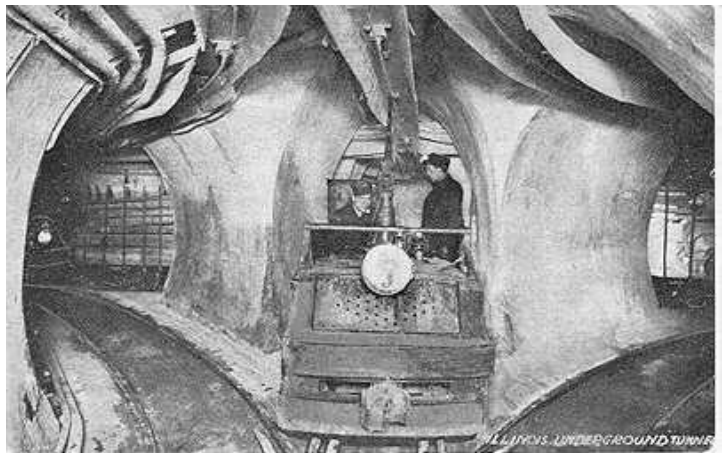
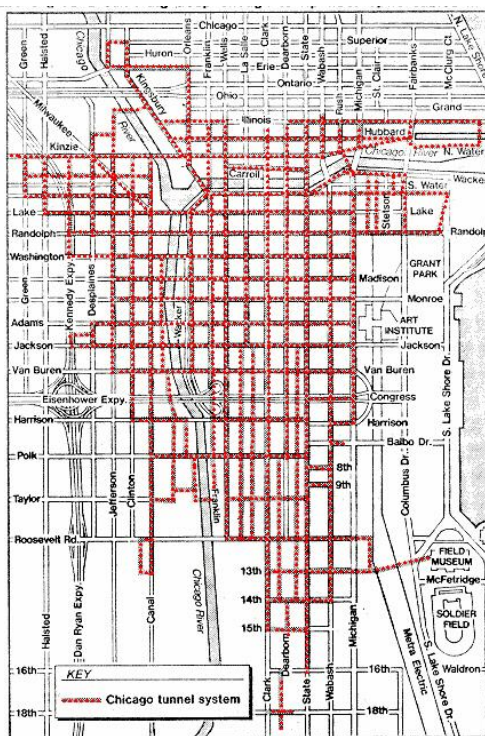


Korszerű technológiai megoldások a városközpontok áruellátásának szervezésében – 5. rész

A cikksorozat előző részében elsősorban a nagyvárosok környezeti adottságait kihasználó city-logisztikai megoldásokkal találkozhattunk. A történelmi múltra visszatekintő európai nagyvárosokat kevés kivételtől eltekintve valamilyen vízfelület közelében alapították, hiszen a víz = élet, s problémás lett volna ivóvizet távolról szállítani, továbbá az egyéb logisztikai szempontok sem hagyhatók figyelmen kívül. A vízi utak manapság is a városok hasznára válnak, ahogy láttuk. A XXI. századi városok egyik legnagyobb problémája a zsúfoltság, a szűkös rendelkezésre álló terület. Annak érdekében, hogy a közlekedés ne zavarja a városban lakókat, s területet (életteret) lehessen nyerni, a közúti forgalmat a föld alá terelték sok helyen. Erre is láttunk példát az előző cikkben a helsinki KEHU képében. De miért ne lehetne hasonlóan a személyszállításhoz speciálisan, az áruszállítás céljából alagútrendszereket kialakítani a városközpontok alatt, és miért ne bonyolódhatna le ezekben az alagutakban félautomata, vagy teljesen automatizált módon az áruforgalom? Sőt, a felszínt kímélendő, felfelé is lehet terjeszkedni! Kétségtelenül meglehetősen költséges és sok technológiai kihívással járó megoldások ezek (ezért a sci-fi kategóriába sorolás), mégis találunk precedenst ilyen rendszerekre, méghozzá a múlt század elejéről is!

Az elődök

Chicago városában még 1899-ben fúrtak alagúthálózatot a belváros alá, amit az eredetileg elképzelt telefonkábelek mellett vasúti sínekkel szereltek fel, az először fogaskerék-hajtással, majd felsővezetékes elektromos hajtással működő mini szerelvények közlekedtetésére. 1906-tól rendszeres áruforgalom volt az alagútrendszerben (aminek az 1910-es állapotát mutatja az 1. ábra).



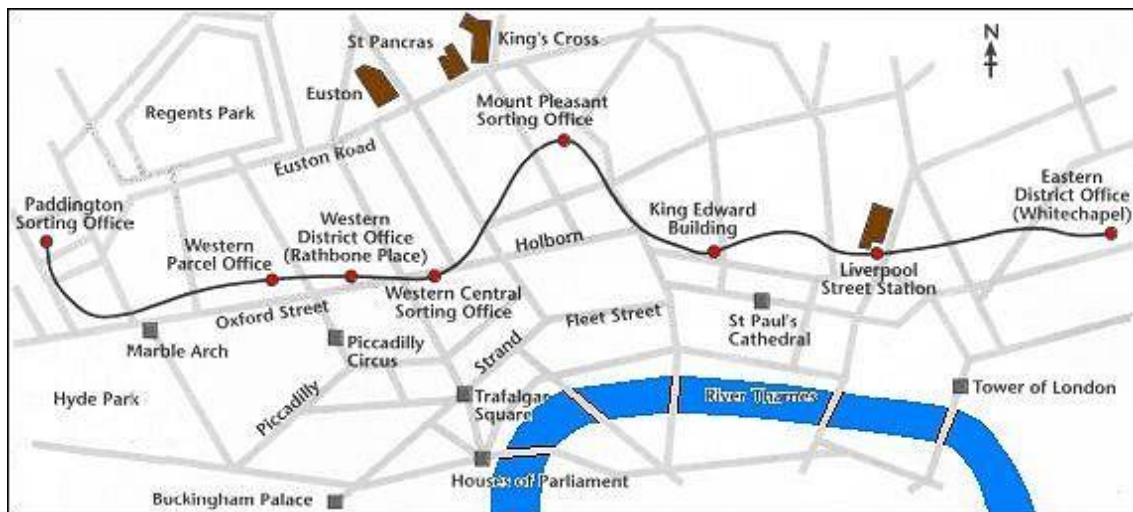
1. ábra: Chicago alagútrendszere (1910), illetve az alagút üzem közben



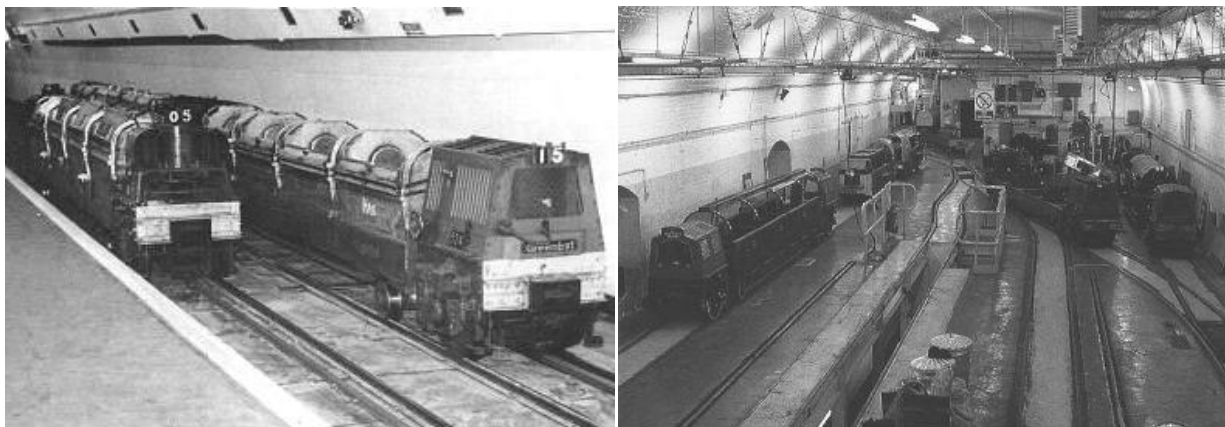
2. ábra: Depó a föld alatt

Az alagúthálózat közel 60 mérföldnyi hosszú volt, szinte az összes jelentős utca alatt futott. A szállított áru a kereskedelmi javak mellett levélforgalomból és szénből állt, átlagosan napi 5000 teherautónyi mennyiségű forgalmat kiváltva. Az üzemeltető Chicago Tunnel Company, mivel nem tudott megfelelően nagyszámú kapcsolatot létesíteni a felszínen tevékenykedő ügyfeleivel folyamatosan anyagi gondokkal küzdött. Sajnos ezek miatt kevésbé volt ismert az alagútrendszer által elérhetővé tett szolgáltatás. A működését (a már meglévő alagútrendszerrel egy szinten lévő) 1943-ban megkezdő metróvonal útját állta a további terjeszkedésnek, és az autók térnyerésével együtt ez megpecsételte a földalatti áruszállítás sorsát, ami 1959-ig működött még.

A chicagói rendszerből ihletet merítve **Londonban** is működtettek hasonló alagútrendszert. 1927-től az angol posta alkalmazott vezető nélküli szerelvényeket levelek és csomagküldemények szállítására a válogató központok között. Ez a rendszer egyetlen vonalból állt (de több szárnyvonalal is tervezték bővíteni) és korlátozott volt a „felhasználók” köre, tekintve, hogy belső folyamatok kiszolgálására alakították ki, mégis olyan sikeres volt, hogy egészen 2003-ig működött. A működés utolsó éveiben több esetben is felmerült a rendszer működési sajátosságainak és használatának kiterjesztése az áruszállítási forgalom számára. Erre kísérletet is tettek, de végül abbamaradtak a próbálkozások. A hálózatot a 3. ábra az alkalmazott szerelvényeket, illetve a karbantartó állomást pedig a 4. ábra mutatja be.



3. ábra: A MailRail rendszer hálózata Londonban



4. ábra: A MailRail: a régi és a modern szerelvény

Sci-fi

Kronológiailag ezzel el is érkeztünk a „sci-fi” kezdetéhez. A múlt század végén elindult néhány olyan projekt, amely bár még messze van attól, hogy világszerte elterjedt áruszállítási megoldás legyen, de a technológiai fejlődés miatt úgy tűnik, jó úton halad ebbe az irányba. Sok érdekes tulajdonsága mellett talán két-három meghatározó tényezője van ezeknek az elképzeléseknek:

- a földfelszín alatt vagy felett helyezkedik el a közlekedési pálya, tehermentesítve ezzel a sűrűn lakott területeket,
- a földfelszín alatti megoldások esetében az árukezelés infrastruktúrája (pl. átrakó helyek) szintén föld alá került,
- jellemzően automatizált módon, emberi beavatkozást inkább csak karbantartási műveleteknél igényelve történik az áruszállítás és árukezelés (pl. rakodás, átrakás).

Ha megfigyeljük a fentebb bemutatott megoldásokkal szembeni fő különbségeket, akkor azt tapasztalhatjuk, hogy a legújabb megoldások esetében mind az árutovábbítás, mind az árukezelés gyakorlatilag teljesen automatikusan történik, egy korszerű automatizált irányítási háttérrendszer alkalmazásával. Az alább bemutatásra kerülő három megoldás ezekre mutat be példákat.

CargoCap

A kutatási projektek közül kiemelkedik a német CargoCap koncepció, amelynek a megvalósítása nagy kihívás, sok akadályt és nehézséget kell még a végső implementálásig elhárítani, viszont nagyon jó megoldást jelenthet az alapvető városellátási, környezetszennyezési, illetve (a növekvő termelési munkamegosztás következtében) a vállalatok számára egyre nagyobb kockázati tényezővé váló áruszállítási problémák kiküszöbölésére is. A CargoCap áruszállítási rendszer koncepcióját a nagy forgalmú gazdasági térségek (régiók) kisebb (legfeljebb 150 km) távolságú, helyi, illetve körzeti áruszállítási feladatainak megoldására fejlesztették ki. A rendszer fejlesztésével kapcsolatos kutatásokat még 1998-ban kezdte meg a Ruhr-Universität Bochum Dietrich Stein professzor vezetésével az Észak-Rajna-Vesztfália Tartományi Oktatási Tudományos és Kutatási Minisztérium megbízásából. A feladat egy új, hatékony, környezetbarát, viszonylag rövid idő alatt megvalósítható áruszállítási alternatíva kifejlesztése volt. A kutatások eredményeként született meg a CargoCap rendszer koncepciója. A rendszerkonceptió célszerű megvalósíthatóságát azóta műszaki, gazdasági és jogi szempontból egyaránt igazolták. A rendszer fejlesztése jelenleg is folyamatban van.

A CargoCap rendszer lényege, hogy 1600 mm átmérőjű, földalatti csővezeték hálózatban, egyedi hajtású számítógépes vezérlésű, zéró emissziójú kapszulákban szállítják a rakodólapos egységgrakományokat. Egy kapszulában (5. ábra) két, 800x1200x1050 mm befoglaló méretű, szabványos Euro-rakodólapon képzett egységgrakomány szállítható kb.40 km/h sebességgel. Kis küldeménynagyság esetén (pl. kiskereskedelmi üzletek áruellátása) a szállítást egyetlen kapszulával végzik. Nagyobb árumennyiség esetében virtuális vonatok képezhetők, a kapszulák meghatározott térközoeket kihagyva követhetik egymást. A követési folyamatot elektronikus úton szabályozzák. A hálózatba beépített váltórendszer lehetővé teszi becsatlakozások, leágazások kialakítását is. A rakodólapos rakományok kapszulákhoz való szállítása, illetve onnan való elszállítása a rakodólapos szállítás hagyományos eszközeivel, indukciós targoncákkal, görgős pályákkal, szállító láncpályákkal vagy átadó kocsikkal történhet. A meg- és kirakóhelyek, valamint a földfelszín közötti kapcsolatot vertikális szállítóberendezések biztosítják.



5. ábra: A CargoCap kapszula és rakománya

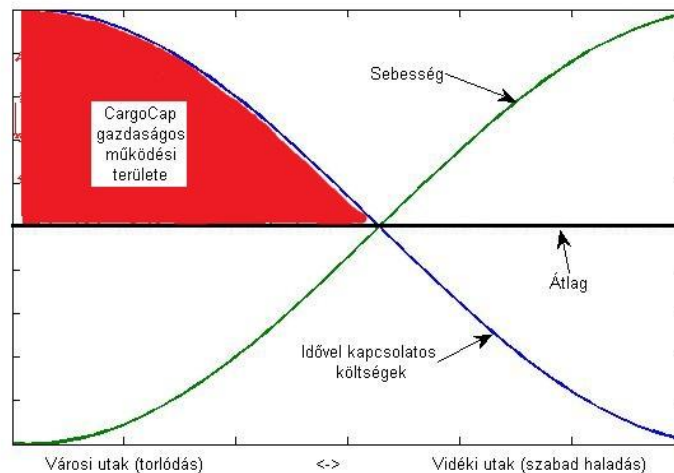
A csővezeték hálózat a felszíni forgalom zavarása nélkül, korszerű, ásás nélküli technológiával, viszonylag gyorsan, környezetbarát módon alakítható ki. A számítógépes vezérlésű fúrópajzs cm-es pontossággal tud naponta 15-20 métert előre haladni. A CargoCap rendszert elsősorban olyan viszonylag nagy értékű küldemények (pl. élelmiszerek, egyéb fogyasztási és iparcikkek) gazdasági körzeteken (régiókon) belüli továbbítására célszerű alkalmazni, amelyekkel kapcsolatban magas szintű követelményeket támasztanak a szállítás gyorsasága és megbízhatósága tekintetében.

Az első konkrét tervek a Ruhr vidéken egy 80km hosszú vonalra vonatkoznak, amely később a Rajna menti térség felé lenne tovább bővíthető. A vonal a bővítés után Dortmund, Essen, Duisburg, Köln, Düsseldorf városok alatt haladna át. Kettős csővezeték létesítenének, ami körforgalom szervezését tenné lehetővé. A Ruhr vidéken 24 állomás kialakítását tervezik, amelyek a belső városrészekben a föld alatt helyezkednének el, de azokon a helyeken, ahol elegendő hely áll rendelkezésre - a kisebb létesítési költségigény - miatt felszíni állomások létesítését is javasolják. 2004 végén a Ruhr Universitát Bochum és a Projekt Ruhr GmbH három neves német kutatóintézet részére adott megbízást annak vizsgálatára, hogy a Ruhr vidéken Dortmund és Duisburg között kiépítendő, 24 állomást magában foglaló 80 km hosszú szakasz üzemeltetése gazdaságos alternatívát jelent-e a hagyományos közúti darabáru szállítással szemben. A szakértők arra az eredményre jutottak, hogy a CargoCap rendszer lényegesen kisebb üzemeltetési költségei következtében elérhető költségmegtakarítások hosszú távon kiegyenlíti a hagyományos közúti szállításhoz képest felmerülő nagyobb beruházási költségeket, így az összköltségek tekintetében a két rendszer üzemgazdasági szempontból lényegében azonosnak tekinthető. A közúti fuvarozást egyre szélesebb körű útdíj fizetésre kötelezik: a fizetésre kötelezett tehergépkocsi össztömegének alsó határa, és az ingyenesen használható útszakaszok mennyisége (már városokban is)

egyre csökken. Emiatt és a forgalmi torlódások miatt a közúti áruszállítás idővel kapcsolatos költségei a forgalmas városi övezetekben magasak. Ezt tervezi kihasználni a CargoCap – nem véletlen, hogy Németország legnagyobb ipari régiójában vetették fel az alkalmazásának az ötletét, ahol viszonylag kis területen hatalmas mennyiségű (teher)forgalom bonyolódik le (6. ábra). A CargoCap rendszer további előnyei a nemzetgazdaság és a régió számára a közutak tehermentesítéséből adódnak. Csökken a zaj- és a légszennyezés, csökken a közúti balesetek száma.

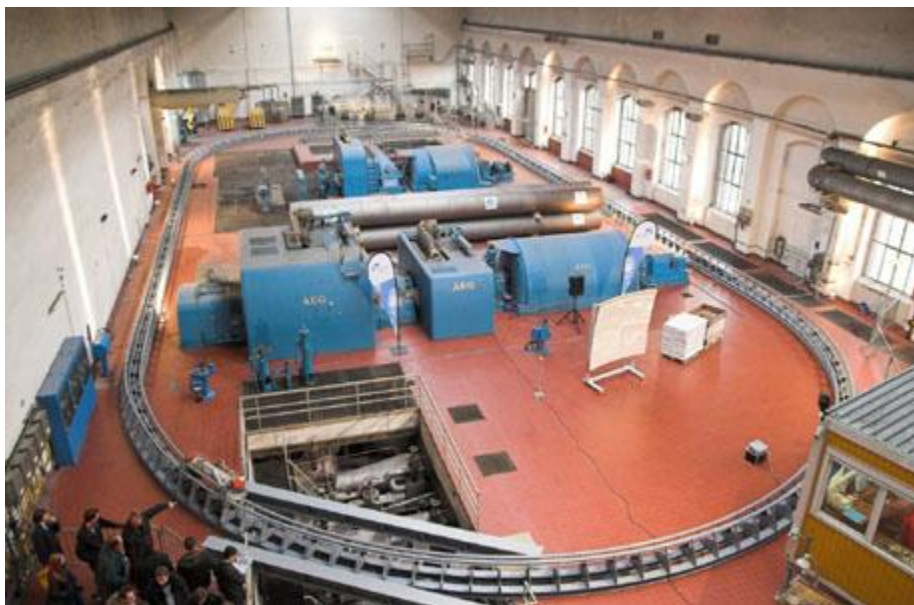
Átlagos útdíj [EUR/járműkm] (Németország)			
	nehéz tgg.	könnyű tgg.	szgk.
autópálya	0,15	0,0375	0,015
országút	0,425	0,095	0,05
összesen	0,2	0,055	0,025

1. táblázat: Átlagos útdíjak Németországban



6. ábra: A CargoCap gazdaságos működésének a területe

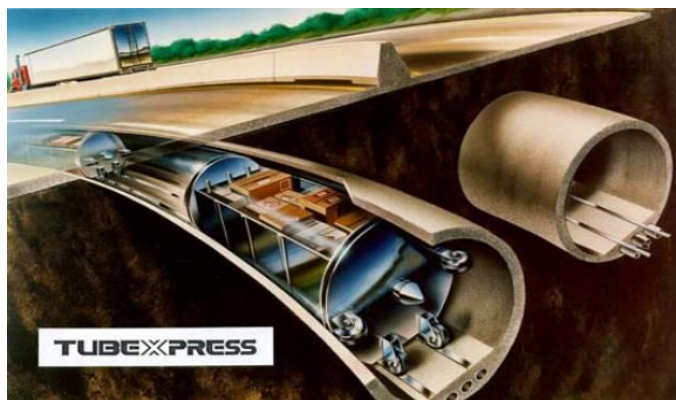
2004-ben a Ruhr Universität Bochumon megkezdtek az 1:2 méretarányú kísérleti pálya kiépítését (7. ábra). Ezen hajtották végre az első kísérleti szállításokat, és próbálták ki a különböző üzemeltetési koncepciókat. A kísérleti programban szerepelt még a számítógépes járművezérlés, a kommunikáció, a járműkövetés megoldása, a rendszer működésének a szimulációja, valamint a váltó konstrukció kifejlesztése is. Különböző szakmai folyóiratokban, interneten, sőt még televízión is meg-megjelenik a CargoCap, de a kívánt áttörés, a megvalósításhoz szükséges tőkét biztosító beruházók megnyerése eddig még elmaradt.



7. ábra: Kísérleti pályaszakasz

Tubexpress

Egy másik, a CargoCaphez hasonló említésre méltó kutatás az amerikai Tubexpress koncepció (8. ábra), ahol túlnyomás alatt a kapszulák szorosan az alagút falához simulnának (így az ütközéseket a két kapszula közötti szabályozott nyomás akadályozná meg). Az ötlet nem új, azonban a rendszer megvalósíthatóságát egy technológiai innovációnak köszönheti: a kapszulákat nem levegővel hajtják, hanem lineáris indukciós (vagy szinkron) motorral, ami nagyságrendekkel megnövelte a rendszer teljesítőképességét és így az reális alternatívája lett a közúti áruszállításnak. A tervezett rendszer nagy, 100 km/h sebességgel szállítaná a kapszulákat, ezzel 1875 kapszula/óra lenne a teljesítőképessége, ami 16500 tonna óránkénti átlagos tömegkihasználás mellett. A termináli, illetve vonali váltásokat elektromágneses úton valósítanák meg. A CargoCaphez hasonlóan oldanák meg a kiszolgáló logisztikai rendszer kialakítását: targoncákkal és folyamatos működésű anyagmozgató gépekkel, potenciálisan automatikus raktári rendszerekkel való összeköttetéssel. Kutatásaink alapján jelenleg az mondható, hogy a Tubexpress valószínűleg csupán vízió maradt, a konkrét megvalósítás felé nem léptek a mérnökök, pedig a nehéz tehergépkocsi forgalom ilyen földalatti kapszulákkal történő helyettesítése csökkentené a közúti balesetek számát, az utak elhasználódását, a torlódásokat, az energiafelhasználást, a zajterhelést, és – a rendszer zárt volta miatt – a lopásból, dézsmálásból eredő károkat.

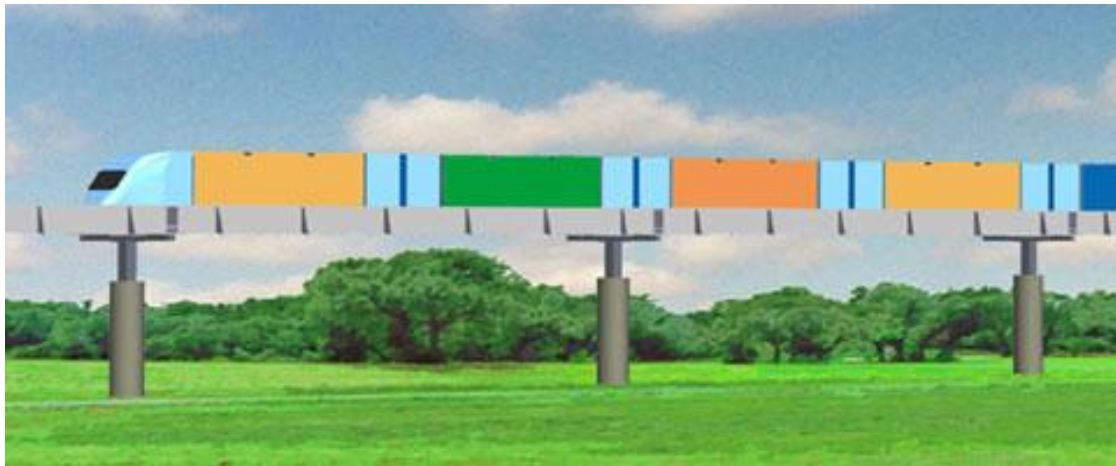


8. ábra: A Tubexpress

A Tubexpress és a hasonló kezdeményezések a felsoroltakon kívül is sok előnyt is magukénak tudhatnak a jelenleg vezető szállítási ágazatokkal szemben (pl. az automatizáltságból adódóan a megbízható, pontos szállítások, amelyek a JIT elv széleskörű alkalmazását teszik lehetővé, ezzel a vállalatok egész logisztikai rendszerét módosíthatják), azonban pusztán piaci alapon egyelőre nem versenyképesek azokkal. A magas beruházási költségek, a jogi szabályozás hiánya és a siker bizonytalansága miatt eddig nem született olyan megoldás, ami az egész Földön, de akár csak országosan elterjedt volna.

CargoRail

Amint azt már említettük, a fejlődés másik ága a „felfelé terjeszkedés”, a felszín fölötti tér meghódítása. Több kísérlet is létezik a személyszállító, mágneses, illetve gumikerekes elven működő magasvasutak mintájára hasonló áruszállító rendszerek kifejlesztésére. Ezek közül az amerikai CargoRail fogja vizsgálatunk tárgyát képezni. A CargoRail tehát felszín feletti áruszállítást tesz lehetővé (9. ábra). Rakománya lehet két 20 lábas vagy egy 40 lábas konténer, de akár nyerges vontató is a távolsági forgalomban, kb. 30 tonna hasznos tömegig. 120 km/h-ás sebességre képes rakománnyal együtt. Irányonként 5000 konténer óránkénti kapacitással rendelkezne a számítások szerint a CargoRail – ez több mint kétszerese a közúti teherforgalom kapacitásának. A közúti forgalom erre az ágazatra terelésével a CargoRail nagy kapacitása miatt jelentősen csökkenne a torlódások száma és az útburkolat elhasználódása is. A vasúti infrastruktúra sűrűségéből adódóan közúti rá- és elfuvarozás azonban szükséges marad továbbra is. Természetesen a fejlesztés nem korlátozódik csak az áruszállításra, továbbá a „nehézáruszállító” CargoRail mellett személy, illetve a városellátásban jobban alkalmazható „kisáruáruszállító” változata is kifejlesztésre került a rendszernek.



9. ábra: A CargoRail látványterve

A 10. ábra mutatja az alkalmazott szerkezet kialakítását, illetve a rakodás tervezett módját. A bal oldalon látható az üres póre kocsí, rajta a záró sapkákkal, amelyek rásimulnak a rakfelületre a jobb légellenállás kedvéért. Amikor egy konténert szeretnénk a rakfelületre helyezni, a sapkák szétnyílnak, utat engedve a rakománynak, majd amikor az már a helyén van, összezárva rögzítik azt. Ebben az állapotban történik a szállítás is, így csökkentve a légellenállást rakott menet közben is.



10. ábra: A CargoRail rakodása konténerrel

A technológiai kialakítása magában foglalja az időjárásnak ellenálló alkatrészeket, a vandalizmus- és földrengésbiztos kivitelezést, valamint az automatikus vezérlést és redundáns energiaellátást áramszünet esetére. Az első verziók hagyományos, emberi vezetésű szerelvények lennének, később áttérnének a teljesen automatizált vonatokra a költségek csökkentése és a nagyobb járatsűrűség miatt. A technológia érdekes elemei a gumikerekek, amelyekkel mint egy közúti járművet lehet irányítani (elektromos vezérléssel) a vonatot. Ennek megfelelően nincsenek mozgó váltók – ez kevés már létező vasúti vonalon bevált technológia. A fejlesztők hibrid, vasúti-közúti járműszerelvényeken is gondolkoznak, amelyek a magasvasúti pályáról letérve a közúton is képesek közlekedni a gumikerekeiken. Ezzel a megoldással intermodális terminálok és kikötők területén oldanák meg a vasúti pályával nem ellátott részekre (részekről) a szállítást.

Összefoglalás

A cikksorozatban felvonultatott megoldásokból jól látszik, hogy a relatíve egyszerűbb logisztikai technológiákat alkalmazó rendszerekre bőven akad példa Európában, de a nagyobb kihívást jelentő megoldások (pl. a közforgalmú infrastruktúra, vagy a természet adta lehetőségek felhasználása) már jóval kisebb számmal képviseltetik magukat. A sci-fi jellegű technológiák esetében pedig szinte egyértelmű, hogy lényegében ahol befogtak ott rendre pilot szinten meg is álltak ezek a fejlesztések. Szinte mindegyik technológia esetében elmondható, hogy EU-s K+F projekteken alapulnak, jelentős költségeket emésztene fel a projekt elején (a pilot rendszermegoldás létrehozásáig), és az esetleges további üzemeltetés során csak sok évvel később térülnek meg a kezdeti beruházások.

Mindemellett a vizsgálatok alapján az is megállapítható, hogy általában lényegesen egyszerűbb feladatot jelent egy-egy innovatív logisztikai rendszertechnikai megoldás kifejlesztése és pilot rendszer szintű tesztelése, mint a városellátási láncokban érintett partnerek közötti, a kölcsönös előnyök felismerésén alapuló, többoldalú, hosszú távú együttműködésre épülő, újszerű rendszerszervezési és üzemeltetési megoldás kialakítása. Több, amúgy ígéretesnek hitt projekt az előbb említett problémákból adódóan bukott meg. Ezek alapján tehát azt mondhatjuk, hogy a sikeres városellátási projektek jöllehet általában innovatív technológiai megoldásokból nőnek ki magukat (azaz az innováció alapfeltételük), a hosszú távú működőképességhez ezen kívül nagyon jól működő szervezeti és szervezési megoldásokkal kell rendelkezniük. A közszféra szerveinek, de mindenekelőtt a helyi önkormányzatoknak tehát kiemelkedő figyelmet kell fordítani erre a kérdésre, és ösztönözniük kell az olyan kezdeményezéseket, amelyek lehetővé teszik a kis és közepes vállalkozások számára a legújabb city-logisztikai eszközök megismerését, kipróbálását és alkalmazását.

A munka szakmai tartalma kapcsolódik a "Minőségorientált, összehangolt oktatási és K+F+I stratégia, valamint működési modell kidolgozása a Műgyetemen" c. projekt szakmai célkitűzéseinek megvalósításához. A projekt megvalósítását az ÚMFT TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0002 programja támogatja.

Dr. Bóna Krisztián

BME Közlekedésmérnöki Kar
Közlekedésüzemi Tanszék, egyetemi adjunktus
Adversum Kft., szakmai vezető
MLE-MLBKT Tanúsított Logisztikai Szakértő

Bakos András

BME Közlekedésmérnöki Kar
Közlekedésüzemi Tanszék, PhD hallgató