatot. Ehhez szükségessé válik standard áruszállítási egységek létrehozása, amelyek az ideiglenes tárolás eszközeinek tervezését is megkönnyítenék. Az ideiglenes tárolás megoldására opcióként felmerülhet csomagautomaták

alkalmazása (ld. a 11. ábrán), illetve a már jelenleg is használt süllyesztett garázsokhoz hasonló süllyesztett automata létesítése, amely a hűtendő áruk tárolását is elősegítené.



11. ábra: Csomagautomata alkalmazása ideiglenes tárolásra

A kiszállítási folyamatot segítené egy foglaltságellenőrző rendszer kiépítése is, amely lényege az lenne, hogy a rendszer folyamatosan megfigyeli a kijelölt rakodóhelyeket, amelyek állapotát online, valós időben mutatja az áruszállítást végzők részére egy weboldalon vagy applikáción keresztül. Ezen keresztül a szabad rakodóhelyeket le is lehetne foglalni egy meghatározott időintervallumra (a bilbaói megoldáshoz hasonlóan) azonban a helyfoglalás kérdésköre számos további kérdést vet fel; például azt, hogy hogyan lehetne kezelni a (pl. torlódások miatt fellépő) késéseket a rendszerben. Egy ilyen rendszer esetén nagy hangsúlyt kell fektetni a rakodóhelyek használatának szabályozására. A rakodóhelyeket fel kell szerelni kamerával, kijelzővel és beviteli pannellel, amelyek akár a barcelonai megoldáshoz hasonló, több célra felhasználható területek ellenőrzésére is használhatók lennének.

A rakodóhelyek esetén fontos még foglalkozni a kiszállítást végző járművekkel is. A környezeti szempontokat szem előtt tartva egyre inkább előtérbe kerül az e-mopedek, elektromos cargo kerékpárok, drónok és elektromos tehergépkocsik használata. Az elektromos járművek elterjedését akár segíteni lehetne olyan kijelölt rakodóhelyek létesítésével is, amelyek elektromos töltővel vannak felszerelve, így a rakodás ideje alatt lehetőség nyílna a járművek töltésére. Nemcsak a ma már elterjedtebb elektromos áruszállító járművek, hanem a drónok és autonóm módon működő tehergépkocsik esetén is fontos szempont lesz a megfelelő töltés és dokkolás biztosítása, illetve az autonóm rendszereknél az irányíthatóság is egy megoldandó feladat lesz. Bár az autonóm eszközök alkalmazása a városi áruszállítás területén rengeteg kihívást rejt magában, a koncentrált rakodóhelyek kiszolgálására való alkalmassá tételét tekintve viszont hatalmas fejlesztési lehetőségeket kínál, így a továbbiakban érdemes lesz ebben az irányban is további kutatásokat végezni.

3.2. Intelligens rakodóhely bevezetésének lépései

A koncentrált rakodóhelyek fejlesztésével kapcsolatosan számos megoldási javaslat került megfogalmazásra, melyeket fejlesztési lépcsőfokokba rendeztünk a funkciók, illetve a megvalósíthatóságuk időbeli sorrendisége szerint, építve a budapesti tapasztalatokra és a már működő külföldi megoldásokra. Számos oka van annak, hogy nem lehet ezeket a változtatásokat egyszerre bevezetni, kezdve a felmerülő

költségektől a kellő támogatási háttér hiányáig. Az intelligens rakodóhelyek bevezetésének lépéseit a 12. ábra ismerteti.



12. ábra: Az intelligens koncentrált rakodóhelyek bevezetésének lépésfokai

A lépésfokokban az alábbi funkciók fognak megvalósulni:

- Az első, és egyben kiinduló megoldás lényegében a mostani rakodóhelyek meghagyása lenne, amelyek csak rakodási célra vannak fenntartva, annyi változással a jelenlegi állapothoz képest, hogy már változó szabályozási háttér is kialakításra kerülne.
- A második megoldás esetén a mostani rakodókat fel kellene szerelni olyan eszközökkel, amelyek segítségével biztosított lenne az adatrögzítés, illetve a folyamatos nyomon követés, de egyéb intelligens funkciók még nem valósulnának meg.
- A harmadik lépésfok esetén már számos új, intelligens funkció betöltésére is alkalmas lenne a rakodóhely, ideértve az ideiglenes tárolást (csomagautomata alkalmazásával), a foglalási rendszer kiépítését, illetve az elektromos járművek és egyéb alternatív szállítási módok kiszolgálását is. Fontos hangsúlyozni azt, hogy ezeknél a megoldásoknál már elengedhetetlen a megfelelő informatikai háttér kialakítása is.
- A negyedik lépésfok esetén a cél az, hogy a rakodóhelyek az eddig felsorolt funkciók ellátásán felül, képesek legyenek autonóm járművek és drónok kiszolgálására is.

Cikkünk következő részében ismertetünk néhány olyan city logisztikai koncepciót, amely a koncentrált rakodóhelyek funkcióit újszerű módon olvasztják magukba.

4. ÚJ CITY LOGISZTIKAI KONCEPCIÓK RAKODÓHELYEKKEL

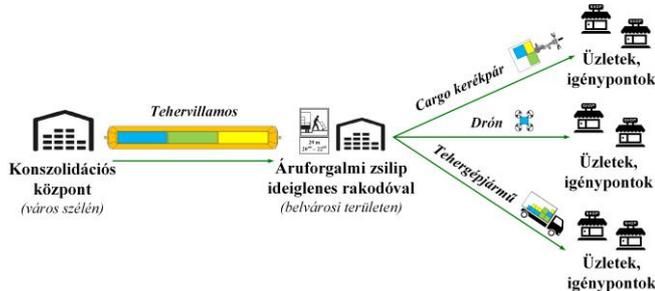
A városi rakodási feladatokkal kapcsolatos jelenlegi helyzet indokolja, hogy olyan koncepciók kidolgozásának irányába mozduljunk el, melyek intelligens eszközöket is alkalmaznak. Ehhez első lépésként három koncepciót vázolunk fel, melyek egy-egy gyökérokra koncentrálván, a rakodási folyamatokat újragondolva jelentenek megoldást, figyelembe véve az intelligens rakodóhelyekkel kapcsolatos megállapításainkat is.

Az első ilyen rakodóhely-koncepció fő motivációja a folyamatosan növekvő igények és a rakodási műveletek elvégzésére kijelölt alkalmas területek hiánya volt. A koncepció kulcseleme, hogy a rakodóterületet

multifunkcionálisan alkalmazzuk, így az egyes funkciók mindig csak ideiglenes jelleggel állnak fent. A multifunkcionális rakodó a szállítási feladat legutolsó lépcsőfokaként jelentkezik, ugyanis ezt a megoldást egy gateway-koncepció alapú megoldásban kell elképzelnünk, amely alkalmas a folyamatos gyűjtési és elosztási feladatok ellátására. Ebben a koncepcióban a város szélén elhelyezett konszolidációs központból induló szállítások kivitelezését kötőpályás eszközzel Budapest city logisztikai lehetőségeire koncentrálván elsősorban tehervillamossal (Bóna et. al., 2020) valósítjuk meg. Ennek oka, hogy ez az eszköz jelentős mennyiségű áru egyidejű szállítására képes, nem terheli a gépjárművek számára fenntartott közlekedési útvonalakat, így a szállítási idő könnyebben becsülhető, az átvétel időpontja pontosabban tervezhető, valamint a környezeti terhelése is kedvező, mind a károsanyag kibocsátás, mind pedig a zajterhelés szempontjából.

Ebben a koncepcióban a járműről történő lerakódás során szükséges az ideiglenes rakodók kialakítása, ezek lehetnek akár az úttesten, akár pedig egy buszsávban. Az ideiglenes rakodók kijelöléséhez természetesen szükséges a szállítási feladatok pontosabb ütemezése, hiszen az ideiglenes rakodó kialakítása eltérhet attól függően, hogy a nap mely szakaszában valósítjuk meg a rakodási folyamatokat. A rakodóhelyen intelligens segédeszközök alkalmazására is szükségünk van, melyek jelenthetnek például digitális jelzőtáblákat, figyelmeztetéseket, tereléseket és egyéb jelzéseket megvalósító eszközöket. Ezen kívül érdemes továbbá azt is meghatároznunk, hogy milyen funkciók ellátására szeretnénk a rakodókat használni, hiszen nagyobb mennyiségű áru szállítása során szükség lehet a helyszínen kommissiózási, szétosztási feladatok végrehajtására, illetve ideiglenes tárolásra is. Fontos része továbbá ezen koncepciónak az is, hogy a rakodóhelyről hogyan, milyen eszközökkel szállítjuk tovább az árut, illetve az, hogy a last mile szállítási feladatok szervezését milyen módon oldjuk meg. A tehervillamost tartalmazó koncepció jelentős előnye lehet, hogy akár a szállítás utolsó szakaszát végző járművek (pl. cargo kerékpárok, drónok, vagy kisebb elektromos tehergépkocsik) is szállíthatók lennének, akár már előre megrakott csomagterrel, így a rakodóhelyen csak ezeket kéne már lerakodni. Ezen kívül az ilyen megoldásoknál elképzelhetőek olyan variációk is, melyek az átrakódás felgyorsítását segítik elő, vagyis az átrakóhelyeken valamilyen dokkolási eljárással veszik át az elszállítandó árut a másik járműtől. A szétosztás is többféleképpen történhet, lehet célirányos, úgynevezett FTL szállítás (Full Truck Load), illetve elképzelhetőek vonat-, vagyis milkrun-jellegű szállítások, ahol egy-egy szállítójármű több megállót érintve osztja szét az árut. A tehervillamos szintén végezhet akár körjárat szerű elosztást, melynek következtében több, városon belüli áruforgalmi zsilip igényeit elégítheti ki. Emellett fontos, hogy a tehervillamos a kötőpályás jellegéből adódóan jól automatizálható (Palmer et. al., 2020), akár autonóm módon is működtethető. Ez a koncepció kombinálható az úgynevezett „pick up-drop off point” megoldással is, melynek lényege, hogy a vevő egy előre definiált helyszínen veszi át az árut.

Ennek megvalósításához érdemes egy ideiglenes tárolóhelyiség vagy csomagautomaták kialakítása is az ideiglenes rakodóhelynél. Ebben az esetben a teherszállító villamosok minden esetben gyűjtő és elosztó körjáratokként funkcionálnának, ugyanis a feladatuk a tárolók megtöltése, illetve a visszaruk összegyűjtése lenne. A koncepciót a 13. ábra szemlélteti.



13. ábra: Tehervillamost alkalmazó koncepció ideiglenes rakodóval

A második vizsgált koncepció az övezetes szállítások adta kihívásokat igyekszik megszüntetni, hiszen ezen területekre szigorú korlátozások vannak érvényben. A korlátozott övezetekben is szükség lehet a gateway-koncepció kialakítására, hiszen ezeken a területeken jellemzőek a tömeg- illetve károsanyagkibocsátás korlátozások, melyek a kisebb volumenű áruk környezetbarát járművekkel való szállítását támogatják. A gateway-koncepció megvalósítása sokféle variációban képzelhető el, jelen cikkünkben a zóna határában elhelyezkedő áruforgalmi zsiliptől történő szállításokkal foglalkozunk. Ez a zsilip folyamatos gyűjtési és elosztási feladatokat kell ellásson az egyes áruk tárolási idejének minimalizálása mellett, a szállítást pedig olyan, kisebb méretű eszközökkel bonyolítjuk le, melyek már nem igényelnek külön rakodási infrastruktúrát a korlátozott övezetekben. A csomópont szolgáltatásai között kell, hogy szerepeljen az áruk kommissiózása és szállítási egységekre való bontása, hogy az innen induló, kisebb kapacitású járművekkel kiszolgálhatók legyenek az igények. A szállítás megoldását végezhetjük áruszállító kerékpárokkal, melyek áruszállításra alkalmas felülettel vagy egységekkel rendelkeznek, illetve ezek azok a zónák, ahol az autonóm áruszállító robotok fenntartható használata is elképzelhető akár már napjainkban is. A cargo kerékpárok előnyei közé tartozik, hogy a városi forgalomsűrűségétől függetlenül képesek áruszállítást végezni, illetve az elektromos rásegítéssel rendelkező modellek már nagyobb volumenű, akár 1-2 rakodólapnyi áru elszállítására is képesek, környezetbarát módon (Bóna és Sárdi, 2021a). Emellett az autonóm robotok használata az áruk elszállítására ezekben az övezetekben jól megoldható, hiszen a korlátozott övezetek leginkább gyalogoszónák, így a különböző járművek közlekedése nem zavarja ezeket a robotokat. A robotok fejlettségétől, illetve az övezet zsúfoltságától függően viszont előfordulhat, hogy ezeknek a gépeknek külön közlekedősávokat szükséges kialakítani a zavartalan áruszállítás érdekében. Ezek a sávok a gyalogosforgalomtól elválasztva működnek. Az említett

robotok legnagyobb előnyei, hogy emberi erőforrás igénybevétele nélkül végzik a szállítást, valamint az áruátadást is. A robotok képesek kisebb akadályok (mint például lépcsőfokok, járdaszegélyek, úttorlaszok) leküzdésére, valamint a központokban könnyen kialakítható számukra megfelelő töltési lehetőség. A robotok és a cargo bike-ok is képesek az áruk inverz irányba történő szállítására is, vagyis a védett övezetben lévő üzletek csomagokat, szállítmányokat nem csak fogadhatnak, de akár ezeket fel is adhatják. A koncepció alapjait a 14. ábra szemlélteti.



14. ábra: Cargo kerékpárt és áruszállító robotot alkalmazó koncepció áruforgalmi zsilippel

A harmadik koncepció a koncentrált rakodóhelyek statikusságának megoldására jött létre, ennek lényege, hogy dinamikus rakodóhelyeket hozunk létre. A rakodóhelyek statikusságának feloldásával olyan helyeken is létrehozhatunk rakodókat, melyeknél az igények nem állandó jelleggel keletkeznek. Ezek a megoldások előnyösek lehetnek azokban az esetekben, amikor az igények szezonálisan jelentkeznek egy adott területen (pl. karácsonyi vásárok, szezonális nyitva tartású étkezdék, vagy szezonális kollekciócsere esetén). Ezen kívül ez a szolgáltatás megfelelő lehet a vevői igények alakítása és azok kiszámíthatóságának szempontjából is. Ha például egy dinamikus csomagautomata egy adott városban minden negyedik héten érhető csak el, abban az esetben a vásárlók is úgy fogják időzíteni a megrendelésüket, hogy az egy hónapra szóló időszakra fedezzék szükségleteiket. Ezáltal kialakul egy ütemezése a szállításoknak, amely a szolgáltató szempontjából előnyös, hiszen adott időszakra nagyobb pontossággal fogja tudni meghatározni a várható keresletet, valamint a rendelésleadási határidők bevezetésével jobb jármű-kihasználságot és teljesítménymutatókat fog tudni elérni. A dinamikus csomagautomaták (Schwerdfeger és Boysen, 2020) rendszere a szolgáltatások kibővítését is jelenti, ugyanis ezekkel a tárolókkal nem csak csomagfogadás, de a csomagfeladás is lehetségessé válik. Az ilyen megoldások előnyei közé tartozik a magas fokú áruvédelem és az egyszerű, rugalmas, a nap bármely szakaszában elérhető áruátvételi lehetőség. A csomagpontok áttelepítése történhet gyűjtő és elosztó járatok szervezésével. A csomagautomaták feltöltése esetében fontos meghatározni azt is, hogy a gépek szállítását és azok áruval való feltöltését különválasztjuk-e, hiszen mind a két módszernek megvannak a maga előnyei. Amennyiben az árukat és a csomagautomatát is ugyanazon járművel kívánjuk szállítani, abban az esetben a szállító járművet fel kell készíteni arra, hogy mind a két funkciót ki tudja elégíteni, illetve ez esetben a visszaruk szállítása során nagyobb menetteljesítményekkel kell számolnunk. Amennyiben a

gépek és az áruk szállítását különválasztjuk, úgy a járműveket speciálisan alkalmazhatjuk a különböző feladatok ellátására, könnyebben kezelhetők a visszaruk, viszont a gépek szállítását és azok áruval való feltöltését együttesen szükséges megszervezni, mely bizonytalanságot és nagyobb szervezési ráfordítást jelent. A dinamikus rakodók kialakítása során szükséges figyelembe venni azt is, hogy ezeknek a gépeknek milyen technikai igényeik léphetnek fel, meg kell oldani többek között az áramellátást is. Ez történhet előre telepített áramforrás használatával, illetve akkumulátorok alkalmazásával, utóbbi esetben viszont töltési vagy akkumulátorcserre idejével is számolni kell.

A fentiek alapján látható, hogy az egyes koncepciókon belül is sok alternatív megoldás létezik és ezek megfelelő használatát befolyásolják az aktuálisan vizsgált városi terület adottságai, az igények volumene, koncentráltasága és számos további tényező is. Ezen tényezők azonosítása és összegyűjtése további feladatként jelenik meg, illetve ezek ismeretében szükséges lesz a koncepciók részletes kidolgozása meglévő városi környezetek esetében.

5. TOVÁBBI KUTATÁSI FELADATOK

A kapcsolódó fejlesztések legnagyobb kihívását az adatok hiánya jelenti, ugyanis már egy mezoszkopikus szintű modell megalkotásához is olyan lényegi adatokra lenne szükségünk, melyek jelenleg semmilyen formában nem állnak rendelkezésünkre Budapest egészére vonatkozólag, mindössze néhány dedikált városi terület kapcsán tudunk vizsgálni. A teljesség igénye nélkül néhány ilyen szükséges adat lenne a rakodások intenzitása területekre vetítve, a rakodások időbeni eloszlása, szabálytalanul vagy nem teljesített rakodások száma területekre bontva, vagy az egyes rakodóhelyeken a rakodások között eltelt idők. Belátható tehát, hogy ezen adatok megléte nélkül a rendszer optimalizálása nem lehetséges, így a rakodók fejlesztése során első lépésben az adatok begyűjtésére kell koncentrálnunk, melynek megoldása lehet majd az ún. elektronikus rakodótárcsa bevezetése. Az egyre növekvő rakodási intenzitások lekövetésére néhány évvel ezelőtt bevezetésre került a rakodótárcsa (Budapest Közút, 2021), mely biztosítja az áruszállító járművek számára a rakodás szabályos elvégzését a koncentrált rakodóhelyeken kívül, várakozási övezetekben. Ezek az eszközök jelenleg rendszám alapján azonosított papír alapú engedélyek, melyek 20 perc időtartamú rakodást tesznek lehetővé. Az elektronikus rakodótárcsa ezt a szolgáltatást bővítené ki oly módon, mely a tervezéshez szükséges esszenciális adatokat is segítene begyűjteni és strukturáltan elérhetővé tenni. Az elektronikus rakodótárcsa egy elektronikus eszközre telepíthető alkalmazás lenne, mellyel biztosított lenne a várakozási övezetben elvégezhető rakodási művelet, sőt, koncentrált rakodóhelyekre is kiterjeszhető lenne az alkalmazása. A rakodást végző személynek nincs más dolga, mint az alkalmazás segítségével jeleznie a rakodás megkezdését és annak végeztével ezt is adminisztrálni az alkalmazásban. A rendszer a GPS koordináták segítségével rögzíti a pontos lokációt és a rakodás időbeni lefolyását, így a megfelelő mintavételezés feltételei mellett egy optimális, működő és fenntartható hálózati modell

is kialakítható lenne. Az alkalmazás alapszintű használatával olyan lényeges adatokat nyerhetünk már az első fázisokban is, mint az egyes rakodások között eltelt idők vagy a rakodások időigénye, mind a járművekre, mind a rakodás helyszínére vetítve. Ezen kívül információt kaphatunk majd arról is, hogy hány esetben történik rakodásra kijelölt területen kívüli rakodási tevékenység, illetve, hogy milyen járművekkel végezték el a rakodásokat, ezek az adatok a koncentrált rakodóhelyek jövőbeli kijelölést is lehetővé tehetik. Vizsgálhatjuk továbbá a rakodások intenzitását is, valamint hőtérképeket rajzolhatunk ki ezekből az adatokból a vizsgált városra vetítve, felvázolhatjuk a hálózati dinamikát is, valamint megfigyelhetjük egyes rakodók hihasználtságát.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Kutatásaink során az úgynevezett koncentrált igénypont-halmazok city logisztikai rendszereire koncentrálnunk a BME ALRT City Logisztikai Kutatócsoportjában, amelyeknek számos esetben fontos elemei a konszolidációs központok és az áruforgalmi zsilipek mellett a koncentrált rakodóhelyek, melyek az egyszerű városi övezetek city logisztikai rendszereiben is fontos szerepet töltenek be. Jelenlegi cikkünkben ezek vizsgálatával foglalkoztunk. Első lépésként bemutattuk szerepüket a kutatásaink során vizsgált city logisztikai rendszerekben, és összefoglaltuk a kapcsolódó kutatási eredményeinket is. Ezt követően felvázoltuk a jelenlegi budapesti city logisztikai helyzetet, az övezeti rendszerre és a jelenlegi rakodóhelyekre koncentrálnak, ismertettük a koncentrált rakodóhelyek jelenlegi rendszerével kapcsolatos problémákat és bemutattunk néhány külföldi rakodóhely-kialakítási megoldást, valamint a kapcsolódó fejlesztési irányokat is, külföldi projektek eredményein keresztül. Ezt követte a koncentrált rakodóhelyek által ellátandó funkciók ismertetése, valamint az ehhez szükséges intelligens eszközök alkalmazásának bemutatása, végül pedig vázoltuk az intelligens koncentrált rakodóhelyek bevezetésének legfontosabb lépéseit, az ellenőrizhetőség megteremtésétől kezdve az átmeneti tárolás biztosításán át az autonóm elektromos járművek fogadásának és az ehhez szükséges informatikai háttér megvalósításáig. A megfogalmazott fejlesztési irányok alapján felvázoltunk néhány olyan city logisztikai koncepciót, amelyek a koncentrált rakodóhelyekkel kapcsolatos egyes gyökérokokra koncentrálnak többek között kötött pályás áruszállítással és speciális áruforgalmi zsilipek és kisáruszállító járművek alkalmazásával oldják meg azokat. Utolsó lépésként ismertettük a további kutatási irányokat, külön figyelmet fordítva az elektronikus rakodótárcsa koncepciójára, amely elősegítheti a jövőben az adatgyűjtést is.

Összefoglalva kutatási eredményeinket, feltártuk a koncentrált rakodóhelyek city logisztikai rendszerével kapcsolatos jelenlegi problémákat, megvizsgáltuk, hogy hogyan lehetne ebbe a rendszerbe integrálni különböző intelligens eszközöket, kidolgoztuk az intelligens rakodóhelyek bevezetésének lépéseit, és ismertettünk néhány új city logisztikai koncepciót, amelyek alkalmasak a koncentrált rakodóhelyek jelenlegi rendszerével kapcsolatos néhány probléma megoldására.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00001: Tehetség gondozás és kutatói utánpótlás fejlesztése autonóm járműirányítási technológiák területén - A projekt a Magyar Állam és az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

HIVATKOZÁSOK

- Bellan, R. (2021). China's WeRide unveils Robovan, its first electric, autonomous cargo van. URL: <https://techerunch.com/2021/09/08/weride-jiangling-motors-and-zto-express-unveil-robovan-an-autonomous-cargo-van/> (Letöltve: 2021. 10. 21.)
- BESTFACT (2013). Bentobox and 'urban freight laboratory' are in Berlin. URL: http://www.bestfact.net/wp-content/uploads/2016/01/CL1_034_QuickInfo_BerlinBentoboxLaboratory-16Dec2015.pdf (Letöltve: 2021. 10. 21.)
- BME-ALRT (2021). City Logisztikai Kutatócsoport honlapja. URL: <https://www.logisztika.bme.hu/citylog/> (Letöltve: 2021. 10. 19.)
- Bóna, K., Róka, Á., Sárdi, D.L. (2019). Városi koncentrált igénypont-halmazok áruforgalmi zsilipjeinek méretezése Budapesten. *XIII. IFFK Konferencia (Innováció és fenntartható felszíni közlekedés) 2019, Budapest.*
- Bóna, K., Sárdi, D. L. (2019). A városi koncentrált igénypont-halmazok áruellátási rendszerének új koncepciói a különböző közlekedési alágazatok lehetőségeinek kihasználásával. *XIII. IFFK Konferencia (Innováció és fenntartható felszíni közlekedés) 2019, Budapest.*
- Bóna, K., Sárdi, D. L. (2020). Sztochasztikus folyamatok kezelése a városi koncentrált igénypont-halmazok szimulációs modellezésében. *XIV. IFFK Konferencia (Innováció és fenntartható felszíni közlekedés) 2020, Budapest.*
- Bóna, K., Sárdi, D. L. (2021). A geometrical structure-based new approach for city logistics system planning with cargo bikes and its application for the shopping malls of Budapest. *Applied Sciences*, **11** (8), 3300.
- Bóna, K., Sárdi, D. L. (2021). Áruszállító drónok alkalmazása a városi koncentrált igénypont-halmazok city logisztikai rendszerében. *Közlekedéstudományi Szemle*, **71** (4) pp. 19-38.
- Bóna, K., Sárdi, D. L., Kormos, H., Major, P., Posta, M. I. (2020). Kötőpályás városi áruszállítási lehetőségek vizsgálata Budapesten az AHP-módszer alkalmazásával. *XIV. IFFK Konferencia (Innováció és fenntartható felszíni közlekedés) 2020, Budapest.*
- Budapest Közút (2020). Budapest teherforgalmi zónái és célforgalmas úthálózata. URL: https://www.budapestkozut.hu/wp-content/uploads/2020/08/2016_Budapestkozut.pdf (Letöltve: 2021. 10. 21.)
- Budapest Közút (2021). Rakodótárcsák. URL: <https://www.budapestkozut.hu/teherforgalom/rakodotarc sak/> (Letöltve: 2021. 10. 19.)
- Büki, A., Kövér, I. B., Sárdi, D. L. (2018). Topológiai modell építése városi bevásárlóövezetek city logisztikai szempontú elemzésére. *BME KJK TDK 2018, Budapest.*
- CIVITAS (2006). Competitive and sustainable growth and energy, environment and sustainable development programmes. URL: <https://civitas.eu/content/deliverable-d42-report-evaluation-results-annex-3-2nd-implementation-report-barcelona> (Letöltve: 2019. 10. 01.)
- CIVITAS (2020). Smart choices for cities: Making urban freight logistics more sustainable. URL: https://civitas.eu/sites/default/files/civ_pol-an5_urban_web.pdf (Letöltve: 2021. 10. 21.)
- Daimler (2021). Pilot project for on-demand delivery. URL: <https://www.mercedes-benz.com/en/vehicles/transporter/vans-drones-in-zurich/> (Letöltve: 2021. 10. 21.)
- Dormehl, L. (2020). These are the delivery robots that will soon invade your city's sidewalks. URL: <https://www.digitaltrends.com/features/delivery-robots-coming-to-sidewalk-near-you/> (Letöltve: 2021. 10. 21.)
- GKI Digital (2021). 2020-ban három évet ugrott előre az e-kereskedelem. URL: <https://gkidigital.hu/2021/03/25/2020-online-kiskereskedelem/> (Letöltve: 2021. 10. 21.)
- IKEA (2021). Kattints és Vedd át – Csomagpontok. URL: <https://www.ikea.com/hu/hu/customer-service/services/kattints-es-vedd-at-csomagpontok-puba9241fe7> (Letöltve: 2021. 10. 21.)
- Palmer, A., Sema, A, Martens, W, Rudolph, P, Waizenegger, W. (2020). The Autonomous Siemens Tram. *IEEE 23rd International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2020, Rodosz, Görögország.* pp. 1-6.
- Reacty Digital (2020). Új szintre léphet a hazai e-kereskedelem. URL: <https://reacty.digital/uj-szintre-lephet-a-hazai-e-kereskedelem/> (Letöltve: 2021. 10. 21.)
- Schwerdfeger, S., Boysen, N. (2020). Optimizing the changing locations of mobile parcel lockers in last-mile distribution. *European Journal of Operational Research*, **285** (3), pp. 1077-1094.
- The Guardian (2020). Robots deliver food in Milton Keynes under coronavirus lockdown. URL: <https://www.theguardian.com/uk-news/2020/apr/12/robots-deliver-food-milton-keynes-coronavirus-lockdown-starship-technologies> (Letöltve: 2021. 10. 21.)