

Kutatási jelentés

Téma azonosítója: JKL P8-T1

Téma címe: Nagyvárosok áruellátását támogató city logisztikai szolgáltatások kialakításának magyarországi lehetőségei

4. munkaszakasz: Budapesti specifikumok, lehetőségek és megoldási alternatívák vizsgálata

- 4.1. Az adekvát városellátási logisztikai rendszermegoldások logisztikai technológiai háttérrendszerének specifikálása. Az egyes rendszerelemek technológiai alternatívái, azok kapcsolatainak kialakítása.
- 4.2. A típustechnológia rendszertechnikai és technológiai megoldás változatainak összehasonlítása multikritériumos háttér alkalmazásával.
- 4.3. A megvalósításra javasolt technológiai és szervezési megoldás kiválasztása az egyes rendszermegoldásokra vonatkozóan.

Az összefoglalót készítette:

Bakos András, PhD hallgató
BME Közlekedésmérnöki és
Járműmérnöki Kar,
Közlekedésüzemi Tanszék

Témavezető:

Dr. Bóna Krisztián, adjunktus
BME Közlekedésmérnöki és
Járműmérnöki Kar,
Közlekedésüzemi Tanszék

City logisztikai rendszertechnikai alternatívák

Az alább bemutatásra kerülő rendszermegoldás ötletek jellegzetességei főként az alábbi infrastrukturális logisztikai rendszerösszetevők eltérő tulajdonságai miatt különbözhetnek egymástól:

- Távolsági áruszállító járművek jellege (nyerges-vontató, vasúti szerelvény stb.)
- Távolsági közlekedési pálya (jellemzően vasút, közút)
- Városi elosztó központnak helyet adó infrastruktúra (VEK - remizek, új telephelyek, logisztikai szolgáltatók)
- Városi áruszállító járművek (a belső városi anyagmozgatást végző speciális járművek)
- Városi közlekedési pálya (városi közút hálózat, villamos pálya, buszsáv stb.)
- Városi rakodóhelyi infrastruktúra (VRI – átrakóhelyek a városi áruszállító járművek között, illetve a belső városrészek kereskedelmi, ill. szolgáltató egységek boltjainál)

A tervezett rendszerkonceptiók az egyes lehetséges rendszerösszetevő változatok ésszerű összekapcsolásából adódhatnak. A rendszert követő hosszú távú fejlesztés egyes lépcsőfokait is ezen rendszerösszetevő változatok folyamatos rendszerbe kapcsolásával kell elképzelni. Látni kell továbbá, hogy a rendszer kivitelezése előtt minden egyes változat esetében számos, mindeddig még tisztázatlan technológiai, szervezési és szabályozási kérdés megválaszolására van szükség. A kiszorgálandó célterületet első megközelítésben a budapesti belső, jellemzően történelmi városrészek jelenthetnék, amelyet nyugatról a Duna, illetve az Pesti alsó rakpart, keletről pedig a Nagykörút határol.



1. ábra: A tervezett kiszorgálandó célterület

Villamos közlekedési infrastruktúra alkalmazása

A villamos közlekedési infrastruktúra városellátásban történő alkalmazására Nyugat-Európában már számos próbálkozás történt. Kézenfekvő és szakmailag is indokolt megoldás lehet Budapest esetében is a kedvező földrajzi adottságokkal rendelkező villamos pálya alkalmazása. A villamos közlekedési infrastruktúrát felhasználó változatok javasolt logisztikai rendszerösszetevőit az alábbi táblázat tartalmazza.

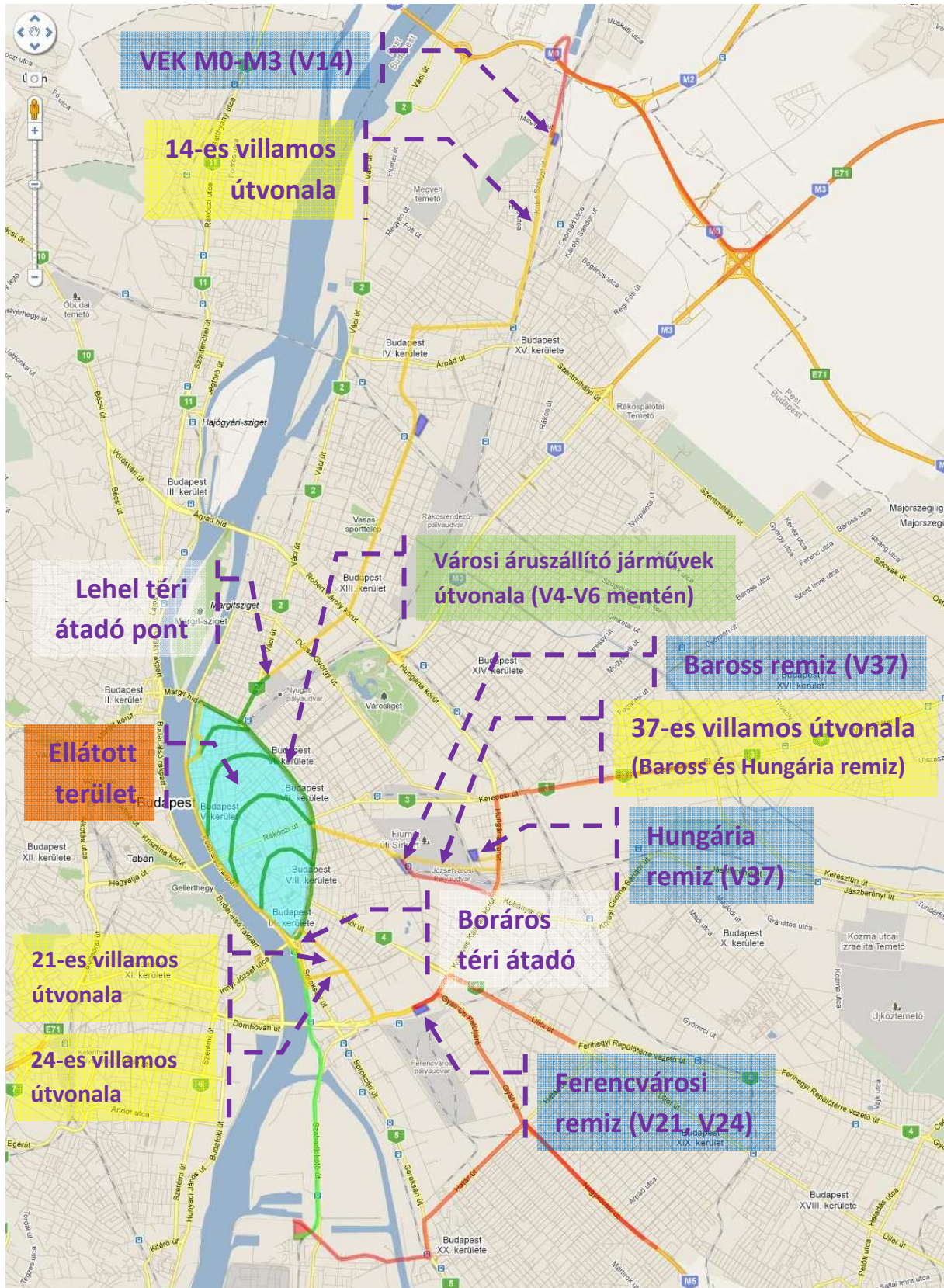
Rendszerelem	Feladat	Alkalmazott technológia
Távolsági áruszállító járművek	Beszállítók áruinak eljuttatása a VEK-ba	Nyerges félpótkocsis, vagy egyéb hagyományos közúti áruszállító járművek
Távolsági közlekedési pálya	Kapcsolat biztosítása a beszállítók központi raktárai és a VEK között	Közúti pálya
Városi elosztó központ (VEK)	Árufogadás, komissiózás, speciális egységakomány képzési feladatok, rakodás, göngyölegkezelés	Jellemzően a villamos remizekben, és/vagy a villamos hálózat fejezőállomásainak közvetlen környezetében kialakítva (erre alkalmas helyeken), fedett tárolóterületek a megfelelő logisztikai technológiával
Városi áruszállító járművek	Az áruk eljuttatása a belső városi célterület határaitól	Speciális kialakítású áruszállító villamos szerelvények
	Az áruk eljuttatása a belső városi célterületen elhelyezkedő kereskedelmi és szolgáltató vállalatokhoz	Speciális kialakítású, elektromos meghajtású kisáruszállító tehergépkocsik
Városi közlekedési pálya	Kapcsolat biztosítása a VEK és a VRI között	Villamos hálózat pályái
	Kapcsolat biztosítása a VRI és a célterületen elhelyezkedő kereskedelmi és szolgáltató egységek között	Közúti/villamos pálya, buszsávok, sétálóutca
Városi rakodóhelyi infrastruktúra (VRI)	A belső városrészek határain lehetővé teszik a speciális áruszállító villamos szerelvények, illetve a speciális elektromos meghajtású kisáruszállító tehergépkocsik közötti gyors és gördülékeny átrakást	A villamos hálózat fejezőállomásain kialakítva, dokkolásra, gyors átrakásra alkalmas kijelölt rakodóhelyek
	A belső városrészekben lehetővé teszik a kereskedelmi és szolgáltató egységeknél az áruk gyors kirakását és a göngyölegkezelést	Előre kijelölt közös rakodóhelyek a belső városrészekben a speciális elektromos meghajtású kisáruszállító tehergépkocsik számára

A fenti táblázatban vázolt koncepció megvalósítása céljából számos lehetséges, már meglévő technikai rendszerelem integrálására nyílnak lehetőségek, azonban a műszaki fejlesztések elengedhetetlen részét képezik a megvalósításnak. Jelen alternatívák a városi remiz hálózat, a fő közúti (és vasúti) csatlakozások figyelembevételével a fentebb bemutatott belső városi kereskedelmi és szolgáltató területek kiszolgálására vonatkozhatnak. Elsősorban döntően a személyszállítási szolgáltatási időn kívüli árumozgatás a javasolt, de megfelelő technológiai fejlesztéssel illetve az átadó-átvevő helyeken a rakodási infrastruktúra felkészítésével a

szolgáltatási időn belüli árumozgatás is lehetségessé válhat. A belső városrészekbe való eljutás alternatíváiként számos megoldás jöhet szóba, így a *Ferencvárosi remiz* – 1-es – 21-es – 24-es – 2-es villamos útvonala (kapcsolódva az M0, M5, Hungária Körút, Ferencvárosi pályaudvar útvonalakhoz), a *Baross utcai remiz* – 37-es – 4-6-os villamos útvonala (kapcsolódva az M0, M5, Kőbányai út, Józsefvárosi pályaudvar útvonalakhoz), a *Hungária remiz* – 37-es villamos – 4-6-os villamos vonala (kapcsolódva az M0, M5, Kőbányai út, Hungária Körút útvonalakhoz, esetleges vasúti kapcsolat kiépítésének lehetőségével), illetve *Káposztásmegyeri végállomás* – 14-es villamos vonala (kapcsolódva az M0, M3 útvonalakhoz, esetleges vasúti kapcsolat kiépítésének lehetőségével).

A megoldás SWOT analízisét az alábbi táblázat foglalja össze, illetve a rendszermegoldás működési elvét a 2. ábra tartalmazza.

Erősségek	Gyengeségek
<ul style="list-style-type: none"> • környezetkímélő meghajtási módok alkalmazhatósága • belváros közúti áruforgalmi terhelésének csökkenése • jól látható, attraktív, figyelemfelkeltő megoldás • meglévő infrastruktúrát használ fel • relatíve olcsó üzemeltetés • relatíve gyors üzembeállíthatóság • belvárosi célterületek könnyű és gyors elérése • nagy tömegű áru bejuttatása a belvárosi célterületre 	<ul style="list-style-type: none"> • jelentős logisztikai és információs technológiai kihívások • nehezen választható le a személyközlekedési forgalomról • a VEK-nek használt remizek, vagy egyéb raktárak árukezelési infrastruktúráját ki kell alakítani • a gyors átrakás megvalósítása a VRI-n nagy kihívás • az üzletek áruátvételi rendszerének módosítása szükséges • az áruk többszöri átrakásából (VEK+VRI) eredő többletköltség
Lehetőségek	Veszélyek
<ul style="list-style-type: none"> • szolgáltatási időn kívüli áruforgalom biztosítása • javul a meglévő közlekedési infrastruktúra kihasználtsága • virtuális beszerzési társulások létrehozása 	<ul style="list-style-type: none"> • a közforgalmú közlekedési rendszer üzemeltetési biztonságának kockázatai • a közforgalmú közlekedés és az áruforgalom irányítási rendszernek konfliktusai • üzletek együttműködési készsége nem kielégítő



2. ábra: A villamos közlekedési infrastruktúra alkalmazásának lehetőségei

Helyi érdekű vasút közlekedési infrastruktúrájának felhasználása

Bár az elővárosi közlekedési infrastruktúra városellátásban való közvetlen alkalmazására Nyugat-Európában nincs élő próbálkozás, Budapesten lehet racionális alapja egy ilyen megoldásnak is. Jelen alternatíva a helyi érdekű vasút (HÉV) belvárost megközelítő legközvetlenebb beközelítési lehetőségének figyelembevételével a fentebb bemutatott belvárosi kereskedelmi terület kiszolgálására vonatkozik. Erre a csepeli HÉV kiépített pályája a legalkalmasabb, amely közvetlenül elérhetővé teszi a 4-6-os villamos vonalát, amely a belső városrészek ellátása szempontjából az egyik lehetséges gerincvonal. A városi elosztó központ (VEK) szerepét egy logisztikai szolgáltató telephelye tölti be. Döntően szolgáltatási időn kívüli árumozgatás a javasolt, de megfelelő technológiai fejlesztéssel illetve az átadó-átvevő helyeken a rakodási infrastruktúra felkészítésével a szolgáltatási időn belüli árumozgatás is lehetségessé válhat. A csepeli HÉV közlekedési infrastruktúráját felhasználó változatok javasolt logisztikai rendszerösszetevőit az alábbi táblázat tartalmazza.

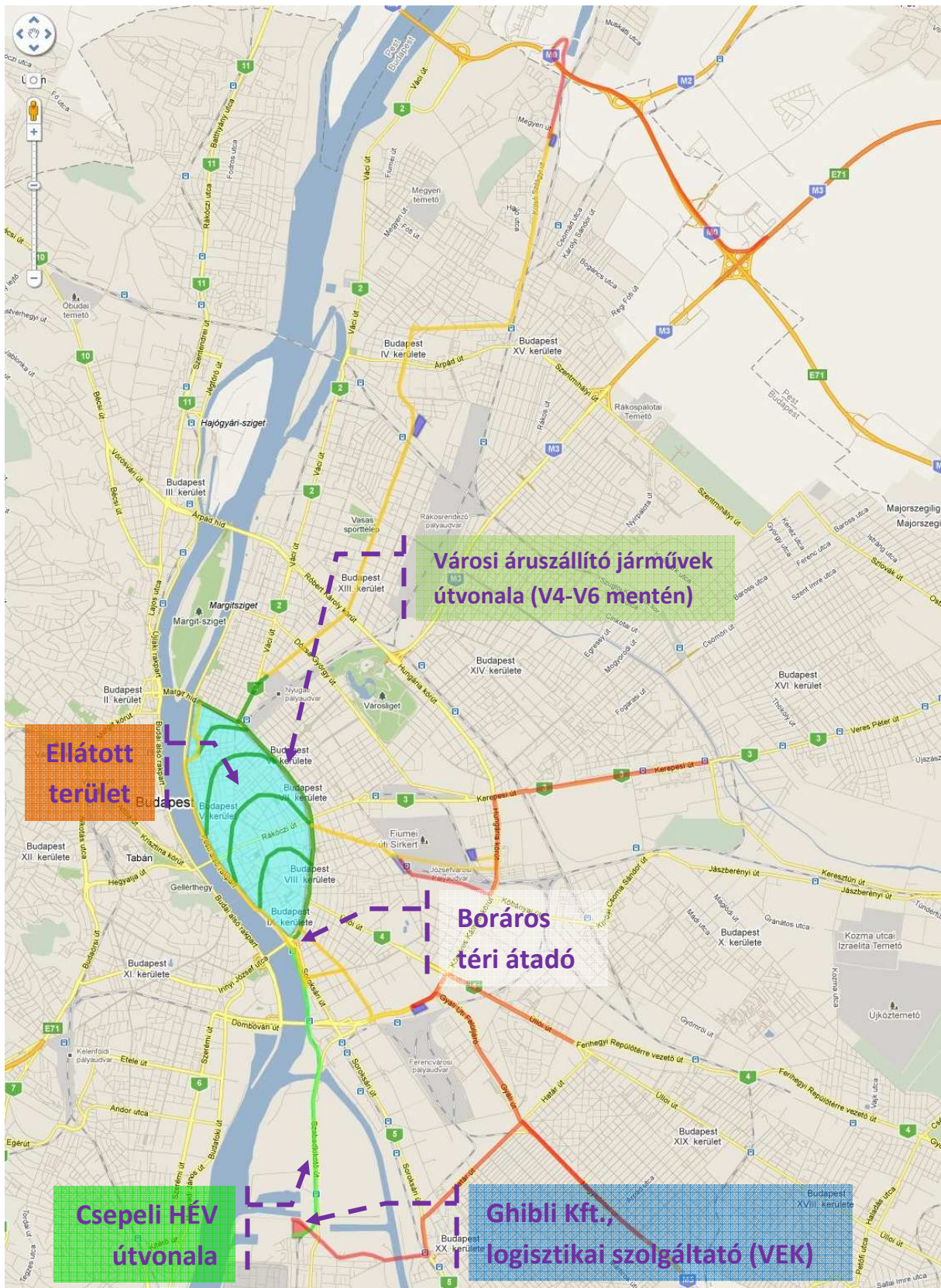
Rendszerelem	Feladat	Alkalmazott technológia
Távolsági áruszállító járművek	Beszállítók áruinak eljuttatása a VEK-ba	Nyerges félpótkocsis, vagy egyéb hagyományos közúti áruszállító járművek
Távolsági közlekedési pálya	Kapcsolat biztosítása a beszállítók központi raktárai és a VEK között	Közúti pálya
Városi elosztó központ (VEK)	Árufogadás, kommissiózás, speciális egységakomány képzési feladatok, rakodás, göngyölegkezelés	A csepeli HÉV vasúti pályája mellett található logisztikai szolgáltató felkészült infrastruktúrája.
Városi áruszállító járművek	Az áruk eljuttatása a belső városi célterület határaitra	Speciális kialakítású áruszállító HÉV szerelvények
	Az áruk eljuttatása a belső városi célterületen elhelyezkedő kereskedelmi és szolgáltató vállalatokhoz	Speciális kialakítású, elektromos meghajtású kisáruszállító tehergépkocsik
Városi közlekedési pálya	Kapcsolat biztosítása a VEK és a VRI között	Csepeli HÉV pályája
	Kapcsolat biztosítása a VRI és a célterületen elhelyezkedő kereskedelmi és szolgáltató vállalatok között	Közúti/villamos pálya, buszsávok, sétálóutcák
Városi rakodóhelyi infrastruktúra (VRI)	A belső városrészek határain lehetővé teszik a speciális áruszállító HÉV szerelvények, illetve a speciális elektromos meghajtású kisáruszállító tehergépkocsik közötti gyors és gördülékeny átrakást	A HÉV pálya végállomásán, vagy annak közelében kialakítva, a Boráros tér szűk lehetőségei miatt dokkolásra, gyors átrakásra alkalmas kijelölt rakodóhelyek.
	A belső városrészekben lehetővé teszik a kereskedelmi és szolgáltató vállalatoknál az áruk gyors kirakását és a göngyölegkezelést	Előre kijelölt közös rakodóhelyek a belső városrészekben a speciális elektromos meghajtású kisáruszállító tehergépkocsik számára.

A fenti táblázatban vázolt alternatíva önállóan is, illetve a villamos közlekedési hálózat kiegészítéseként is lehetséges megoldás lehet. Ebben az esetben a csepeli HÉV, valamint 2-es

villamos pályájának összekapcsolását, valamint a speciális áruszállító HÉV szerelvények átjárási lehetőségét kell műszakilag megoldani. Ebben az esetben a célterület teljes nyugati oldala elérhetővé válhat kötőtpályás közlekedéssel, ami további előnyöket jelenthet. A HÉV járatok relatíve alacsonyabb követési időköze nagyobb lehetőséget biztosít ebben az alternatívában arra, hogy az áruforgalom a szolgálati időn belül is bonyolítható legyen, illetve a logisztikai szolgáltató szerepvállalásával, a VEK beruházási költsége is jelentősen csökkenthető.

A megoldás SWOT analízisét az alábbi táblázat foglalja össze, illetve a rendszermegoldás működési elvét a 3. ábra tartalmazza.

Erősségek	Gyengeségek
<ul style="list-style-type: none"> • környezetkímélő meghajtási módok alkalmazhatósága • a belváros közúti áruforgalmi terhelésének csökkenése • jól látható, attraktív, figyelemfelkeltő megoldás • meglévő infrastruktúrát használ fel • relatíve olcsó üzemeltetés • relatíve gyors üzembeállíthatóság • belvárosi célterületek könnyű és gyors elérése • nagy tömegű áru bejuttatása a belvárosi célterületre • a VEK egy logisztikai szolgáltató meglévő infrastruktúrájára, és gyakorlatára épül 	<ul style="list-style-type: none"> • jelentős logisztikai és információs technológiai kihívások • közepesen nehezen választható le a személyközlekedési forgalomról • az üzletek áruátvételi rendszerének módosítása szükséges • a gyors átrakás megvalósítása a VRI-n nagy kihívás • az áruk többszöri átrakásából (VEK+VRI) eredő többletköltség
Lehetőségek	Veszélyek
<ul style="list-style-type: none"> • szolgáltatási időn kívüli áruforgalom biztosítása • javul a meglévő közlekedési infrastruktúra kihasználtsága • virtuális beszerzési társulások létrehozása 	<ul style="list-style-type: none"> • a közforgalmú közlekedési rendszer üzemeltetési biztonságának kockázatai • a közforgalmú közlekedés és az áruforgalom irányítási rendszerének konfliktusai • üzletek együttműködési készsége nem kielégítő



3. ábra: A csepeli HÉV közlekedési infrastruktúrájának alkalmazási lehetőségei

A vízi közlekedési infrastruktúra felhasználása

Nyugat-Európában is léteznek olyan megoldások, amelyek esetében a városok a kedvező földrajzi adottságaikat kihasználva a városokon keresztül haladó folyóvizet, vagy csatornákat alkalmazzák a városi áruszállításban a belső városrészekbe bejutás megkönnyítése érdekében. Ez az alternatíva a vízi közlekedési infrastruktúra belvárost megközelítő legközvetlenebb beközelítési lehetőségének figyelembevételével a fentebb bemutatott belvárosi kereskedelmi terület kiszolgálására vonatkozik. A javaslat harmonizál az Európai Duna Stratégiával és szinergikus előnyöket eredményez a dunai személyszállítás fejlesztésével. A Duna vízi közlekedési infrastruktúráját felhasználó változat javasolt logisztikai rendszerösszetevőit az alább olvasható táblázat tartalmazza.

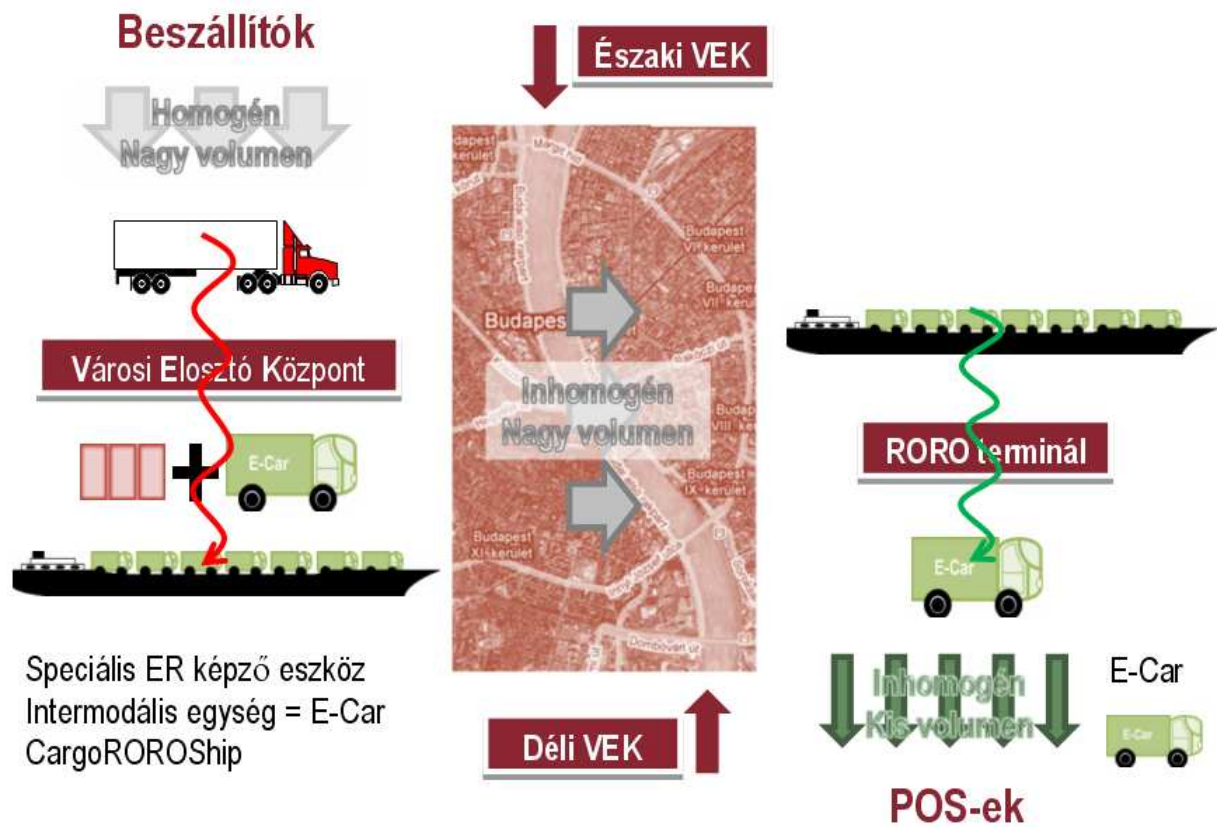
Rendszerelem	Feladat	Alkalmazott technológia
Távolsági áruszállító járművek	Beszállítók áruinak eljuttatása a VEK-ba	Nyerges félpótkocsi, vagy egyéb hagyományos közúti áruszállító járművek
Távolsági közlekedési pálya	Kapcsolat biztosítása a beszállítók központi raktárai és a VEK között	Közúti pálya
Városi elosztó központ (VEK)	Árufogadás, kommissiózás, speciális egységakománnyal képzési feladatok, rakodás, göngyölegkezelés	A Csepeli Szabadkikötő mellett található logisztikai szolgáltató felkészült infrastruktúrája.
Városi áruszállító járművek	Az áruk eljuttatása a belső városi célterület határaitól	Speciális kialakítású elektromos kisáruszállító járművek szállítására alkalmas teherhajók (CargoROROShip)
	Az áruk eljuttatása a belső városi célterületen elhelyezkedő kereskedelmi és szolgáltató vállalatokhoz	Speciális kialakítású, elektromos meghajtású kisáruszállító tehergépkocsik (E-Car)
Városi közlekedési pálya	Kapcsolat a VEK és a VRI között	A Duna
	Kapcsolat biztosítása a VRI és a célterületen elhelyezkedő kereskedelmi és szolgáltató vállalatok között	Közúti/villamos pálya, buszsávok, sétálóutca
Városi rakodóhelyi infrastruktúra (VRI)	A belső városrész nyugati határán lehetővé teszik a speciális RORO bárkákról a speciális elektromos meghajtású kisáruszállító tehergépkocsik le és felhajtását	A belváros pesti oldalán található kikötési pontokon telepített ponton kikötők
	A belső városrészekben lehetővé teszik a kereskedelmi és szolgáltató vállalatoknál az áruk gyors kirakását és a göngyölegkezelést	Előre kijelölt közös rakodóhelyek a belső városrészekben a speciális elektromos meghajtású kisáruszállító tehergépkocsik számára

A városi elosztó központ (VEK) szerepét logisztikai szolgáltatók telephelyei töltik be. A Pilot rendszerben az egypólusú (déli VEK) megoldás lehet javasolt. A megoldás nem zavarja a közforgalmú közlekedés ütemezését, irányítását és forgalmát sem, ezért annak szolgáltatási idején belüli árumozgatás is lehetségessé válhat, az előző verziókkal ellentétben. Az áru belső területeken történő elosztása emisszió-mentes járművekkel történik. Az elektromos járművek

előrakodása a szolgáltató telephelyén történik meg, s így továbbítja a RORO hajó a kikötési pontokra a járműveket. A ponton kikötőkben a járműveknek csupán csak le kell gurulni az áruszállító RORO bárka fedélzetéről, vagyis átrakásra nincsen szükség. Az emisszió-mentes kisáru-szállító járművek a forgalom érzékelhető megzavarása nélkül juttatják el az árukat a kereskedelmi és szolgáltató vállalatokhoz.

A megoldás SWOT analízisét az alábbi táblázat foglalja össze, illetve a rendszermegoldás működési elvét a 4. ábra tartalmazza.

Erősségek	Gyengeségek
<ul style="list-style-type: none"> • környezetkímélő meghajtási módok alkalmazhatósága • a belváros közúti áruforgalmi terhelésének csökkenése • jól látható, attraktív megoldás • meglévő vízi (!) infrastruktúrát használ • relatíve olcsó üzemeltetés • belvárosi célterületek könnyű gyors elérése • nagy tömegű áru eljuttatása a célterületre • szolgáltatási időn belüli áruforgalom lehetséges • belső városrészekben nincs átrakás 	<ul style="list-style-type: none"> • jelentős logisztikai és információs technológiai kihívások • a logisztikai szolgáltató árukezelési infrastruktúráját ki kell alakítani a VEK-ben • az üzletek áruátvételi rendszerének módosítása szükséges • az áruk többszöri átrakásából (VEK) eredő többletköltség (bár ez itt a legkisebb) • beruházás-igényes megoldás
Lehetőségek	Veszélyek
<ul style="list-style-type: none"> • kapcsolódás az Európai Duna Stratégiához • meglévő kapacitások felhasználása • virtuális beszerzési társulások létrehozása 	<ul style="list-style-type: none"> • üzletek együttműködési készsége nem kielégítő • a vízállás változásából eredő problémák



4. ábra: A vízi közlekedés infrastruktúrájának alkalmazási lehetőségei

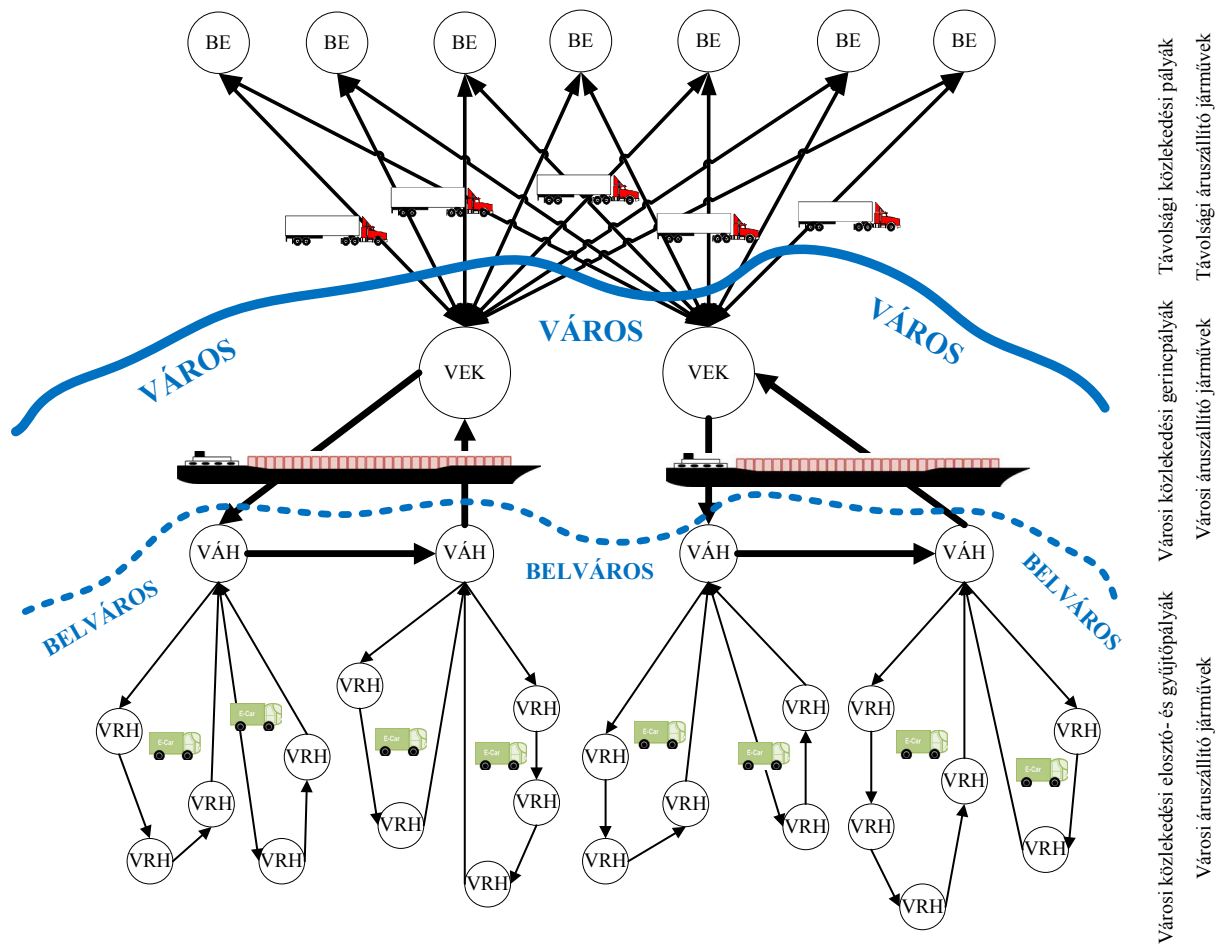
A modellezés alapelvei

Kutatásunk során azt tapasztaltuk, hogy nem készült még olyan átfogó modell, amely alapján az adekvát logisztikai technológiai megoldási változatokat objektív módon össze lehet hasonlítani. A kialakítandó modellben tehát vizsgálni szeretnénk mind a jelenlegi, mind a tervezett rendszer megoldásokra jellemző gyakorlatot. A modellezés alapszem pontjait figyelembe véve tehát a problémát az jelenti, hogy a városmagban elszórtan elhelyezkedő igénypontokat (amelyeknek számossága igen nagy) nem összehangolt módon keresik fel a beszállítók, és nem hogy információcserével racionalizálnák működésüket – kihasználva a kooperáció nyújtotta lehetőségeket – hanem általában kifejezetten konkuráló magatartást mutatnak. Kutatásaink alapján azt feltételezzük, hogy az igények kielégítése így az optimálistól eltérő anyagmozgatási és menetteljesítmények mellett történik, azaz veszteségek keletkeznek, amelyek felesleges költségeket generálnak a rendszerben. A veszteségek fő okai abban kereshetők, hogy a beszállítók általában azonos igénypontokra, hasonló típusú árukat egymástól függetlenül üzemeltetett logisztikai rendszerek alkalmazása mellett szállítanak be. A szállítási láncok tulajdonságai jó esetben igazodnak a város által jelenleg alkalmazott szabályozási rendszerhez, azonban nem használják ki a városban rejlő előnyös lehetőségeket (pl. Duna), illetve általában nem integrált megoldásokat alkalmaznak, hanem tisztán közúti áruszállításon alapulókat; nem is beszélve a szállítási láncokhoz kapcsolódó egyedi raktározási megoldásokról.

A modellezendő city logisztikai megoldások alapvető közös csomóponti elemei a beszállítók telephelyei (BE), a városi elosztó központok (VEK), a városi átrakóhelyek (VÁH), valamint a városi rakodóhelyek (VRH), amelyek az egyes megoldásokban változó számban alkalmazhatók és elhelyezkedésük is eltérő lehet. A VÁH-ek és a VRH-ek együttesen az előző rendszertechnikai összefoglalóban a VRI, azaz a városi rakodóhelyi infrastruktúra rendszerét alkotják, amit a modellezés szempontjából mindenképpen érdemes tovább bontani. A megoldások további változói az alkalmazott távolsági és városi áruszállítási megoldások (Bóna, 2011b; Bóna, 2011c), melyekhez eltérő pálya-jármű kombinációk tartozhatnak. A modellezés során tehát egy hálózatot építünk fel, melyet gráf formájában ábrázolunk (ezt mutatja be a következő táblázat). A modellezési logika előnye, hogy segítségével a jelenlegi helyzet modellezésére is lehetőség nyílik, így egy modellen belül összehasonlítható a jelenlegi és a tervezett állapot.

Rendszerelem	Modellben	Jármű	Feladat
Beszállítók telephelyei (BE)	Csomópontok		Az áruk forrásai
Távolsági közlekedési pályák	Élek	Távolsági áruszállító járművek	Nagymennyiségű homogén áruk városi konszolidációs központba való bejuttatása
Városi elosztó központok (VEK)	Csomópontok		Konszolidáció
Városi közlekedési gerincpályák	Élek	Városi áruszállító járművek	Nagymennyiségű inhomogén áruk átrakóhelyekhez történő eljuttatása
Városi átrakóhelyek (VÁH)	Csomópontok		Gyors átrakás az iránynak megfelelően
Városi közlekedési elosztó- és gyűjtőpályák	Élek	Városi áruszállító járművek	Kismennyiségű inhomogén áruterítés megvalósítása
Városi rakodóhelyek (VRH)	Csomópontok		Nyelők, kapcsolat az igénypontokkal

Az 5. ábrán példaképpen bemutatunk egy olyan lehetséges city logisztikai rendszer megoldást, amelynek modellje a fentebb bemutatott elvek alapján került kialakításra. Ebben az elképzelésben Budapest azon előnyös tulajdonságát használjuk ki, hogy a várost keresztülzeli egy olyan vízi közlekedésre alkalmas lehetőség (a Duna), amelyet városi közlekedési gerincpályaként használhatunk, és megfelelően kiépített infrastruktúra, valamint városi gerincvonalai áruszállító technológia (pl. speciális városi kiskonténerek, kisteherautók, valamint azok szállítására alkalmas önrakodó cargohajó) alkalmazása esetén alkalmas lehet a nagy mennyiségű inhomogén áruféleségek városi elosztó központoktól városi átrakó helyekhez történő hatékony továbbítására. A bemutatott rendszer megoldásban a konszolidált inhomogén áruféleségek igénypontokhoz történő eljuttatását, valamint göngyölegek, illetve hulladékok visszagyűjtését elektromos kisáru szállító járművek segítségével hajtjuk végre. Az első látásra utópisztikusnak tűnő megoldás valójában komoly realitással bír. Többek között az általunk épített modell adhat választ több olyan kérdésre is, amely megalapozhat számos jövőbeli, az előbb vázolt rendszer pilot szintű megvalósításával kapcsolatos döntést.



5. ábra: Egy Dunán alapuló modellezett city-logisztikai rendszermegoldás

Várható hatások

Az egyes változatok közötti különbségek és hatások mértékének összehasonlítása nem egyszerű feladat. Ennek első lépése a vizsgálandó tényezők rendszerezése, amelyek alapvető és meghatározó hatást gyakorolnak a városellátás hatékonyságára. Modellünk a logisztikai költségek vizsgálatára koncentrál, amelyeket a logisztikai teljesítmények alapján vezetünk le. Első lépésben az operáció közeli tényezőkre koncentrálunk, de célunk olyan modell felépítése, amely nyílt, s így későbbiekben további (nem feltétlen operáció közeli) költségek is beépíthetők lesznek. Az egyszerűség kedvéért a rakodással, szállítással és tárolással kapcsolatos költségeket azonosítjuk a modellezett hálózaton. Nem számolunk a beruházási költségekkel, csak a rendszer folyamatos üzemeltetésével kapcsolatos, jellemzően az infrastruktúra, illetve a végrehajtandó feladatok által generált fix és változó költségekkel. Ezekből az összetevőkből állnak össze a következő táblázatban „C”-vel jelölt költségtényezők, illetve az (1) költségfüggvény. A táblázatban []-lel jelölt tárolási költségek

feltételeken értelmezendők, azaz bizonyos esetekben kell velük számolni (pl. ha az átrakóhelynek tárolási funkciója is van), bizonyos esetekben viszont elhagyhatók (pl. az átrakóhelyen csak rakodási operáció van).

Rendszerelem	Rakodás	Szállítás	Tárolás
Beszállítók telephelyei (BE)	C_h^R		$[C_h^T]$
Távolsági közlekedési pályák		C_{hi}^S	
Városi elosztó központok (VEK)	C_i^R		C_i^T
Városi közlekedési gerincpályák		C_{ij}^S	
Átrakóhelyek (VÁH)	C_j^R		$[C_j^T]$
Városi közlekedési elosztó- és gyűjtőpályák		C_{jk}^S	
Városi rakodóhelyek (VRH)	C_k^R		

$$(1) \quad C = \sum_{h=1}^X (C_h^R + [C_h^T]) + \sum_{h=1}^X \sum_{i=1}^Y C_{hi}^S + \sum_{i=1}^Y (C_i^R + C_i^T) + \sum_{i=1}^Y \sum_{j=1}^Z C_{ij}^S + \sum_{j=1}^Z (C_j^R + [C_j^T]) + \sum_{j=1}^Z \sum_{k=1}^V C_{jk}^S + \sum_{k=1}^V C_k^R$$

A szállítási hálózat oldaláról a szállítási feladatok végrehajtása során menet-, illetve szállítási teljesítmények generálódnak, illetve a költségek számítása során ezek mellett figyelembe vehetők az áruszállítás externális költségei, valamint a szállító járművek üzemeltetésével, a pályahasználattal és a környezetterheléssel kapcsolatos egyéb fix és változó költségek is.

A csomópontokon jelentkező feladatok végrehajtása által generálódó teljesítmény szükséglet az árufogadáshoz, a konszolidációhoz (árúk igénypontok és áruféleségek szerinti összecsoportosítása), az egységakompany-képzéshez, a járművek megrakásához, illetve a cross-dockinghoz, valamint az átrakáshoz és célpontokon történő lerakáshoz, továbbá a hulladék és göngyölegkezeléshez köthetők. A rakodási és tárolási költségek számításakor az ezek által, illetve az infrastruktúra használatából eredő fix és változó költségekből célszerű kiindulni.

Fentiekén túl számos egyéb mutatószám vizsgálható, amely az átfutási időkhöz, az infrastruktúra szükségletehez (pl. járműszám, konszolidációs központok, átrakók, rakodóhelyek száma), valamint a rendszerben képződő készletekhez és a megbízhatósághoz is köthetők. Arra vonatkozóan, hogy mely költségtényezők, illetve mutatószámok tekintetében milyen változások várhatók, egyelőre csak előzetes becslések adhatók. A city logisztikai megoldások kapcsán a jelenlegi megoldásokhoz képest a racionalizált szállítási rendszer miatt

várható pl. a szállítási és menetteljesítmények csökkenése, ezáltal a szállítással kapcsolatos költségek, externális költségek, illetve a környezetterheléssel kapcsolatos költségek csökkenése, azonban az összetett rakodási és anyagkezelési műveletek következtében a rakodási, anyagmozgatási költségek, s a raktározási költségek növekedése nem kizárt.

Előzetes nagyságrendi számítások

A modell egy esetleges city logisztikai pilot projekt megvalósítását hivatott alátámasztani. A kiszorgálandó terület határa ehhez a Nagykörút és a Duna (ez tartalmazza az egész V. kerületet és a VI., VII., VIII. és IX. kerületek egyes részeit), a köztük lévő térség FMCG üzletei képezik az igénypontokat. Három tervváltozatot (1 db VEK, tiszta közúti szállítás/vasúti ránhordás/vízi ránhordás) mutatunk be az előzetes hatások becsléséhez a legalapvetőbb mutatószám, a menetteljesítmény példáján, mely többek között alapját képezi az externális és szállítási költségeknek. Ennek becslése a következő adatok alapján történt:

- N: igénypontok száma [termekmix.hu, 2009];
- h: az igénypontok átlagos távolsága a VEK-től;
Mivel az igénypontok feltételezeten véletlenszerűen, egyenletes eloszlással helyezkednek el a kiszorgált területen, a kiszorgált terület geometriai középpontjának távolsága egy célszerűen megválasztott, déli elhelyezkedésű logisztikai központtól (Csepel Szabadkikötő).
- C: egy jármű maximálisan megengedett megállóinak a száma a rakodási és utazási időktől függően;
- A: a kiszorgált terület nagysága;
- δ : az igénypontok sűrűsége: $\delta=N/A$;
- L: a járművek által összesen megtett úthossz, amely számítandó paraméter.

Egy városi elosztó központ, közúti szállítás

A tervezett rendszer megoldás központosított elosztására a következő képletet illesztettük (Robuste et al, 1990):

$$(2) \quad L = 2h \frac{N}{C} + 0.57N\delta^{-\frac{1}{2}}$$

Tiszta közúti szállítás esetében a számítandó költségek:

$$(3) \quad C = \sum_{h=1}^X (C_h^R + [C_h^T]) + \sum_{h=1}^X (C_{hi}^S) + C_i^R + C_i^T + \sum_{k=1}^V (C_{ik}^S) + \sum_{k=1}^V C_k^R$$

Egy városi elosztó központ, vízi ráhordás

Vízi ráhordás esetében a belvárosi egységek kiszolgálása a városi átrakóhelyekről történik. Módosul a (2) képlet, ugyanis a VEK és VÁH között oda-vissza egyszer kell megtenni az utat, így:

$$(4) \quad L = 2h + 0.57N\delta^{-\frac{1}{2}}$$

Egy városi elosztó központ, vasúti ráhordás

Vasúti ráhordás esetében HÉV-vel a kiszorgálandó terület déli határán levő VÁH-ig tudjuk szállítani az árukat. A Csepeli Szabadkikötő és a VÁH közti távolság kb. 3 km, melyet szintén elegendő egyszer oda-vissza megtenni. Onnan közúti áruszállító járművek terítik szét az árukat, így ennyivel kevesebbet kell megtenniük minden járat alkalmával. Képlettel kifejezve:

$$(5) \quad L = 2 \cdot 3 + 2(h - 3)\frac{N}{C} + 0.57N\delta^{-\frac{1}{2}}$$

Mind vasúti, mind a vízi ráhordás esetén a költségfüggvény:

$$(6) \quad C = \sum_{h=1}^X (C_h^R + [C_h^T]) + \sum_{h=1}^X (C_{hi}^S) + C_i^R + C_i^T + \sum_{j=1}^Z (C_{ij}^S) + \sum_{j=1}^Z (C_j^R + [C_j^T]) \\ + \sum_{j=1}^Z \sum_{k=1}^V C_{jk}^S + \sum_{k=1}^V C_k^R$$

A jelenlegi rendszer

Az összehasonlítás szempontjából elengedhetetlen a város jelenlegi áruellátásának modellezése. A meneteljesítmény meghatározása (Stein, 1978) alapján:

$$(7) \quad L = n \cdot 0.75(NA)^{\frac{1}{2}}$$

- N: az egy járművel érintett belvárosi igénypontok száma jelenleg
- n: a belváros kiszolgálására jelenleg alkalmazott járművek száma

$$(8) \quad C = \sum_{h=1}^X (C_h^R + [[C]_h^T]) + \sum_{h=1}^X (C_{hk}^S) + \sum_{k=1}^V C_k^R$$

Számításaink szerint egy elosztó központból szétterítve ugyanazt az árumennyiséget, a mostani, kalkulált úthosszt legalább a harmadával lehetne csökkenteni. További megtakarítások érhetőek el, ha a VEK és a városmag közötti utat oda-vissza nem közúton tesszük meg (ezt a (2) egyenletben a $2h N/C$ taggal fejeztük ki), hanem a kiszorgált terület

széléig vasúton, egyetlen szerelvényvel, vagy hajóval a kiszolgált terület belsejéig eljutva, a terítést onnan végezve.

A disztribúciós költségek csökkentése a fenti módon elérhető, azonban a VEK-ek készletfeltöltési költségeiről sem szabad megfeledkeznünk. A beszállítóknak ugyanis el kell juttatniuk a termékeiket a VEK-ekbe. Ahhoz, hogy ez ne rontson a rendszer hatékonyságán, a VEK-ek elhelyezkedését egy centrumkeresési problémaként célszerű megoldani. Egyértelműnek látszik, hogy egyetlen, a város külső részén lévő elosztó központ esetében az agglomeráció VEK felőli irányából érkező beszállítóknál érhető el jelentős úthosszcsoökkentés. Egyre több konszolidációs központ alkalmazásával egyre jobban lefedhető a terület. A peremkerületeken is hasonló a helyzet. Nyitott kérdés marad viszont a belvárosi telephelyű beszállítók kérdése, azaz, hogy az ő csatlakozásuk mikor éri meg globálisan? Bár hozzá kell tenni, hogy az előzetes felmérések alapján ezeknek száma általában nem jelentős.

További feladatok

A logisztikai teljesítményekből származó fajlagos költségek pontosítása talán a legnagyobb kihívás, ami a modell alkalmazását elősegítheti (Nagy, Duma, 2010). A meglévő paraméterek mellett később az externális költségeket is be kell vonni a modellbe, mert a city logisztikai megoldások fontos célja a környezetterhelés csökkentése és az élıhetőség növelése. A modell finomítása során adódó új eredmények rámutathatnak egy adott tervváltozat jóságára, a budapesti áruellátás adott körülményekhez illesztett optimális megoldására.

Irodalomjegyzék

- [1] Bóna Krisztián, Bakos András, 2011: *Budapest city logisztika? Lehetséges!* Logisztikai Híradó, 2011/2. pp. 18-25.
- [2] Bóna, 2011a: *Külföldi városellátási gyakorlatok tapasztalatai a magyarországi nagyvárosokban történő alkalmazhatóság szempontjából*, MLE Logisztikai Évkönyv, 2011
- [3] Bóna, 2011b: *Korszerű technológiai megoldások a városközpontok áruellátásának szervezésében - 3. rész*, Tranzit magazin, 2011
- [4] Bóna, 2011c: *Korszerű technológiai megoldások a városközpontok áruellátásának szervezésében - 4. rész*, Tranzit magazin, 2011
- [5] www.termekmix.hu, 2009-es felmérés
- [6] D. M. Stein, 1978: *An asymptotic probabilistic analysis of a routing problem*. Math. Ops Res. 3. pp. 89-101.
- [7] F. Robuste, C. F. Daganzo, R. R. Souleyrette, 1990: *Implementing vehicle routing models*. Transportation Res. B 24B. pp 263-286.
- [8] Nagy Piroska, Duma László, 2010: *Az elektronikus kereskedelem és a city logisztika – Eltérő eredet, azonos megoldások?* Logisztikai Híradó 2010/1. pp. 18-22.