

Áruszállító drónok alkalmazása a városi koncentrált igénypont-halmazok city logisztikai rendszerében

A közeljövő közlekedésszervezésének egyik alapvető kérdése, miént lehet a pilóta nélküli légi járműveket a már meglévő közlekedési ökoszisztémába hatékonyan, de mindenekelőtt a lehető legbiztonságosabban integrálni. A dróniparág gyors fejlődésével értelemszerűen merült fel annak lehetősége, hogy ezeket az eszközöket a városi áruszállításban is alkalmazzák.

DOI: <https://doi.org/10.24228/KTSZ.2021.4.2>

Dr. Bóna Krisztián – Sárdi Dávid Lajos

BME Anyagmozgatási és Logisztikai Rendszerek Tanszék
tanszékvezető, egyetemi docens PhD-hallgató
e-mail: krisztian.bona@logisztikai.bme.hu, david.sardi@logisztika.bme.hu

1. BEVEZETÉS

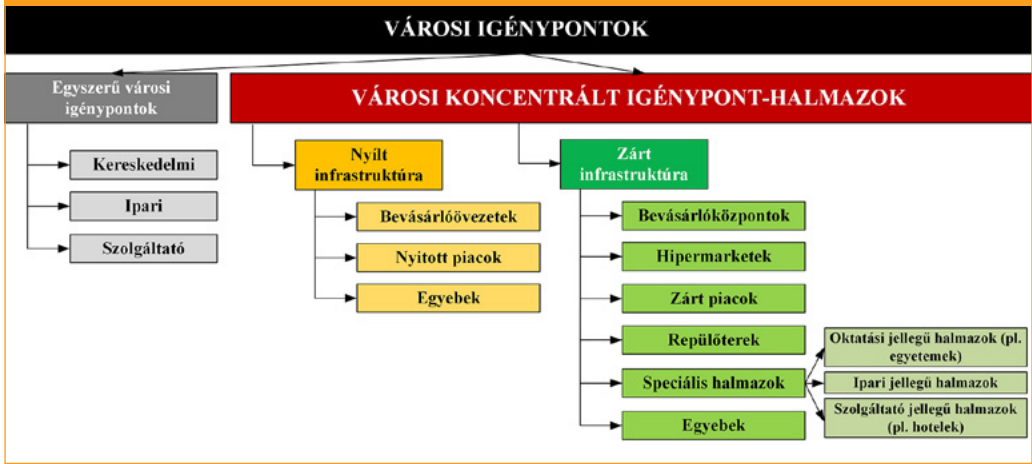
A city logisztikai kutatások területén egy fontos terület az úgynevezett városi koncentrált igénypont-halmazok vizsgálata. Ezek olyan halmazok, ahol rendkívül kis területen, relatíve nagyszámú igénypont helyezkedik el, nagy áruforgalmi igényekkel és vevőforgalommal, ilyenek például a bevásárlóközpontok, piacok, vagy bevásárlóövezetek [1], ezekkel az igénypont-halmazokkal foglalkozunk kiemelten 2015 óta a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Anyagmozgatási és Logisztikai Rendszerek Tanszékének City Logisztikai Kutatócsoportjában [2]. E kutatásunk szempontjait figyelembe véve két fő csoportba sorolhatjuk az igénypontokat (ahogy ez az 1. ábrán is látható): megkülönböztetünk önálló igénypontokat, valamint több önálló igénypontot valamilyen szempont szerint magukba foglaló koncentrált igénypont-halmazokat. Cikkünkben azt fogjuk megvizsgálni, hogy

ezen igénypont-halmazok city logisztikai rendszerébe hogyan illeszthetők be az áruszállító drónok.

A vizsgált koncentrált igénypont-halmazokon belül kétféle koncentrálttság különböztethető meg. Nyílt infrastruktúra esetén egy olyan területről beszélünk, amelynél utak és terek jelölik ki a koncentrált igénypont-halmaz határait, ilyen például egy utcák által határolt bevásárlóövezet (erre jó példa Budapesten a Váci utca) vagy egy tér által meghatározott szabadterei piac. Zárt infrastruktúra alatt bármely olyan épületet értjük, amely koncentrált igénypont-halmazt fogja össze az önálló igénypontokat, ilyenek például a bevásárlóközpontok (amelyekből Budapesten 32 is található, összesen több mint 3000 üzlettel), ugyanígy a hipermarketek is [1].

Ezen igénypont-halmazokkal a korábbi city logisztikai kutatások során nem foglalkoztak

1. ábra: A városi igénypontok csoportosítása kutatásunk szempontjából [3]



rendszer szinten, mindig csak a rendszer egyes elemeit vizsgálták (például csak a bevásárlóközpontokat vagy új city logisztikai rendszerek esetén csak a konszolidációs központokat és azok feladatait) [4]. Kutatásunk során az elmúlt években számos új rendszerkonceptiót kidolgoztunk ezekre a city logisztikai rendszerekre, adatokat gyűjtöttünk 6 budapesti koncentrált igénypont-halmaz több, mint 600 üzletéről [4] [5] [6], és ezeket is felhasználva különböző jellegű és szintű szimulációs modellekkel vizsgáltuk meg a logisztikai rendszer jelenlegi működését, valamint új koncepciókat is. Ezekben az új koncepciókban úgynevezett konszolidációs központok és áruforgalmi zsilipek létesítésével válik hatékonyabbá az áruáramlás, a szimulációs futtatások eredményei alapján pedig csökkennek a teljesítmények, a károsanyag-kibocsátás és a logisztikai költségek is [3] [4].

Az eddigiekben kidolgozott új koncepciókban környezetbarát (alacsony kibocsátású, vagy teljesen elektromos) tehergépjárműveket, városi kötöttpályás áruszállítást (cargo villamosokat), valamint cargo kerékpárokat modelleztünk, de vizsgáltunk ezeken felül a vízi áruszállítást (cargo hajókat), valamint áruszállító metrókat alkalmazó koncepciókat is [4] [7] [8] [9]. Mivel a vizsgált city logisztikai rendszerben számos kistömegű és -terfogatú, a kisebb méretű elektromos tehergépkocsik

és a cargo kerékpárok mellett akár drónokkal is kezelhető szállítási egység fordul elő, ezért elkezdtük vizsgálni az áruszállító drónok alkalmazási lehetőségeit is. Első lépésben azt tartottuk fontosnak megvizsgálni, hogy ezen igénypont-halmazok innovatív, gateway-konceptió alapú új city logisztikai rendszeribe hogyan illeszkedhetnének a különböző fajta drónok, milyen feladatokat láthatnának el, és hogyan integrálhatók a drónok az említett rendszerekbe a kutatásunk korábbi fázisaiban kidolgozott city logisztikai koncepciókhoz kapcsolódóan.

Cikkünk következő részeiben először azt szeretnénk bemutatni, hogy napjainkban milyen, drónokat alkalmazó áruszállítási rendszerek működnek, – illetve milyen rendszereket terveznek kialakítani –, mivel ezek nyújthatnak a koncentrált igénypont-halmazokra vonatkozó koncepciók számára bemeneti adatokat a szállítható árumennyiség vagy éppen a hatótávolság kérdéskörében. Ezt követően ismertetni szeretnénk a kapcsolódó kutatások fő irányait, majd pedig a budapesti koncentrált igénypont-halmazokra vonatkozó adatelemzésünk eredményeit. Ezen elemzés alapján ki tudtuk jelölni, mely áruszállítási feladatok esetén jöhet egyáltalán szóba a drónok alkalmazása a vizsgált city logisztikai rendszerben. Cikkünk utolsó részében bemutatjuk majd a koncentrált

2. ábra: A DHL és az Ehang drónjának felszállása dokkolóról Guangzhou-ban [12]



igénypont-halmazokra kidolgozott, drónokat is alkalmazó új koncepciókat, végül pedig ismertetjük a kutatásunk következő fázisainak legfontosabb feladatait.

2. ÁRUSZÁLLÍTÓ DRÓNOKAT ALKALMAZÓ LOGISZTIKAI RENDSZEREK

Az elmúlt néhány évben számos pilot rendszerben alkalmaztak már drónokat különböző áruszállítási feladatokra, elsősorban elővárosi vagy vidéki környezetben, de néhány esetben nagyobb városokban is teszteltek már ilyen jellegű megoldásokat. Számos, a logisztikában is jelentős szerepet betöltő vállalat vett már részt ilyen rendszerek tesztelésében, például az Amazon, a DHL vagy a UPS.

A már kidolgozott és legalább pilot szinten működő rendszerek közül érdemes kiemelni a DHL Paketkopter

koncepcióját, amelyet már Németországban és Tanzániában is sikeresen alkalmaztak tesztprojektek során. A projekt 4. fázisában pedig 4 kg-os kapacitású, 65 km-es hatótávolságú drónnal biztosíthatják a tanzániai Viktória-tavon lévő Ukerewe-sziget gyógyszerellátását [10]. Szintén a DHL-hez köthető a kínai Guangzhou-ban működtetett mintarendszer, ahol az Ehang vállalat drónjaival szolgálták ki a 2. ábrán is látható csomagautomatát,

kis csomagok szállítása során [11]. Ebben a megoldásban a szállítási költség tranzakciónként 80%-kal csökkent, mindez jól mutatja a drónok city logisztikai alkalmazásának lehetséges előnyeit.

Szintén érdemes kiemelni a Daimler zürichi mintarendszerét, amelyben tehergépjárműveket és drónokat együttesen alkalmaztak, e-kereskedelmi termékek igényalapú kiszállításainak lebonyolítására. Egy szállítás során

3. ábra: A Vans & Drones mintarendszer járművei Zürichben [13]



maximum 2 kilogrammnyi csomagot tudtak egyszerre kezelni, a tehergépkocsikon elhelyezett speciális drón dokkoló rendszer pedig kb. 2 méterrel a föld felett helyezkedett el, így a drón le- és felszállás során nem veszélyeztette a gyalogosokat. A szállítandó csomagot a megrendelést követően a feladónál helyezték el a drónokon, amelyek ezután elrepültek a tehergépjárművekhez [13]. A rendszerben alkalmazott megoldás a 3. ábrán látható.

Érdeemes még kitérni az Amazon 2013 óta fejlesztett koncepciójára, amelyben autonóm módon üzemelő drónokat terveznek alkalmazni csomagok házhozszállítására. A csomagok maximális tömege 2,25 kg lehet, térfogatuknak pedig a drónok szállítódobozaihoz kell igazodniuk. A tesztek 2016 decemberében kezdtek meg Cambridge-ben, számos, különböző jellegű terméket szállítottak ki sikeresen [14]. Az Amazon egyik drónja a 4. ábrán látható.

A már említetteken túl figyelemre méltó pilot rendszer a Google Project Wing nevű megoldása, amit a tervek szerint inkább hosszabb távú (nem csak néhány kilométeres) szállítási feladatokra használnának. Ezt a technológiát 2019-től alkalmazták Ausztráliában (elsőként Canberra elővárosaiban) házhozszállítási tranzakciók lebonyolítására. Mobiltelefonos alkalmazás segítségével rendelhettek a vevők

például friss élelmiszert, valamint vény nélkül kapható gyógyszereket, a drónok pedig közvetlenül a házakhoz szállították ki a termékeket, egy kiszállítás során jellemzően 10 km körüli távolságot megtéve. A szállított csomagok tömege maximum 1,5 kg volt [15].

Végezetül megemlítendő a UPS és a Wingcopter közös szállítódrón koncepciója, amelyben olyan speciális kialakítású drónokkal terveznek áruszállítást végezni, amelyek gyorsabb repülésre, nagyobb méretű csomagok szállítására is képesek lesznek, ezzel együtt a hatótávolságuk is nagyobb [16]. A tervek szerint ezek a drónok 6 kg-os rakománnyal akár 45 km-es repüléseket is végrehajthatnak majd.

A koronavírus-világjárvány jelentősen felfűtötte ezen eszközök áruszállítási rendszerekbe történő bevonását, ugyanis a drónok lehetővé teszik az érintésmentes kiszállítást – számos, 2020-ban született új rendszerben alapvető termékeket és gyógyszereket szállítanak ki drónokkal. Az UPS és CVS drónokat alkalmazó logisztikai rendszerében például Floridában szállítanak házhoz gyógyszereket [17], de szintén a járványhelyzet motiválta a Walmart tesztprojektjeit [18].

A kutatásunk során feltárt működő drónos megoldásokat, mintarendszereket és koncepciókat, valamint azok legfontosabb adatait az 1. táblázat mutatja be. A vizsgált rendszereket a szállított áru jellege szerint csoportosítottuk, a táblázatban pedig feltüntettük a koncepció jellegét, a drón tömegét, kapacitását, befoglaló méreteit és hatótávolságát. A táblázatban hagyományos koncepciónak nevezzük azon megoldásokat, ahol a drónt a feladóhelyen rakják meg áruval, majd az a címzettet felkeresve annak adja át valamilyen úton a ki-

4. ábra: Az Amazon drónflottájának egyik teszt példánya [14]



1. táblázat: Működő drónos megoldások, tesztrendszerek és koncepciók fő jellemzői

	Rendszer neve	Koncepció, csomag átadásának jellege	Drón tömege	Drón kapacitása	Drón befoglaló mérete(i)	Drón hatótávolsága
Élelmiszerek szállítása	Yonghui, Guangzhou, Kína	Hagyományos (csomag átadása)	n.a.	5 kg	n.a.	19 km
	Tesco, Oranmore, Írország	Hagyományos (csomag leengedése)	n.a.	4 kg	n.a.	n.a.
	AHA, Reykjavík, Izland	Hagyományos (csomag leengedése)	10 kg	3 kg	1,668 m * 1,518 m * 0,727 m	10 km
	Walmart, Fayetteville, USA	Hagyományos (csomag leengedése)	n.a.	2,9 kg	n.a.	n.a.
	Uber Eats, San Diego, USA	Személygépjárművekkel kombinált	n.a.	n.a.	n.a.	10 km
	Pizza Hut, Bnei Dror, Izrael	Hagyományos	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Gyógyszerek és egészségügyi termékek szállítása	DHL Paketkooper, Mwanza, Ukerewe sziget, Tanzánia	Hagyományos (csomag átadása)	n.a.	4 kg	1,78 m	65 km
	UPS-CVS, The Villages, USA	Hagyományos (csomag leengedése)	9,5 kg	4 kg	n.a.	20 km
	Health Service Executive, Moneygall, Írország	Hagyományos (csomag leengedése)	n.a.	4 kg	n.a.	n.a.
	DHL Paketkooper, Norddeich-Juist, Németország	Hagyományos (csomag átadása)	n.a.	1,2 kg	1,03 m	12 km
	DHL Paketkooper, Bonn, Németország	Hagyományos (csomag átadása)	n.a.	1,2 kg	1,03 m	1 km
	Walmart, Cheektowaga, USA	Hagyományos (csomag leengedése)	n.a.	n.a.	n.a.	1,61 km
	Walmart, North Las Vegas, USA	Hagyományos (csomag leengedése)	n.a.	n.a.	n.a.	1,61 km
Élelmiszerek és gyógyszerek szállítása vegyesen	EASE Drones, Grand Forks, USA	Hagyományos	10 kg	2,9 kg	1,668 m * 1,518 m * 0,727 m	10 km
	Google Project Wing, Christiansburg, USA	Hagyományos (csomag leengedése)	n.a.	1,3 kg	n.a.	19,3 km
	Google Project Wing, Canberra, Ausztrália	Hagyományos (csomag leengedése)	n.a.	1,5 kg	n.a.	14 km
Kétsomagok szállítása	UPS szállítódrón koncepció	Hagyományos (csomag leengedése)	12 kg	6 kg	1,32 m * 1,78 m * 0,52 m	45 km
	DHL, Guangzhou, Kína	Csomagautomatával kombinált	n.a.	5 kg	n.a.	8 km
	Amazon Prime Air, Cambridge, Anglia	Hagyományos (csomag leengedése)	n.a.	2,25 kg	n.a.	16 km
	Daimler Vans&Drones, Zürich, Svájc	Kistehergépjárművekkel kombinált	9,5 kg	2 kg	n.a.	20 km
	DHL Paketkooper, Reit im Winkl-Winklmoosalm, Németország	Csomagautomatával kombinált	n.a.	2 kg	2,2 m	8,3 km

szállított csomagot (a rakományt leengedve/ ledobva, vagy lehelyezve).

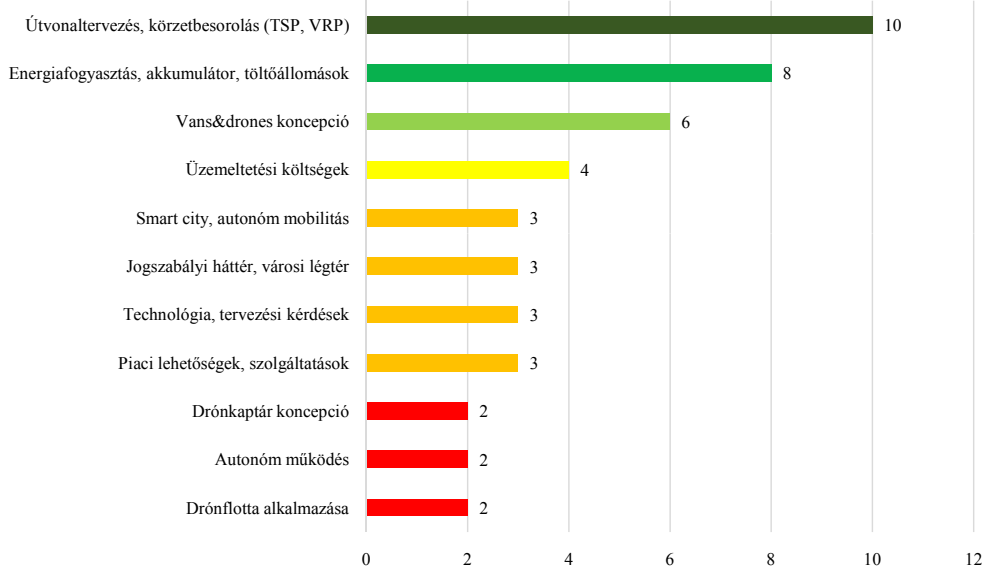
Az ismertetett (már megvalósított vagy tervezett) drónos áruszállítási rendszerekben eddig elsősorban a házhozszállításban, illetve csomagautomaták ellátásában, azaz az úgynevezett last mile áruszállításban hasznosították ezt a technológiát, amelynek vizsgálata a city logisztikai kutatásokban egyébként kiemelt fontosságú, mivel a szállítások legtöbb problémát okozó, valamint legdrágább eleméről van szó. Cikkünk további részeiben arra keressük

a választ, hogy a városi koncentrált igénypont-halmazok city logisztikai rendszerei esetén hogyan alkalmazhatjuk a már ismert rendszerek – adott paraméterekkel rendelkező – áruszállító drónjait. Ennek vizsgálata előtt szeretnénk összefoglalni a kapcsolódó kutatási irányokat is.

2.1. Kapcsolódó kutatási irányok összefoglalása

A működő rendszerek vizsgálatát követően röviden bemutatjuk a kapcsolódó szakirodal-

5. ábra: A Drónok city logisztikai alkalmazásainak vizsgálata a szakirodalomban



mat is, külön hangsúlyt helyezve arra, hogy az eddigiekben mely rendszerkomponensek vizsgálatára fókuszáltak, illetve mely elemek álltak a drónos áruszállítási rendszerekkel kapcsolatos kutatások középpontjában. A fenti kritériumok figyelembevételével 23 cikket vizsgáltunk, a fő témakörök előfordulását az 5. ábra mutatja be. Az ábrán azon cikkeket, amelyek több, mint egy témakört dolgoztak fel, minden érintett rendszerkomponensnél feltüntetünk.

Látható, hogy a drónok városi logisztikai alkalmazhatóságának vizsgálata során a legnépszerűbb kutatási irány az útvonaltervezés, a drónokhoz igazított új algoritmusok kidolgozása. Számos olyan modellt kidolgoztak az elmúlt években, amelyek lehetővé teszik a drónos szállítások megtervezését [19] [20], így amennyiben sikerül a koncentrált igénypont-halmazok kapcsán azonosítani azokat a szállítási feladatokat, amelyeket drónokkal szeretnénk kezelni a jövőben, számos olyan algoritmus áll már rendelkezésünkre, amelyeket fel tudunk használni a drónos szállítások megtervezésekor.

Az útvonaltervezéshez szorosan kapcsolódik a drónok energiafogyasztásának [21], illetve akkumulátorainak vizsgálata, mivel az ezek alapján megállapított hatótávolság kulcskérdés az optimális útvonalak és járatok összeállításában. Szintén ide kapcsolódó kérdéskör a töltőállomások elhelyezésének, optimális számának vizsgálata [22], mivel ezeket is szükséges lehet beilleszteni az útvonaltervezési algoritmusokba. Érdekes kérdés a koncentrált igénypont-halmazok vizsgálata kapcsán, hogy hová telepítsük a töltőállomásokat, elegendő lesz-e az igénypont-halmazoknál töltőállomásokat elhelyezni, vagy esetleg a rendszeren belüli közbenső pontokon is szükség lesz ilyenekre?

Szintén számos cikk foglalkozik a tehergépkocsikat és drónokat együttesen [23], a Daimler zürichi mintarendszeréhez hasonlóan alkalmazó megoldásokkal, ugyanis ezek elősegíthetik a drónok kisebb hatótávolságából adódó problémák áthidalását, valamint megakadályozhatják azt, hogy a fő útvonalaktól távolabb eső egyes igénypontokat külön-külön egyesével, tehergépkocsikkal kelljen felkeresni. Jelen cikkünkben ilyen megoldásokat még

nem vizsgálunk a koncentrált igénypont-halmazokkal összefüggésben, de a jövőben ez egy érdekes kutatási irány lehet.

Megemlíthető még az üzemeltetési költségek kérdésköre [24], amellyel ugyancsak több cikk foglalkozott. Tekintettel e terület fontosságára, a kutatás későbbi fázisaiban szimulációs úton kell meghatározniuk majd a várható üzemeltetési költségeket, és ezek alapján tudunk majd végleges döntést hozni a drónok alkalmazásáról az egyes scenáriókban. Természetesen kiemelt vizsgálendő kérdés az autonóm működés is, valamint a technológiával és a jogszabályi környezettel kapcsolatosan is érdemes lesz vizsgálni még. Cikkünk következő részében egyelőre ezektől függetlenül, kizárólag a már rendelkezésre álló technológiákat és a valós, budapesti adatokat figyelembe véve fogjuk azt megvizsgálni, hogy a koncentrált igénypont-halmazok city logisztikai rendszerében egyáltalán melyek azok a szállítási feladatok, amelyekre érdemes lehet drónokat alkalmazni.

3. DRÓNOKKAL KEZELHETŐ SZÁLLÍTÁSI FELADATOK KIJELÖLÉSE

Cikkünknek ezen részében azt szeretnénk részletesen bemutatni, hogy a budapesti koncentrált igénypont-halmazokra (4 bevásárlóközpont, 1 piacra és a Váci utca bevásárlóövezetre) vonatkozó részletes adataink alapján, hogyan lehetne ebbe a rendkívül komplex city logisztikai rendszerbe integrálni a drónokat. Az adatok részletes elemzése alapján be fogjuk mutatni, hogy az üzletek mekkora hányada esetén alkalmasak beszállításokra, házhozzállításokra vagy éppen üzletek közötti szállításokra. Az elemzések során a korábban ismertetett, már megvalósított vagy tervezett drónos áruszállítási rendszerek eszközeit fogjuk vizsgálni, figyelembe véve azok hatótávolságát és kapacitását is, ezek alapján pedig a következőkben koncepciókat dolgozunk ki a koncentrált igénypont-halmazok city logisztikai rendszerére vonatkozóan, a drónos áruszállítás integrálásával.

Az adatelemzés során 6 budapesti koncentrált igénypont-halmaz összesen 627 üzletének adatait tudtuk megvizsgálni, ezekről álltak

rendelkezésünkre részletes adatok kutatásunk korábbi fázisaiból [4] [5] [6]:

- 4 bevásárlóközpont 377 üzlete (2015-2019 közötti adatok);
- a Váci utca bevásárlóövezet 163 üzlete (2017-2018 közötti adatok);
- 1 zárt infrastruktúrájú piac 87 üzlete (2020-as adatok).

Az említett üzletek jelentős hányada „Ruha, táskák, cipők, kiegészítők” (több mint 200 üzlet), illetve „Élelmiszer, ital” (közel 200 üzlet) kategóriájú, de ezeken felül több mint 50 „Ajándék, hobbi, játék”, illetve „Egészség, szépségápolás” valamint közel 50 „Óra, ékszer” és „IT eszközök, műszaki cikkek” kategóriájú igénypontot is vizsgálhattunk.

Ezen üzletek kapcsán alapvetően ötféle szállítási tranzakció fajtát tudunk megvizsgálni:

- beszállítás;
- göngyölegszállítás;
- szervizbe történő szállítás;
- üzletek közti szállítás;
- házhozzállítás.

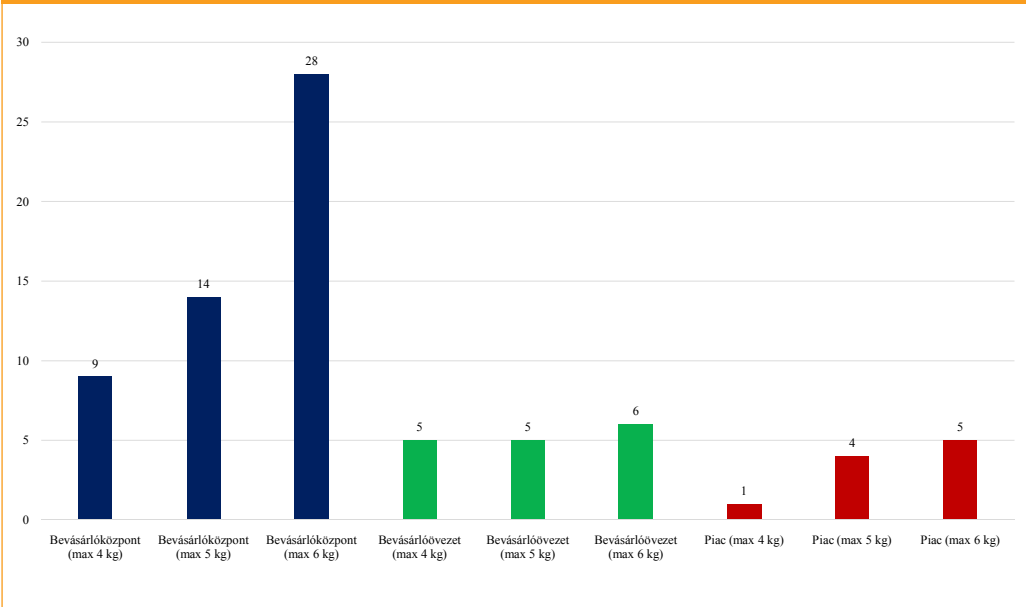
Ezek közül a beszállításokkal, üzletek közti szállításokkal és házhozzállításokkal kapcsolatban álltak rendelkezésünkre megfelelő mélységű adatok az elemzésekhez. Göngyölegszállítás esetén drónnal nem szállítható méretű, nagyobb térfogatú egységekről beszélhetünk (pl. EUR-raklapok vagy KEG-hordók), amelyek egyébként a beszállítási tranzakció inverzeként valósulnak meg, a szervizbe szállításról pedig kevés adat áll rendelkezésre a megfelelő részletességű elemzésekhez. Ennek megfelelően a következő pontokban a beszállításokkal, üzletek közti szállításokkal, valamint a házhozzállításokkal kapcsolatos adatok elemzését fogjuk ismertetni.

3.1. Beszállítások

A beszállításokat illetően három különböző méretű drón alkalmasságát vizsgáltuk meg (ez a három legnagyobb teherbírással rendelkező drón a feltárt eszközök közül):

- a DHL Paketkopter 4. verziója, amelyet a tanzániai Ukerewe-sziget kiszolgálá-

6. ábra: A beszállítások során drónnal teljes mértékben kiszolgálható üzletek száma



sa során alkalmaztak (4 kg teherbírás, 65 km hatótávolság) [10];

- a DHL által a kínai Guangzhou-ban alkalmazott Ehang drón (5 kg teherbírás, 8 km hatótávolság) [11];
- az UPS és a Wingcopter szállítódrón-konceptiója (6 kg teherbírás, 45 km hatótávolság) [16].

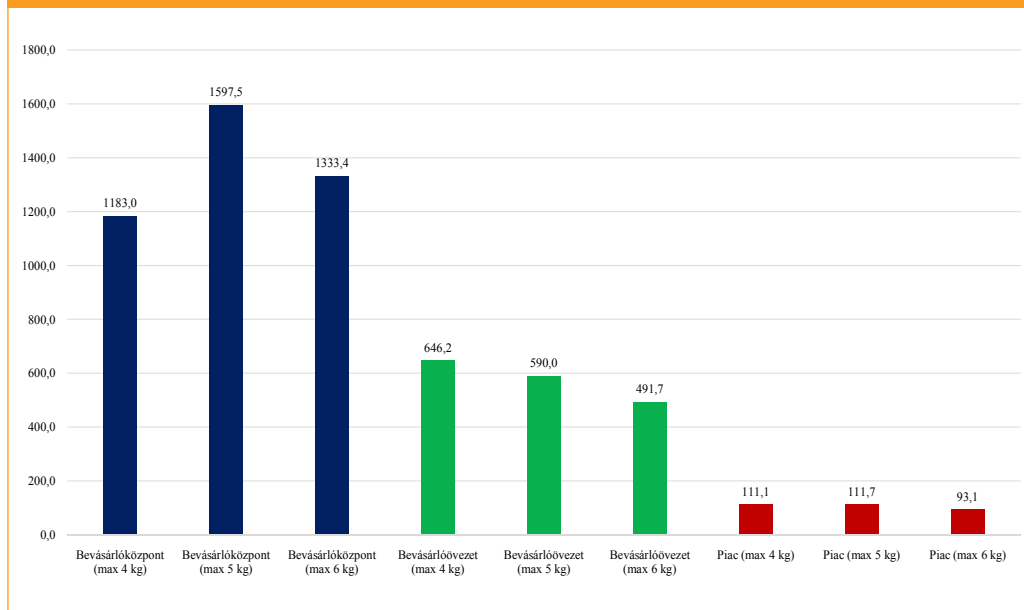
Az elemzések elkészítése során feltételeztük, hogy az új city logisztikai rendszerben alkalmazandó konszolidációs központ (a feladóhely) a vizsgált koncentrált igénypont-halmazoktól megfelelő távolságban van, tehát a drónok hatótávolsága elegendő (illetve ha nem elegendő, a koncentrált igénypont-halmaznál lehetőség van akkumulátorcserére a visszatérés előtt).

Első lépésben meghatároztuk azon üzletek számát, amelyek esetén a jelenlegi beszállításokat egy az egyben, a szállítások több részre történő felosztása nélkül el lehetne végezni drónokkal. A kapott eredményt a 6. ábra szemlélteti. Az ábrán külön szerepelnek a különböző jellegű koncentrált igénypont-halmazok üzletei, az eltérő méretű – azaz különböző maximális kapacitású – drónok alkalmazása esetén.

A diagram jól mutatja, hogy az összes üzletnek csak egy kis része alkalmas arra, hogy drónokkal szolgáljuk ki, még a Wingcopter 6 kg teherbírású drónjaival számolva is csak az összes üzlet 9,7%-a lesz kiszolgálható (404 teljes körű, elemezhető választ adó üzletből mindösszesen 39). Ezek az üzletek jellemzően kis árumennyiségeket kezelnek, így konszolidáció alapú új city logisztikai rendszerben nem éri meg kiemelni és külön szállítani ezeket.

Következő lépésben azt vizsgáltuk meg, hogy a szállítási egységek tömegét figyelembe véve – a térfogat jelentette kritériumot elhanyagolva, feltételezve, hogy a megfelelő teherbírás mellett a térfogat nem jelent akadályt –, hány szállítás szükséges drón alkalmazásával. Ekkor már nem azt vizsgáltuk tehát, hogy egy beszállítás egyben kezelhető-e drónnal, hanem hogy az egyes szállítási egységek (pl. egyes dobozok, vállfás áruk) szállíthatók lesznek-e, így a 6. ábrán láthatónál nagyobb számú üzlet szolgálható ki. A 7. ábra az egy átlagos napon szükséges drónos beszállítások számát mutatja.

7. ábra: Drónos beszállítások szükséges napi száma



Egyértelmű, hogy jelentős számú beszállításra lenne szükség abban az esetben, ha egy konszolidációs központból minden olyan árucikket drónnal szállítanánk, ami ilyen módon kezelhető (akár abban az esetben is, ha az adott üzlet kiszolgáláshoz a drónnak naponta több tucatszor kellene fordulnia). A Wingcopter 6 kg teherbírású eszközét alkalmazva 1919 szállításra lenne szükség egy átlagos napon, mindösszesen 211 üzlet kiszolgálása esetén (az ezen felüli üzletek nagyobb, drónnal nem szállítható egységeket kezelnének). Emellett az is kiemelendő, hogy rendkívül kis mennyiségű árurol van szó, amit nem érdemes kiemelni a nagyobb kapacitású (közúti, kötött pályás vagy vízi) járművekkel végzett konszolidált beszállításokból, mivel a teljes árutömeg mindössze 10,5%-a kezelhető drónokkal a beszállítások során, az elérhető legnagyobb kapacitású drónokat alkalmazva. Ezeket is figyelembe véve, a beszállítások tekintetében az alábbiakat állapíthatjuk meg:

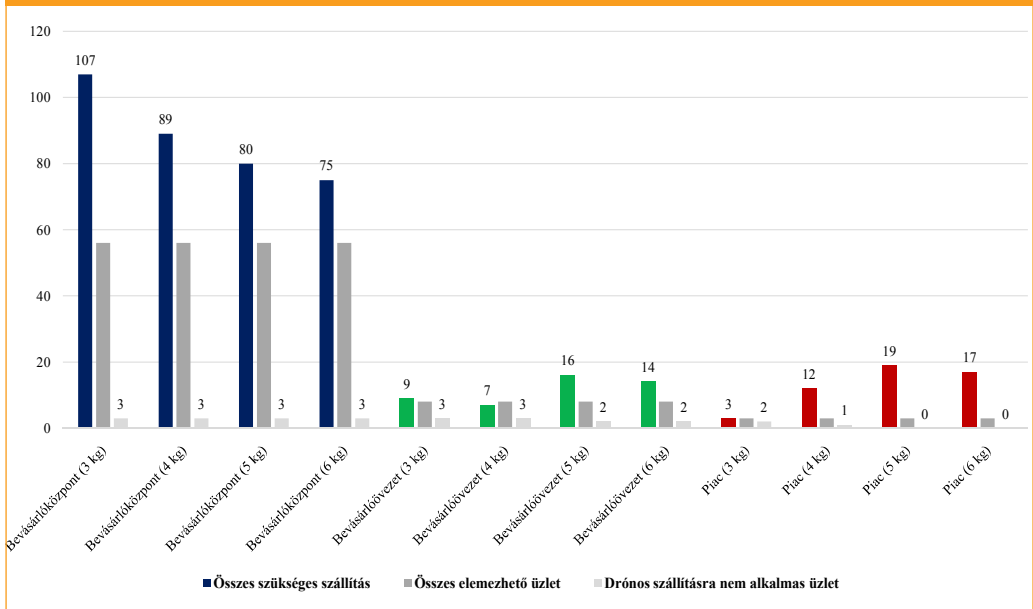
- az árutömeg nagysága miatt nem érdemes a beszállításokat drónokkal kezelni, mivel az összes áru alig több, mint 10%-a szállítható egyáltalán ilyen formán, és mindössze az üzletek 9,7%-ának

beszállításait tudjuk beszállításonként drónokkal kezelni, a szállításokat nem bontva többfelé; ezt a kisebb mennyiségű árut nem érdemes kiemelni a nagyobb kapacitású (közúti, kötött pályás vagy vízi) járművekkel végzett konszolidált beszállításokból;

- mivel az üzletek több mint fele (57,1%) esetén vannak drónnal is kezelhető szállítási egységek, ezért itt a sürgős szállítások akár drónnal is kezelhetők a konszolidációs központ és a koncentrált igénypont-halmazok között, mintegy másodlagos szállítási módként, például kötött pályás kiszállítás esetén a napi tehervillamos-járatot lekésző, de sürgősen szükséges árucikk így gyorsan kiszállítható lenne.

Amit még érdemes volt megfontolni, hogy a bevásárlóövezeteknél, – illetve nagyobb kiterjedésű nyílt infrastruktúrájú koncentrált igénypont-halmazoknál –, amennyiben többlépcsős rendszerben szolgáljuk ki az üzletet, azaz a konszolidációs központból áruforgalmi zsilipbe szállítunk és onnan bonyolítjuk le a szállítás utolsó szakaszát, érdemes lenne-e

8. ábra: Drónos szállítások napi szükségessége a beérkező mennyiség kezeléséhez



drónokat alkalmazni. Azonban az összes árumennyiség, illetve a kiszorgálandó üzletek olyan kis hányadáról van szó, hogy itt is inkább csak a sürgős szállításokban lehetne reális szerepe a drónoknak.

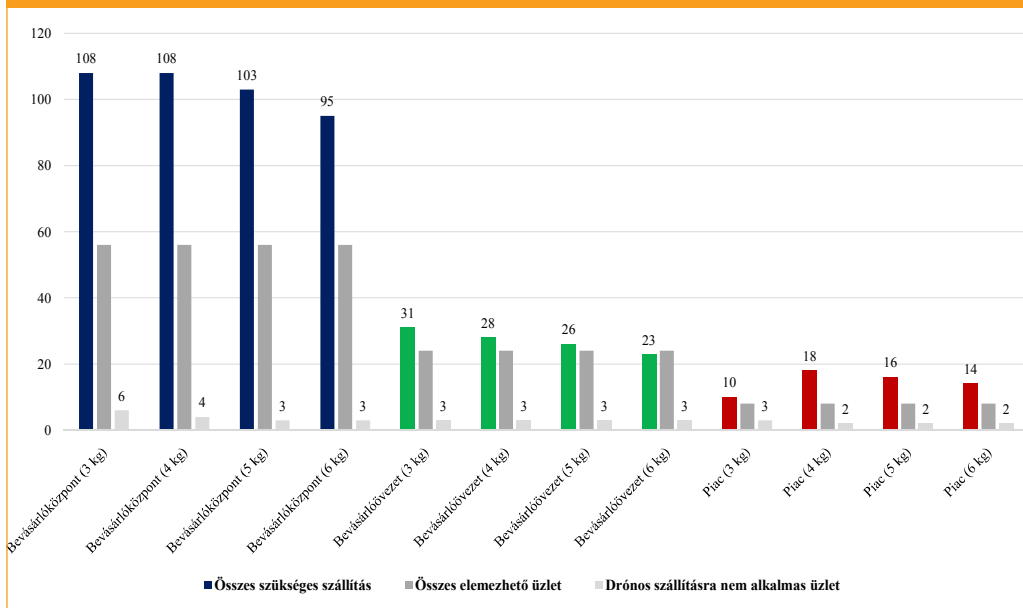
3.2. Üzletek közti szállítások

Következő lépésben az üzletek közti szállításokat vizsgáltuk meg. Ebből a szempontból két szállítástípust különböztethetünk meg, azok irányultsága alapján: (a) másik üzletből érkező beszállításokat és (b) másik üzletbe induló kiszállításokat – mivel nem szimmetrikus a rendszer, ki- és befelé más mennyiséget szállítanak az egyes igénypontok. Vannak olyan üzletek is, amelyek csak egyik irányba végeznek tranzakciókat, ezek feltételezhetően az adott vállalat hálózatának felépítéséből, annak centralizáltságából vagy épp decentralizáltságából erednek. Előbbi esetben 481 üzlet adataival tudunk dolgozni, a másik üzletbe induló szállításokkal kapcsolatban pedig 548 üzlet válaszait lehetett felhasználni. Ezen üzletek közül 121 esetén valósulnak meg másik üzletből beérkező szállítások (üzletek 25,2%-a), illetve 181 üzletnél beszélhetünk másik

üzletbe tartó szállításokról (üzletek 33%-a). A kezelendő árumennyiség kapcsán a befelé oldalon 67 üzlet, kifelé oldalon pedig 88 üzlet adataival dolgoztunk, ezek az üzletek végeznek üzletek közti áruszállítást és adták is meg ennek mennyiségét a korábbi kérdőíves felmérésünk során. Az egyes esetekben nem nagy mennyiségekről van szó, naponta összesen 3,7 tonnányi árut kezel ilyen tranzakciók során a vizsgált 155 üzlet (23,9 kg/üzlet/nap) tehát már ebben a lépésben is feltételeztük, hogy drónnal is kezelhető szállításokról van szó (az esetek többségében). Érdeemes megjegyezni, hogy a piacoknál jelentős szállítandó mennyiséget jelentett a kiszállítási oldalon az, hogy éttermeket is ellátnak alapanyaggal egyes üzletek, ez esetben pedig egy speciális szállítási-fajtaival kell számolnunk.

Az árumennyiség meghatározása után a drónos szállítások szükséges számának meghatározása következett. Az elemzések során azon üzleteket, amelyek esetében naponta több mint 10 drónos szállításra lenne szükség, drónnal nem kiszorgálhatónak minősítettük – ezeknél más szállítási megoldásokat érdemes választani a nagyobb volumenek miatt.

9. ábra: Drónos szállítások napi szükséges száma a kiszállítandó mennyiség kezeléséhez



Az elemzésekhez ezúttal 4 különböző méretű drónt vizsgáltunk meg (a beszállításnál felvett 4 kg-os minimum teherbírás 3-ra csökkentve, azt feltételezve, hogy itt a kisebb mennyiségek már akár kisebb eszközökkel is kezelhetők):

- az AHA által Reykjavík-ban alkalmazott Flytrex Mule - Matrice 600 Pro drón (3 kg teherbírás, 10 km hatótávolság) [25];
- a DHL Paketkopter 4. verziója, amelyet a tanzániai Ukerewe-sziget kiszolgálása során alkalmaztak (4 kg teherbírás, 65 km hatótávolság) [10];
- a DHL által a kínai Guangzhou-ban alkalmazott Ehang drón (5 kg teherbírás, 8 km hatótávolság) [11];
- az UPS és a Wingcopter szállítódrón koncepcióját (6 kg teherbírás, 45 km hatótávolság) [16].

Az elemzések elkészítése során feltételeztük, hogy a másik üzlet a vizsgált koncentrált igénypont-halmazoktól ideális távolságban van, tehát a drón hatótávolsága megfelelő (vagy a koncentrált igénypont-halmaznál, illetve az azokon kívüli külső üzletknél lehetőségünk van akkumulátort cserélni). A beérkező mennyiségek kezeléséhez szükséges drónos

szállítások számát a 8. ábra, a kiszállítandó mennyiségekhez szükséges drónos szállítások számát pedig a 9. ábra mutatja meg.

Megállapítható, hogy a beszállítási oldalon 67 – árumennyiséget is megadó – üzlet adataival számolva egy átlagos napon, dróntípustól függően napi 106-119 üzletek közötti szállítási tranzakcióra lenne szükség, ez üzletenként átlagosan napi 1,71-2,02 szállítást jelentene (csak azon üzleteket véve figyelembe, amelyek alkalmasak drónos szállításra), miközben dróntípustól függően 5-8 igénypont üzletek közötti szállítási folyamatai igényelnének nagyobb szállítójárművet. A kiszállítási oldalon 88, árumennyiséget is megadó igénypont adataival számolva az látható, hogy egy átlagos napon, dróntípustól függően napi 132-154 üzletek közötti szállítási tranzakció szükséges, ami üzletenként átlagosan napi 1,65-1,96 szállítást jelentene, miközben dróntípustól függően 8-12 üzlet folyamatai igényelnének nagyobb szállítójárművet. A kapott eredmények alapján a legnagyobb arányban a bevásárlóközpontok üzletei vonhatók be ebbe a rendszerbe, a piacokra juttatható el a legkevesebb szállítmány, míg az esetek legnagyobb részében „Ruha, táska, fe-

hérnemű, kiegészítő”, „Ajándék, hobbi, játék”, „Élelmiszer, ital” és „Egészség, szépségápolás” kategóriájú termékeket kellene szállítani.

Megvizsgáltuk továbbá azt is, hogy az üzletek közti szállítást jelenleg nem végző boltok közül hány esetében lehetne erre igény. A kérdőíves adatgyűjtés eredményei alapján 240 válaszadó üzlet közül mindösszesen 13 jelezte azt, hogy lenne igénye az üzletek közötti szállításokra, ez pedig azt jelenti, hogy ezek bevonása esetén sem nőne jelentősen az üzletek közti szállítási igény.

Az üzletek közti szállítások kapcsán az alábbiakat állapítottuk meg:

- mind az egyszerre kezelendő mennyiségek, mind pedig a szállítási gyakoriság lehetővé teszi azt, hogy a koncentrált igénypont-halmazok city logisztikai rendszerében az üzletek közötti szállítások jelentős részét drónokkal bonyolítsuk le, a szállítási tranzakciók száma pedig tovább csökkenthető akkor, ha össze tudunk kapcsolni beérkező és kimenő tranzakciókat, minimalizálva az üresjáratok várható számát;
- ugyan jelenleg viszonylag kevés üzlet adatait tudtuk elemezni, de a kapott válaszok alapján hozzávetőlegesen csak 2-2,5-ször több az üzletek közötti szállítást igénylő üzletek száma (befelé irányban 481-ből 121 üzletnél van ilyen igény, ezek közül 67-re kaptunk adatot, kifelé irányban pedig 548-ból 181 üzletnél van igény, ezek közül 88 adatait ismertük, és mindössze 240-ből 13 üzlet van, amelyenél a lehetőség hiánya akadályozza jelenleg az üzletek közti szállítást), ezzel se nőne kezelhetetlen mértékűre a szállítandó árumennyiség.

Azt is fontos még megjegyezni itt, hogy az esetek legnagyobb részében a városon belül, tehát viszonylag kis távolságban lévő üzletekbe, illetve üzletekből kell szállítani, a legtöbb esetben pedig a másik üzlet bevásárlóközpontban vagy piacon található, ez pedig megkönnyíti a folyamat szervezését, könnyebb a drón számára dokkolási lehetőséget kialakítani. Néhány esetben koncentrált igénypont-halmazon belüli áru-átmozgatásokról van szó, ezeket nem

is kell külön kezelni, a másik településre tartó szállításokat pedig szintén nem kell drónnal kezelnünk, mivel ezeket be tudjuk vonni a konszolidált rendszerbe is a konszolidációs központ érintésével, illetve érdemesebb nagyobb távolságokat megtenni képes eszközöket alkalmazni.

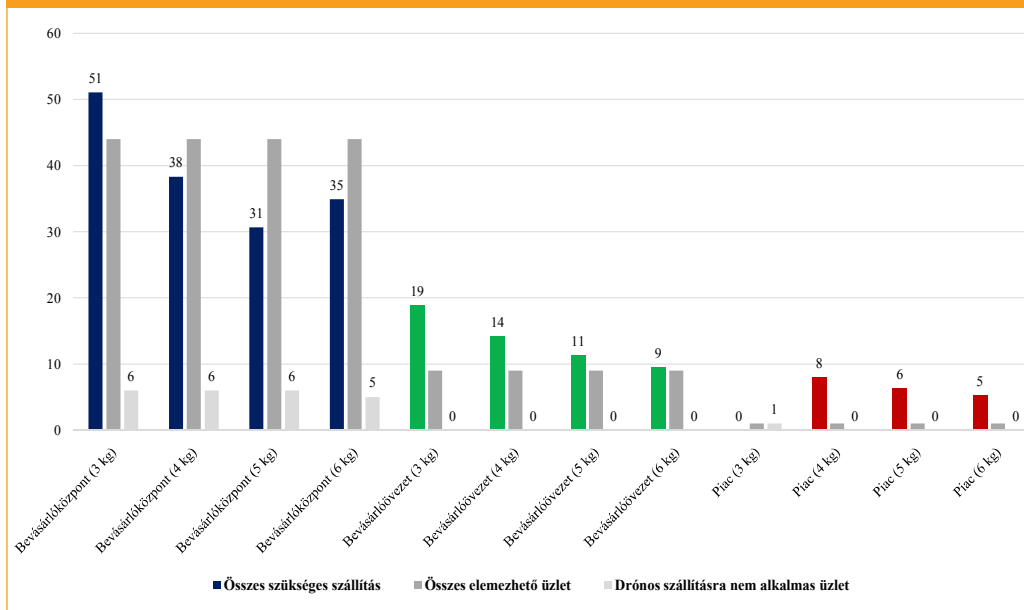
Érdemes még megjegyezni azt is, hogy üzletek közti szállításokat sok esetben a készlethiány motiválja (az egyik üzletben hiányzó, de keresett terméket pótolja egy másik üzlet), ezek pedig gyakran lehetnek sürgős szállítások. Ekkor hatványozottan megjelennek a drónok előnyei, mivel könnyebben rendelkezésre állhatnak, mint egy tehergépkocsi járművezetővel, légvonalban hamarabb célba érhetnek, és a közlekedési dugók sem akadályozhatják őket.

Bevásárlóközpontok kapcsán érdekes kérdés lehet még az, hogy egyáltalán hol lehetne kiszolgálni ezeket az áruszállító drónokat. Egyik megoldás lehetne az, hogy azok a beszállítói udvarba, illetve áruforgalmi zsilipbe berepülnek, azonban akkor problémát jelenthetne a rendelkezésre álló terület nagysága, illetve a turbulencia is. Másik megoldás lehetne a drónok kiszolgálása egy féltető alatt a bevásárlóközpontok mellett téren, de itt is a helyszükséglet okozhatja problémákat. A leginkább kézenfekvő megoldás az lenne, ha a bevásárlóközpontok tetején alakítanánk ki a drónokat kiszolgáló területet, mivel itt elegendő a rendelkezésre álló terület is, és más operációt sem akadályozna a drónok kezelése. Piacok esetén azonban többnyire régebbi épületekről van szó, így a tető kialakítása többnyire nem megfelelő, ekkor inkább a piacok mellett, esetlegesen az áruforgalmi zsilipek előtt lehetne kialakítani a megfelelő területet, akár szatellitkocsira is leszállhatna a drón, és azon juthatna be magába a zsilipbe a leszállást követően.

3.3. Házhozszállítások

Utolsó lépésben a házhözszállításokat vizsgáltuk meg. Ezzel kapcsolatosan 558 üzlettől álltak rendelkezésre információk valamilyen mértékben, azonban csak azon üzletek folyamatait tudtuk részletesen megvizsgálni, amelyek végeznek házhözszállítást, és ismert volt

10. ábra: Drónos házhozszállítások napi szükséges száma



az is, hogy az összes áru mekkora aránya jut el házhozszállítással a vevőkhöz. Ez mindösszesen 98 üzletet jelentett, ezekből pedig egy nap összesen 3,7 tonna árut kell kiszállítani (37,8 kg/üzlet) házhozszállítási igénypontokra. Következő lépésben ebből levontuk azon vevők áruit, amelyek 10 km-nél távolabbra helyezkednek el a feladóhelyként szolgáló koncentrált igénypont-halmaztól, ezeket drónnal nem kiszolgálható igénypontoknak minősítettük, mivel a távolságból adódóan ezek már jellemzően városon kívüli, vidéki igénypontok voltak. Így összesen napi 1,4 tonna, drónnal házhoz szállítandó áru maradt, ez 14,5 kg termék üzletenként, naponta (csak a házhozszállítást is végző üzleteket véve figyelembe). A házhoz szállítandó árumennyiség legnagyobb hányada a bevásárlóközpontoknál keletkezik, a bevásárlóövezetek és piacok üzletei csak néhány százalékát adták az összes igénynek. A fő profilok tekintetében elsősorban élelmiszer-házhozszállításról van szó, de kisebb mennyiségben „Lakás, bútor, szerszám”, „Ajándék, hobbi, játék” és „Ruha, táska, cipő, kiegészítők” kategóriájú termékeket is el kell juttatni drónnal áthidalható távolságon belül a vevőkhöz.

A kezelendő árumennyiség meghatározása után a drónos házhozszállítások szükséges számának meghatározása következett. Az elemzések során azon üzleteket, amelyeknél napi 10 szállításnál többre lenne szükség drónnal, drónnal nem kiszolgálhatónak minősítettük, az üzletek közötti szállításokhoz hasonlóan, ezek esetén más szállítási megoldásokat érdemes választani. Az elemzésekhez itt is a korábban már bemutatott, 4 különböző méretű drónt vizsgáltuk. Ezek alapján a drónos házhozszállítások szükséges napi számára a 10. ábrán látható eredményeket kaptuk.

Az ismertetett eredmények alapján az alábbiakat állapíthatjuk meg:

- a feltett kérdésekre 98 üzlettől érkezett válasz, ezek közül 54 alkalmas drónos házhozszállításra is; az általuk megadott árumennyiséggel számolva megállapítható, hogy egy átlagos napon, dróntípustól függően napi 49-70 drónos házhozszállítási (vagy a rendszer más szervezése esetén csomagautomatát kiszolgáló) tranzakcióra lenne szükség, ez üzletenként átlagosan napi 1,01-1,49 szállítást jelentene (csak azon üzleteket véve figyelembe,

amelyek alkalmasak drónos szállításra), miközben dróntípustól függően 5-7 üzlet házhozzállítási folyamatai igényelnének nagyobb szállítójárművet;

- a legtöbb üzletet bevásárlóközpontokban kéne bevonni ebbe a rendszerbe, a legkevesebbet pedig piacokon, de bevásárlóövezetekben is alacsony a drónnal házhoz szállítandó mennyiség, az esetek legnagyobb részében pedig „Élelmiszer, ital” kategóriájú termékeket kéne házhoz szállítani, erre pedig már számos példa mutatkozik, drónokkal jól lebonyolíthatók az élelmiszer-házhozszállítások a működő rendszerek tapasztalatai alapján.

A fentieket figyelembe véve levonhatjuk azt a következtetést, hogy mind az egyszerre kezelendő mennyiségek, mind pedig a szállítási gyakoriság lehetővé teszi azt, hogy a koncentrált igénypont-halmazok city logisztikai rendszerében a házhozzállítások (vagy csomagautomatákat kiszolgáló szállítások) jelentős részét drónokkal bonyolítsuk le. A házhozzállítások kapcsán érdemes még azt is megjegyezni, hogy akár új üzleti platformok is megnyílhatnak, például a drónok bevonása jó lehetőséget nyújthatna piacról friss áru házhozzállítására (néhány zacskónyi mennyiségek esetén), valamint akár hűthető vagy előhűtött kisdobozok alkalmazása is lehetséges lenne egy ilyen megoldásban az élelmiszer házhozzállítás folyamatában.

4. DRÓNOK INTEGRÁLÁSA A KONCENTRÁLT IGÉNYPONT-HALMAZOK CITY LOGISZTIKAI RENDSZERÉBE

Összesítve az adatelemzés során kapott eredményeket, a drónok lehetséges feladatai a koncentrált igénypont-halmazok áruellátási rendszerében az alábbiak lehetnek:

- Beszállítások:
 - normál esetben nagyobb kapacitású járműveket érdemes alkalmazni a konszolidációs központ és a koncentrált igénypont-halmazok között;
 - azonban sürgős esetben (pl. készlethiány esetén), az árumennyiség

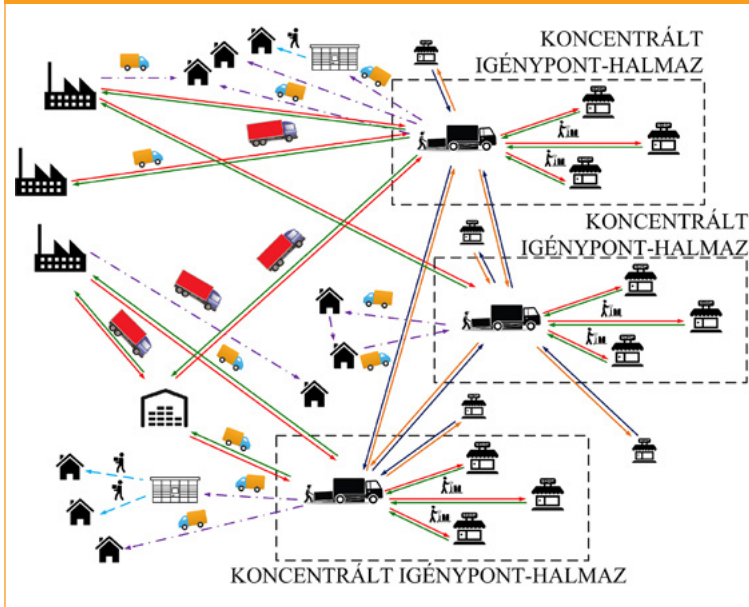
megfelelősége esetén a konszolidációs központ és a koncentrált igénypont-halmazok között drónos szállításra is lehetőség nyílik.

- Üzletek közötti szállítások:
 - városon belüli üzletek közötti szállítások és az árumennyiség megfelelőisége esetén alkalmazhatunk drónokat;
 - városon belüli üzletek közötti szállítások és nagyobb árumennyiségek esetén nagyobb kapacitású járművekre van szükség;
 - városon kívülre történő vagy onnan érkező üzletek közötti szállítások esetén pedig a konszolidációs központ igénybevétele javasolt, a nagyobb kapacitású járművekkel.
- Házhozzállítások:
 - városon belüli házhozzállítások és az árumennyiség megfelelőisége esetén alkalmazhatunk drónokat, ekkor csomagautomaták igénybevétele javasolt azon áruajtáknál, ahol csomagautomata alkalmazható;
 - városon belüli házhozzállítások és nagyobb árumennyiség esetén nagyobb kapacitású járművekre van szükség, ekkor is csomagautomaták igénybevétele javasolt azon áruajtáknál, ahol csomagautomata alkalmazható;
 - városon kívülre történő házhozzállítások esetén a konszolidációs központ igénybevétele javasolt, nagyobb kapacitású járművekkel.

A következő lépésben az adatelemzés fenti eredményei alapján felvázoltuk a drónok lehetséges szerepét a koncentrált igénypont-halmazok city logisztikai rendszerének új, konszolidáció-alapú koncepcióiban. Ezeket az alapkonceptiókat a korábbiakban már több helyen is publikáltuk [4] [8], jelen cikkünkben a korábban publikált rendszerszervezési megoldásokat egészítjük ki drónokkal.

A vizsgált jelenlegi city logisztikai rendszer a 11. ábrán látható. Az ábrán piros vonal jelöli a beszállításokat, zöld vonal a göngyölegkezelést és az inverz logisztikai tranzakciókat, kék és narancssárga vonalak jelölik az üzletek

11. ábra: A vizsgált jelenlegi city logisztikai rendszer



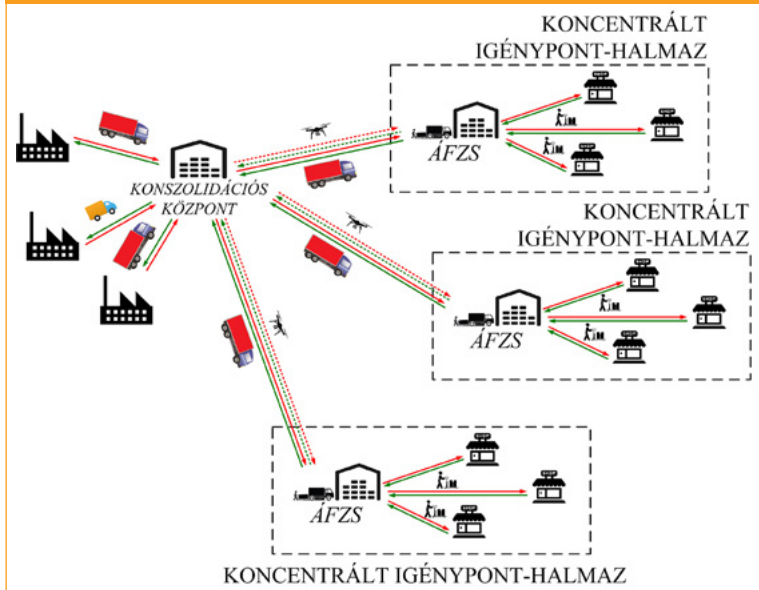
közti szállításokat, lila szaggatott vonal a házhozszállításokat és a csomagautomaták kiszolgálását, világoskék szaggatott vonal pedig a csomagautomatából történő áruátvételt mutatja meg. A gyár ikonja jelöli a beszállítókat, a raktár ikonja a nagykereskedők és logisztikai szolgáltatók raktárait, a rakodás ikonja a koncentrált igénypont-halmaz beszállítói udvarait, illetve közös rakodóhelyeit, az üzlet ikonja jelöli a kiszolgálandó igénypontokat, a csomagautomata ikonja a csomagautomatákat, a ház ikonja pedig a házhozszállítási igénypontokat. Az egyes szakaszokon az anyagmozgatás jellegét és a szállítójárműveket is feltüntettük.

A 12. ábra azt mutatja be, hogy hogyan is alakul a konszolidáció alapú új city logisztikai rendszer, ahol a hagyományos szállításokat tehergépkocsikkal (illetve más esetekben kötött pályán, vagy vízi úton) bonyolítjuk le, a sürgős szállításokra pedig drónok is rendelkezésünkre állnak. Ekkor a raktár ikonjával jelöljük a konszolidációs központot, a rakodás és a raktár ikonjával együttesen pedig az áruforgalmi zsilipeket.

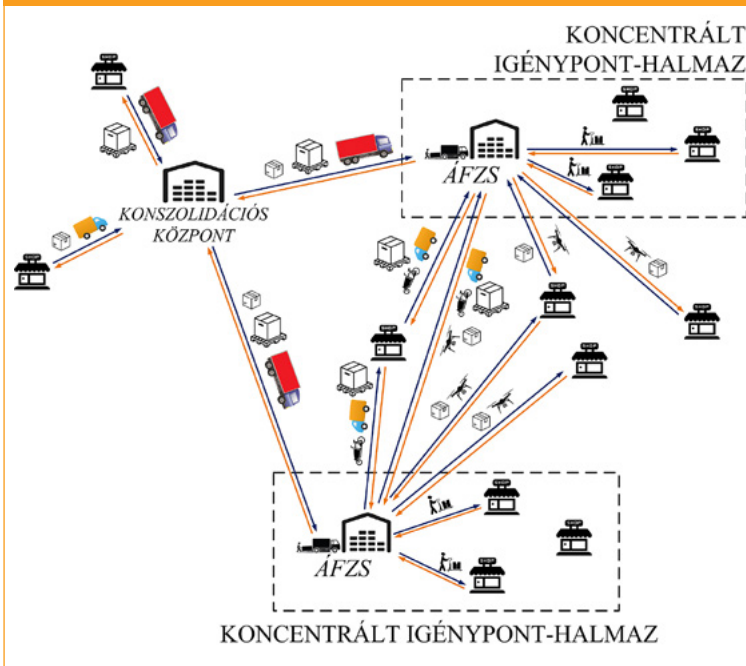
A 13. ábra azt mutatja be, hogy a korábban leírtak szerint hogyan kezelhetjük az üzletek

közti szállításokat ebben a rendszerben, kisebb csomagok esetén drónok, nagyobb csomagok esetén tehergépjárművek alkalmazásával. Az

12. ábra: Beszállítás konszolidáció alapú rendszerben tehergépkocsikkal és drónokkal



13. ábra: Üzletek közti szállítások tehergépkocsikkal és drónokkal



Ezekkel az ábrákkal megkaptuk azokat a city logisztikai szervezési megoldásokat, amelyeket kutatásunk következő lépéseiben szimulációs úton is meg kell vizsgálni, arra keresve választ, hogy a teljesítmények, kibocsátások és üzemeltetési költségek oldaláról hogyan alakulnak majd ezek az új megoldások.

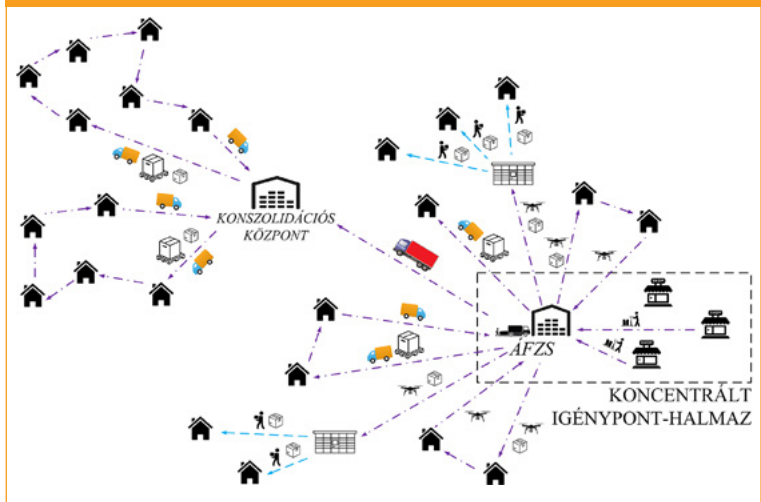
5. TOVÁBBI FELADATOK

A kutatás következő fázisaira már számos feladatot meghatároztunk, mivel a koncentrált igénypont-halmazok vizsgálatán belül a drónok alkalmazásával kapcsolatos projektnek

ábrán a doboz ikon jelöli a kisebb csomagokat, a rakodólapos egységgrakomány ikonja pedig a nagyobb szállítmányokat. A városon kívüli, távolabbra eső üzleteket a konszolidációs központot érintve szolgáljuk ki ebben a koncepcióban.

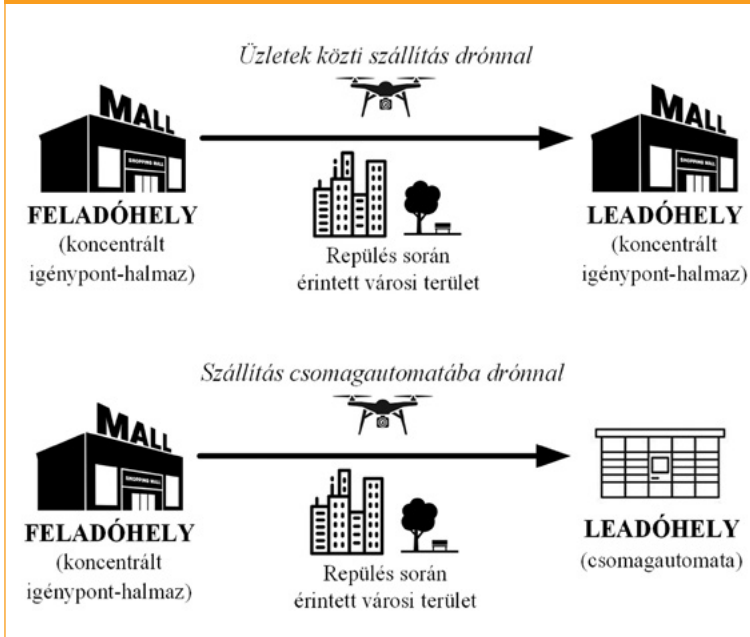
még csak az elején járunk. A következőkben fontos lesz a már elkészült szimulációs modelljeinkbe [1] [3] [4] [7] is implementálni a drónokat, valamint tömegszolgáltatási model-

14. ábra: Házhozszállítások tehergépkocsikkal és drónokkal



Ehhez hasonló jelölésekkel, a korábbiakban leírtakhoz igazodva a 14. ábra mutatja meg, hogy hogyan kezelhetők a házhozszállítások, illetve hogyan szolgálhatók ki a csomagautomaták drónokkal. A városon kívüli, távolabbra eső házhozszállítási igénypontokat a konszolidációs központot érintve szolgáljuk ki ebben a koncepcióban.

15. ábra: A szállítási lánc fő elemei a vizsgált esetekben



lekkel szeretnénk meghatározni a drónflotta szükséges méretét a különböző jellegű feladatok esetén. Szintén fontos lesz az új hazai és az uniós jogszabályi háttér [26] teljes körű vizsgálata, a koncepciókat ehhez kell majd igazítani a továbbiakban.

Mivel jelenleg nincs olyan hasznosítható megoldás, amely zsúfolt belvárosi jellegű övezetben működik – pl. tömbházak között (inkább külvárosi, vidéki környezetben működnek azok a drónos szállítási rendszerek, amelyekkel kapcsolatban adatok is ismertek) –, ezért számos kérdést meg kell vizsgálni ezzel kapcsolatosan. Fel kell tárnai a teljes logisztikai láncot, azt keresve, hogy hol vannak a kritikus pontok: hogyan tud leszállni a drón, hogyan lehet neki átadni a csomagot, milyen területek felett kell átrepülnie stb. A szállítási lánc fő részei ekkor az alábbiak lesznek: feladóhely, repülési tranzakció, valamint leadóhely. Ezeket kell majd azonosítani a kutatás következő lépéseiben, valamint fontos lesz a továbbiakban ezeket biztonságtechnikai szempontból is elemezni. A szállítási lánc vázlatát a vizsgálandó két fő esetre a 15. ábra szemlélteti.

A házzhozszállítások vizsgálata kapcsán fontos lesz még a későbbiekben az is, hogy a csak online kereskedelmi forgalmat lebonyolító üzletekből is történik házzhozszállítás (miközben egyre több kereskedőnél nincs fizikai infrastruktúra), ekkor raktárakból, magánházakból történnek a szállítások, tehát nem ismert igénypontokról indulnak ki, azonban ezek is elhelyezkedhetnek akár egy bevásárlóövezetben, így ezek integrációját is érdemes lehet vizsgálni. Színén foglalkozni kell majd a dokkolókkal kapcsolatos kérdéskörrel is, ekkor külön

figyelni kell azon állandó szállító partnerekre, akik saját dokkolóval is rendelkezhetnek, illetve a csomagautomatáikkal, amelyeket bárki igénybe vehet majd. Házzhozszállításnál meg kell vizsgálni azt is, hogy reális-e az egyáltalán, hogy házhoz megy a drón belvárosi jellegű környezetben, vagy inkább csak a csomagautomatás megoldást lenne érdemes alkalmazni.

Összeségében pontosan azonosítani kell a városi drónos szállítások piacait, az eddigi adatelemzés eredményein felül más szempontokat is figyelembe véve. Erre jó lehetőségként mutatkozik egy AHP-alapú multikritériumos minősítési modell, amely segítségével meg tudjuk majd határozni azt, hogy mely city logisztikai operációk esetén releváns a drónos fejlesztés. Ennek fő célja azoknak a kitörési pontoknak a megtalálása lenne, ahol az első érdemi fejlesztéseket el lehet indítani.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Cikkünkben azt vizsgáltuk, hogy a városi koncentrált igénypont-halmazok (bevásárló-

központok, piacok, bevásárlóövezetek) city logisztikai rendszerébe hogyan illeszthetjük be a drónokat, mely szállítási feladatok esetén lehetnek ezek az eszközök az árumennyiségek és a hatótávolság alapján alkalmasak arra, hogy bevonjuk őket a szállítások lebonyolításába, a korábban már vizsgált tehergépkocsikat, cargo kerékpárokat, kötött pályás és folyami áruszállítási technológiákat alkalmazó megoldások mellé.

Cikkünk első részében ismertettük a városi igénypontok típusait, a már működő (illetve mintarendszerekben kipróbált) drónos áruszállítási megoldásokat, valamint a kapcsolódó kutatási irányokat. Ezt követően több mint 600 budapesti, koncentrált igénypont-halmazokon található üzlet adataiból kiindulva megvizsgáltuk azt, hogy mely szállítási tranzakciókra lehetnek alkalmasak a drónok ebben a rendszerben. Beszállítások esetén az üzletek egy kisebb hányada esetén sürgős szállításokra vonhatjuk be őket a nagyobb mennyiségeket is kezelni képes megoldások mellé, üzletek közti szállítások esetén a városon belüli tranzakciók jelentős hányada kezelhető drónokkal, a házhozszállítások esetén pedig ehhez hasonlóan szintén a tranzakciók nagy része lebonyolítható lesz drónok alkalmazásával. Ezen eredmények alapján a korábban kidolgozott city logisztikai rendszerkoncepciókhoz hozzáillesztettük a drónokat, ezeket pedig ábrával is szemlélítettük.

Cikkünk fő eredményeként a kidolgozott, áruszállító drónokat alkalmazó city logisztikai rendszerkoncepciókat definiálhatjuk, azonban megfogalmazásra kerültek a kutatás következő fontos feladatai is: a rendszer szimulációs modellezése, tömegkiszolgálási modellek alkalmazása a drónflotta szükséges méretének meghatározására, a jogszabályi háttér vizsgálata, az autonóm működés lehetőségeinek vizsgálata és permfeltételeinek meghatározása, valamint a szállítási lánc részletes elemzése és a drónokkal kezelendő szállítási feladatok még pontosabb definiálása egy multikritériumos módszertan alkalmazásával.

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.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Dr. Bóna Krisztián, Sárdi Dávid Lajos (2018). Koncentrált városi igénypontok áruellátó logisztikai rendszereinek elemzése és mezoszkópikus szintű modellezése. Logisztikai Évkönyv 2019, pp. 121-130. Magyar Logisztikai Egyesület. DOI: <https://doi.org/gm3z>
- [2] BME-ALRT City Logisztikai Kutatócsoport (2021). URL: <https://www.logisztika.bme.hu/citylog/>
- [3] Dr. Bóna Krisztián, Dr. Lipovszki György, Sárdi Dávid Lajos (2020). A városi koncentrált igénypont-halmazok city logisztikai rendszereinek Python-alapú szimulációs modellezése. Logisztikai Évkönyv 2021, pp. 115-127. Magyar Logisztikai Egyesület. DOI: 10.23717/LOGEVK.2021.12
- [4] Dávid Lajos Sárdi, Krisztián Bóna (2019). Examination of the logistics systems of concentrated sets of urban delivery points by simulation. The 21th International Conference on Harbour, Maritime & Multimodal Logistics Modelling and Simulation, Lisszabon, Portugália, pp. 1-10., Szerkesztette: Eleonora Bottani, Agostino Bruzzone, Francesco Longo, Yuri Merkuryev, Miquel Angel Piera. URL: <http://www.msc-les.org/proceedings/hms/2019/HMS2019.pdf>
- [5] Dávid Lajos Sárdi, Krisztián Bóna (2020). AHP-based multicriterial ranking model for the city logistics analysis of urban areas. 10th International Conference on Logistics, Informatics and Service Sciences (LISS2020), Peking, Kína, online. Megjelenés alatt.
- [6] Bálint Mészáros, Dávid Lajos Sárdi, Krisztián Bóna (2017). Monitoring, measurement and statistical analysis (MMSA) based methodology for improvement city logistics

- of shopping malls in Budapest. World Review of Intermodal Transportation Research, 6 (4), pp.352-371. DOI: <https://doi.org/gm32>
- [7] Dr. Bóna Krisztián, Sárdi Dávid Lajos (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. ISBN: 978-963-88875-4-2
- [8] Dr. Bóna Krisztián, Sárdi Dávid Lajos, Kormos Henriett, Major Petra, Posta Máté Imre (2020). Kötőpályás városi áruszállítási lehetőségek vizsgálata Budapesten az AHP-módszer alkalmazásával. XIV. IFFK Konferencia (Innováció és fenntartható felszíni közlekedés) 2020, Budapest, online. ISBN: 978-963-88875-6-6
- [9] Dr. Bóna Krisztián, Sárdi Dávid Lajos (2019). Áruszállító kerékpárok alkalmazási lehetőségeinek értékelése a bevásárlóközpontok logisztikai rendszerében a hálózat geometriai struktúrája alapján. Logisztikai Évkönyv 2020, pp. 163-173. Magyar Logisztikai Egyesület. DOI: <https://doi.org/gm33>
- [10] Deutsche Post DHL Group (2021). DHL Paketkofter. URL: <https://www.dpdhl.com/de/presse/specials/dhl-paketkofter.html>
- [11] DHL (2019). DHL express launches its first regular fully-automated and intelligent urban drone delivery service. URL: <https://www.logistics.dhl/tw-en/home/press/press-archive/2019/dhl-express-launches-its-first-regular-fully-automated-and-intelligent-urban-drone-delivery-service.html>
- [12] DHL (2019). URL: <https://www.dpdhl.com/content/dam/dpdhl/en/media-center/media-relations/images/2019/dhl-drone-delivery-service-20190516-02.jpg>
- [13] Daimler (2017). Vans & Drones in Zurich: Mercedes-Benz Vans, Matternet and siroop start pilot project for on-demand delivery of e-commerce goods. URL: <https://media.daimler.com/marsMediaSite/en/instance/ko/Vans--Drones-in-Zurich-Mercedes-Benz-Vans-Matternet-and-siroop-start-pilot-project-for-on-demand-delivery-of-e-commerce-goods.xhtml?oid=29659139>
- [14] Amazon (2016). Amazon Prime Air. URL: <https://www.amazon.com/Amazon-Prime-Air/b?ie=UTF8&node=8037720011>
- [15] Malek Murison (2019). Drone Delivery: Google's Project Wing Takes Off In Australia. DroneLife. URL: <https://dronelife.com/2019/04/11/google-wing-drone-delivery-australia/>
- [16] UPS Pressroom (2020). UPS Flight Forward And Wingcopter To Develop Versatile New Drone Fleet. URL: <https://pressroom.ups.com/pressroom/ContentDetailsViewer.page?ConceptType=PressReleases&id=1585013339002-237>
- [17] Rachel Premack (2020). America's largest retirement community can soon receive their prescriptions from CVS via a UPS drone delivery service. Business Insider. URL: <https://www.businessinsider.com/ups-cvs-drone-deliveries-the-villages-florida-2020-4>
- [18] Tom Ward (2020). Walmart Now Piloting Drone Delivery of COVID-19 At-Home Self-Collection Kits. Walmart. URL: <https://corporate.walmart.com/newsroom/2020/09/22/walmart-now-piloting-drone-delivery-of-covid-19-at-home-self-collection-kits>
- [19] Kevin Dorling, Jordan Heinrichs, Geoffrey G. Messier, Sebastian Magierowski (2017). Vehicle Routing Problems for Drone Delivery. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, 47 (1), pp. 70-85, DOI: <https://doi.org/f9j7qb>
- [20] Chase C. Murray, Amanda G. Chu (2015). The flying sidekick traveling salesman problem: Optimization of drone-assisted parcel delivery. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 54, pp. 86-109. DOI: <https://doi.org/f7bvcq>
- [21] Thomas Kirschstein (2020). Comparison of energy demands of drone-based and ground-based parcel delivery services. Transportation Research Part D 78 102209. DOI: <https://doi.org/ghwfdh>
- [22] Insu Hong, Michael Kuby, Alan T. Murray (2018). A range-restricted recharging station coverage model for drone delivery service planning. Transportation Research

Part C: Emerging Technologies, 90, pp. 198–212. DOI: <https://doi.org/gdmjrb>

- [23] Mohamed Salama, Sharan Srinivas (2020). Joint optimization of customer location clustering and drone-based routing for last-mile deliveries. Transportation Research Part C 114 pp. 620–642. DOI: <https://doi.org/gm34>
- [24] Quang Minh Ha, Yves Deville, Quang Dung Phamb, Minh Hoàng Hà (2018). On

the min-cost Traveling Salesman Problem with Drone. Transportation Research Part C 86 597–621. DOI: <https://doi.org/gc49jt>

- [25] Flytrex (2021). Iceland, AHA. URL: <https://flytrex.com/projects/iceland-aha/>
- [26] Dobi Sándor (2020). Európa pilóta nélküli légi járműveket érintő jogszabályi környezetének áttekintése. Közlekedéstudományi Szemle, 70 (4), pp. 29–42. ISSN 0023-4362. DOI: <https://doi.org/gm35>



The application of freight drones in the city logistics system of concentrated urban demand point clusters

One of the fundamental questions for transport management in the near future is how to integrate unmanned aerial vehicles into the existing transport ecosystem efficiently, but above all as safely as possible. With the rapid development of the drone industry, the possibility arose, obviously, that these devices could also be used in urban freight transport. Trial operations are being conducted in many countries around the world to test the usability of unmanned aerial vehicles in transportation, and in a number of countries, drones are already a stable part of city logistics systems.



Einsatz von Frachtdrohnen im City-Logistiksystem für die Bedienung von konzentrierten urbanen Bedarfshäufungspunkten

Eine der zentralen Fragen für das Verkehrsmanagement der nahen Zukunft ist die effiziente, aber vor allem möglichst sichere Einbindung unbemannter Fluggeräte in das bestehende Verkehrsökosystem. Mit der rasanten Entwicklung der Drohnenindustrie ergab sich die Möglichkeit, dass diese Geräte auch im städtischen Güterverkehr eingesetzt werden könnten. In vielen Ländern der Welt werden Probefläge durchgeführt, um die Verwendbarkeit von unbemannten Flugzeugen im Transportwesen zu testen, und in mehreren Ländern sind die Drohnen bereits feste Bestandteile von den City-Logistiksystemen.

E számunk lektorai

Barlog Károly ■ Dr. habil Horváth Balázs

Dr. Katona András ■ Szűcs Lajos ■ Dr. Török Ádám