

Csőkapszulás szállítás - Egy lehetséges megoldás

Zádor István sr.*

**építész, Budapest, (Tel: +36-70-9432208; e-mail: zdr.istvan@gmail.com).
szabadalom száma: P 19 00035*

Bevezetés: Felgyorsult életvitelünknek, és a digitalizációnak köszönhetően a nagysebességű információáramlás mellett egyre nagyobb igényként jelentkezik a helyváltoztatás és áruszállítás kényelmes és gyors, közvetlenül ajtótól ajtóig történő megvalósítása. A jelenlegi hagyományos szállítási rendszerek környezetszennyezők, energiapazarlók, a távolsági szállítás gyorsaságát a kényszerű terminál-állomások lelassítják, az ajtótól ajtóig megvalósuló (teher)autózás pedig a közutak zsúfoltsága miatt egyre lassabb megoldást kínál.

Számos elképzelés született már a világban egy hatékonyabb szállítási módszer érdekében, azonban ezeknek a felszínen, egy síkban kialakított rendszereknek a lehetőségei korlátozottak. A vezető nélküli próbálkozásoknak is határt szab ez az egysíkú kötöttség. A szállító egységek haladását és irányváltásait szintén lassítással és gyorsítással, bonyolult figyelő- és vezérlő rendszerek beiktatásával oldják meg, valamint a környezet és időjárás káros hatásainak szintén nagymértékben ki vannak szolgáltatva.

A szállítás föld alá süllyesztése előnyös törekvés a felszín terhelésének csökkentésére (GB 1514607 patent; Georgia Tech Research Institut: *A Pneumatic transport system with blocking valve control, and references*), azonban a jelenlegi metróhálózatok is kényszerű terminál-állomások beiktatásával működnek, tehát az ajtótól ajtóig eljutás ideje még mindig nagyon időigényes.

1. JELENLEGI PROBLÉMÁK

Napjainkban a felszíni közlekedés legnagyobb problémái a következők:

- időjárásnak jelentős kitettség,
- korlátozott területfelhasználás,
- szintbeli kereszteződések,
- gazdaságtalan energiafelhasználás,
- jelentős környezetszennyezés,
- fosszilis energiahordozók használata,
- jelentős balesetveszély,
- az irányító rendszer bonyolult,
- emberi tényezőtől való függés,
- közvetlen ajtótól ajtóig szállítás korlátozott,
- közösségi közlekedés rugalmatlan,
- gyorsaság nem kielégítő,

1.1 Az időjárás:

Káros hatásai számos területen akadályozzák a biztonságos haladást: a látási viszonyok, az utak állapota, a járművet érő zavaró tényezők, az irányító rendszerek meghibásodása, hőtágulás, stb.

Ezen káros hatások kiküszöbölésére egyelőre nem született gazdaságos, és minden igényt kielégítő megoldások, egyedül a közlekedés földfelszín alá történő süllyesztése lehet célravezető. Ebben az esetben a látási viszonyok, a pálya állapota, a járművet érő káros hatások ki vannak ugyan küszöbölve, azonban a sebességek különbözősége, a kétirányú, egymással szembeni forgalom, a szintbeni be- és

kicsatlakozások valamint az emberi tényező fennállása továbbra sem biztosítja a balesetmentességet.

A Hyperloop magasvasút zárt csőben, légritkított mezőben való haladása szintén sok tényezőt kiküszöböl, de a felszíni hőtágulás kompenzálása, és a pályaépítés is igen költséges, nem beszélve a légritkítás fenntartásáról a szükséges zsilipelésekkel. Ezen rendszer hátránya még többek között, hogy nem valósul meg a közvetlen ajtótól ajtóig történő szállítás sem, a gyors szakaszon kívül a szállítás hagyományos módon, lassan és átrakodásokkal - átszállásokkal folytatódik.

1.2 A területfelhasználás:

A városi beépítettség jelentősen korlátozza a közlekedéshez felhasználható területeket, fejlesztési lehetőségeket. A városközi vagy nemzetközi közúti forgalomban sem korlátlan, és főleg nem költségkímélő a területi terjeszkedés.

A közúti járművek ma is jelentős száma egyre növekszik, ezzel folyamatosan növelve a terület-igényt, mert sem a tömegközlekedés, sem az alternatív egyéb járművek nem tudják vonzóvá tenni ezeket a kényelmes, atrocitás- és fertőzésmentes, ajtótól ajtóig történő gyors szállítás érdekében. Jelenleg a személyforgalomban a személyautózás biztosítja ezt egyedül, és sajnos a teherforgalomban is a kisteherautóké az elsőség.

A városokban egyre terjedő bérelhető járműállományok rendszere csak a parkolási nehézségeket csökkenti némileg, a forgalom zsúfoltságát nem.

Ezt a problémát az elképzelés a felszín alá telepítéssel egyszerűen megoldja, ahol egyelőre nincs zsúfoltság, és a mélységi szintek száma sem korlátozott. A közművek a

felszín alatt általában kb. 0,5-3,0m mélységben helyezkednek el, egyedül a metró mélységi vonalai okozhatnak leküzdendő akadályt.

1.3 szintbeni kereszteződés:

A haladás átlagsebességét jelentősen korlátozza a kényszerű megállások száma. A jelenlegi közlekedési rendszerrel nem lehet folyamatosan, azonos és állandó sebességgel haladni, mert a felszíni jármű- és gyalogos keresztezések ezt rendszeresen akadályozzák. Felüljárók vagy alagutak épülnek ugyan, de ezt általánossá tenni nem gazdaságos, a városképet is jelentősen rontja, valamint a területi korlátok is gátolják ennek a megoldásnak a terjedését.

Épülnek városon keresztüli gyorsforgalmi utak, sűrű leágazásokkal, de a forgalom időszakos hullámzása ebben az esetben is helyi torlódásokkal jár.

A felszín alá süllyesztés esetében is csak akkor lehet ezt a káros hatást kiküszöbölni, ha egyáltalán nincs ilyen kereszteződés, így egyenes sebességgel lehet haladni az adott egyirányú útvonal-körben. Az egymástól függetlenül egymás után haladó jármű-kapszuláknak nem kell fékezni vagy gyorsítani a haladás ideje alatt, ami gazdaságos, és jelentősen lerövidíti a szállítás időtartamát, a kapszulák azonos irányú és nagyságú haladási sebessége pedig biztosítja a balesetmentességet is.

1.4 gazdaságtalan energiafelhasználás:

Az előző pontban említett rendszeres gyorsítási és lassítási kényszer jelentős többlet energia fogyasztással párosul, az utazási idő növekedésével együtt. A fizikából ismert alapvetés, hogy az egyenes sebességű mozgás fenntartásához sokkal kevesebb energia szükséges, ezért ilyen szállítási módra kell törekedni, az útvonal akadályait minél inkább kiküszöbölni.

A felhasznált energia csökkentésére jelenleg a nagy befogadóképességű szállítójárművek fejlesztése ad némi esélyt, mivel a fajlagos fogyasztás így csökken. Ebben az esetben viszont jelentős átszálló - átrakódó terminál forgalom keletkezik az ajtótól ajtóig történő szállítás megvalósításához. (Miskolci Egyetem Gazdaságtudományi kar: *Kombinált szállítás a globális logisztikában*).

A felszín alá süllyesztett egyirányú alagútpályáknál nincs az egyenes haladást akadályozó tényező. Az ilyen útvonalok esetében nem oldalirányú, hanem magassági ki- és becsatlakozások valósíthatók meg az állomások, és az útvonalok közötti átsatlakozások helyein, ahol jelentős szerepe van a gravitáció magassági mozgást lassító és gyorsító hatásának. Ez a magassági értelmű csatlakozás biztosítani tudja az adott útvonalon történő egyenes sebességű folyamatos haladás fenntarthatóságát.

1.5 környezetszennyezés:

A világ károsanyag kibocsátásából a közlekedés 30%-ot tesz ki, a közúti szállítás részesedése ennek 72%-a. A szállításhoz felhasznált fosszilis üzemanyagok környezetszennyezése egy jármű teljes életciklusára (gyártás, fenntartás, visszaforgatás) vetített CO₂ kibocsátás 59%-a, ami számunkra a környezet minőségének (szag, zaj, látvány, stressz, stb.) jelentős romlásában ölt testet. Az ágazat összességében a világ

kibocsátásának kb. 20%-át adja (Ujj Péter Tamás: *Az autók okozzák a klímakatasztrófát?*).

A közlekedés károsanyag kibocsátásának csökkentése érdekében gyártott elektromos járművek kedvezőbb szennyezése főleg azok üzemeltetésében mutatkozik meg, mivel az elektromos áramot CO₂ kibocsátás mentesen is elő lehet állítani.

Az elképzelésem szerinti, földfelszín alá süllyesztett zárt útvonalok körében a kapszulák haladását az útvonalok mentén telepített elektromos üzemű ventilátorok által keringetett egyenesen áramló levegő biztosítja. Az ehhez szükséges elektromos energia előállítása akár az adott helyen is, környezetbarát módon valósítható meg, károsanyag kibocsátás nélkül.

Nem elhanyagolható, hogy a felszín alá süllyesztéssel a felszín a távolabban értelmű, a hallható és látható zavaró hatások környezetszennyezésétől is mentesül.

1.6 balesetveszély:

A felszíni közlekedés szintbeni kereszteződései mind a járművek, mind a személyi forgalom tekintetében magukban hordozzák a balesetek veszélyét. Hasonlóan a járművek eltérő irányából és sebességéből is közvetlenül adódik veszélyforrás.

Az intelligens érzékelőkkel ellátott önvezető járművek kiküszöbölik ugyan az emberi figyelem lankadása, vagy mulasztása miatt bekövetkező baleseteket, de ehhez egyelőre a haladási sebesség jelentős csökkenése párosul.

A körvonalazott elképzelés szerint a felszín alá süllyesztett csőkapszulás közlekedés esetében nincs szintbeni kereszteződés, nincs különböző haladási irány, a haladási sebesség egyenes és az adott útvonalon azonos, nincs keresztező gyalogos forgalom. Nincs emberi irányításra szükség, mert a lebegtetett kapszulát a csőben többszintű, érzékelőkkel biztosított irányító elektronikus rendszer vezérli. A kapszulák között menet közben légpárna alakul ki. Mindez a balesetmentesség elérését számottevően befolyásolja.

1.7 forgalomirányítás:

A jelenlegi szintbeli forgalomhoz igazodó jelzőtáblás - jelzőlámpás irányítás kizárólag az emberi tényező pillanatnyi függvényében tudja ellátni a feladatát, elsősorban figyelemfelhívásra, figyelmeztetésre szolgál, azonban az éberség lankadásával ezek az irányító jelzések egyre kevésbé tudják megfelelő korlátok között tartani a forgalom zökkenőmentességét. Hiába alkotnak új algoritmusokat a forgalom figyelésével és kiértékelésével, a szintbeni keresztezések korlátait nem képesek túllépni.

A forgalom irányításába a jármű és vezetője oldaláról bekapcsolt elektronikus útvonaltervezés sem képes a forgalmi dugókat kiküszöbölni, mert a javasolt alternatív útvonalak is hamar bedugulnak.

Az elektronikus forgalomirányításnak a csővezetékes - kapszulás szállításnál lehetősége van folyamatosan figyelni az egyes útvonalak forgalmának sűrűségét, az újabb szállítások bekapcsolódásaihoz tartozó útvonalak igényét, a szabad kapszulák elhelyezkedését is, így lehetőség nyílik az alternatív útvonalak megtervezésére, a forgalom igényeihez

legjobban alkalmazkodva, biztosítva ezzel a folyamatos és zökkenőmentes forgalom áramlást.

1.8 ajtótól ajtóig szállítás:

A felszíni szállítás feladata, hogy a feladás helyétől a célig a lehető leghamarabb jusson el a szállítmány. Ennek eléréséhez mérlegelni kell, hogy a szállítmányt nagyobb mennyiségben juttassuk el a célhoz közeli terminál-állomásra, majd onnan kisebb egységekre bontva továbbítsuk a célig, vagy eleve kis egységekre bontva kis kapacitású szállítóeszközzel, de közvetlenül a célig szállítsunk. A nagyobb egységek szállításának gyorsaságát és gazdaságosságát befolyásolja a beiktatott terminál-állomások és átrakodások száma, a kisebb egységek közvetlen ajtótól ajtóig szállítása gyorsabb, de gazdaságatlanabb lehet.

Napjainkban előtérbe került a drónokkal történő kiszállítás közvetlenül a címzetthez, azonban kérdés, hogy az önvezető drónok a légi forgalmuk sűrűsödésével meddig lesznek képesek elkerülni az ütközéseket. Élhető környezetünk alakításához nem gondolom, hogy a fejük felett repkedő zajos drónok tömege pozitívan fog hozzájárulni.

1.9 közösségi közlekedés:

A városi közúti forgalom zsúfoltságának csökkentésében jelentős szerepe van, azonban nem tudja rugalmasan követni az időszakonkénti igényváltozásokat. Az ajtótól ajtóig szállításban sem biztosít teljes megoldást, és gyorsaságban sem mindig optimális. A felszíni járatoknál a szintbeni kereszteződések okozta, előzőekben említett akadályok nehezen kiszámíthatóvá teszik a közösségi utazást. A teherszállításhoz hasonlóan a nagy tömegű szállítás velejárója a gyakori átszállás és várakozás.

Mindezek mellett a tömeges személyszállítás növeli a fertőzések gyors terjedésének esélyét, valamint a nem kívánatos utasok lehetetlen kizárása miatt gyakoriak a kellemetlen érintkezések, és a nem kívánatos atrocitások.

A kisméretű és gyors szállító kapszulákkal a taxival való utazás előnyei lennének biztosítva.

1.10 gyorsaság:

Mint az előzőekben említettem, a szállítás ajtótól ajtóig számított átlag gyorsasága az egyes szállítmányok volumenétől függ. Minél nagyobb a szállítandó egység, annál több terminál-állomásra és átrakodásra van szükség az egyes egységek ajtóig történő kiszállításához. Rövidebb a célba juttatáshoz szükséges idő, ha a szállítmány kisebb, az egyes célállomásokba küldött egységekre van bontva, és azokat közvetlenül kisebb járművel juttatjuk célba.

A példaként felhozott korszerű drónos szállításnak is ebben rejlik az előnye. Az intenzíven fejlődő e-kereskedelemben szintén egyre nagyobb szerepe lesz a gyors, és közvetlenül ajtóig történő szállításnak.

A javasolt föld alatti rendszernél az egyes útvonalkörökben haladó kapszulák sebessége a mélységi szintekkel arányosan lefelé haladva egyre nő. Az elektronikus útvonal válsztás optimalizálja a lehetséges körökön keresztüli haladást azok foglaltsága és sebessége szerint, így biztosítva a lehető leggyorsabb célba érkezést.

2. KUTATÁSI TERÜLETEK

2.1 MAG-LEV:

A hétköznapi kötőpályás felszíni vasúti közlekedés gyorsításának legnagyobb akadálya, hogy a nagyobb sebesség eléréséhez a pályának nagyon egyenletesnek kell lennie, különben a vasút könnyen kisiklik. Ezt a problémát küszöböli ki a mágneses lebegtetéssel a pálya felett tartott és pl. lineáris motorral mozgatott vasúti szerelvény (Kevin Bonsor - Nathan Chandler: *How Maglev Trains Work*). Az így működő vonatok legnagyobb sebessége kb. 500 km/óra. A jelenlegi sebességrekordot Japánban tartják több mint 600 km/óra sebességgel, teszt pályán.

A stabilabb lebegtetést a vonatra szerelt szupravezető mágnesekkel érik el, mivel a 'befagyasztott' erővonalak minden irányban az optimális helyzetbe törekszenek a permanens mágnesek pólusos hatásával ellentétben, ahol a mágneses hatás erőssége nagymértékben függ az egymástól való távolságtól. A szupravezetők hátránya viszont, hogy folyamatosan nagyon alacsony (-269 C) hőmérsékleten kell tartani azokat.

Nehézség a kanyaroknál fellépő centrifugális erők kezelése, amit a pálya megfelelő szögű bedöntésével próbálnak kompenzálni, de egy bizonyos kanyar ívnél a döntési szöghöz pontosan behatárolt haladási sebességet kell tartani. Nagy sebesség esetén azonban ez a megoldás az utasokra jelentős nehézségi erő többletet terhel, ami a kanyar élességének függvényében akár több g is lehet.

A felszínen elérendő nagy sebességhez azonban nagy légellenállás is tartozik, ami jelentősen fékezi a haladást. Ezt a tényezőt ezeknél a vonatoknál még nem küszöbölték ki, és ugyancsak nincs kiküszöbölve az időjárás káros hatása sem.

A rendszer gyakorlati alkalmazása nem növekszik, balesetek és gazdaságossági okok fékezik az elterjedését. Újabb vonalak egyelőre nem állnak forgalomba, mert teljesen új és drága pályarendszert kell hozzá építeni.

2.2 Vactrain:

A MAG-LEV elve szerint szintén mágneses lebegtetéssel van kiküszöbölve az épített pálya egyenletlensége, de a MagLev rendszerrel szemben itt a szerelvényt légritkított csőben vezetik, így a légellenállás fékező hatását (és az időjárás hatásokat is) nagymértékben kiküszöbölik. Mind a cső építése, mind a vákuum fenntartása jelentős költségigényű, és a nagy sebesség, a hangsebesség többszörösének eléréséhez szükséges berendezés (pl. a lineáris motor) alkalmazása nem bizonyított.

A mágneses elven alapuló toló- vagy húzóerőt szintén a gyakorlatban már eredményesen alkalmazott lineáris motor biztosítja (Sundar Narayan - Lambton College: *Solar-Powered Vactrain - A Preliminary Analysis*).

A vákuumcsöves elképzelés egyelőre csak elméleti és kísérleti szakaszban létezik.

2.3 Pneumatikus vonatok:

Az előzőek szerinti elven, de kisebb, kb. 2,0 m átmérőjű csőben történik a kapszula haladása. A lebegtetést eleinte légpárnákkal próbálták biztosítani úgy, hogy a vonat előtti levegőt turbina segítségével beszívják, és a szerelvény alá

fűjják. Ebben az esetben a turbina nem volt képes megfelelő toló- és lebegtető erőt biztosítani. Hasonló elképzelés a csőben a szerelvény előtt létrehozott vákuum és a szerelvény mögött létrehozott túlnyomás által meghajtott rendszer, amely a szerelvény és a csőfal közötti tömítéseket alkalmaz (O. Ahmad, M. N. Ali, A. Chekima: *Advances in zero Energy Transportation Systems*). Ezen rendszereknél az utasokat közvetlenül éri a nyomáskülönbségek a ki- és beszálló kamrákban, ami még a szállított áruk esetében sem kedvező.

2.4 Hyperloop:

A pálya csőben szintén vákuummal csökkentik a légellenállást, és lineáris motorral biztosítják a hajtóerőt.

A szerelvény mozgatásához tehát itt is a pályaszerkezetbe kell integrálni az elektromos meghajtás elemeit. Mindemellett a csőben haladó kapszula sebességét a Kantrowitz-határ is korlátozza a kapszula és a csőfal közötti résméret szerint.

A próba jármű Nevadában sikerrel, bár kis sebességgel került tesztelésre, és már elkészült Spanyolországban az első valós méretű kapszula is, amit Franciaországi minta-pályán fognak tesztelni (Max Werner, Klaus Eissing és Sebastian Langton: *Shared Value Potential of Transporting Cargo via Hyperloop*).

2.5 Magway:

Hasonló mágneses lebegtetési és mozgatási elven, de kisebb, 0,9m átmérőjű csövekkel próbálkoznak az e-kereskedelem kiszolgálására Angliában. Itt a csőben nem képeznek vákuumot, és csak a raktárbázisok között alakítanának ki összeköttetést. Kérdés, hogy a közeli mágneses hatás a szállított árukra milyen hatással lesz.

2.6 Összegzés:

Ezek a fejlesztések elsősorban a városközi, nagy távolságok gyors leküzdésére irányulnak, a városi forgalom zsúfoltságának csökkentését várhatóan még sokáig nem oldják meg.

Az itt alkalmazott mágneses lebegtetéssel és hajtással földünk statikus mágneses mezőjét az adott helyen jelentősen megváltoztatjuk, aminek élettani hatásai egyelőre nem tisztázottak, de az élhető környezet szennyezésének ezek az erős, gerjesztett mesterséges és indukált mágneses terek is forrásai, alkalmasak lehetnek a bioáramokkal működő élő szervezet normális működésének megzavarására.

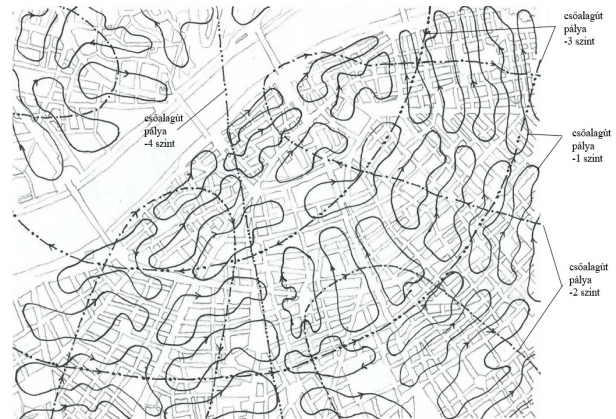
Az itt megvalósuló, nagyrésztben szupergyors utazás a gyors ajtótól ajtóig szállítás követelményét nem tudja kielégíteni, hiszen a szupergyors távolsági vonatozás előtt és után a hagyományos, lassú közlekedés igénybevételére van szükség. Gazdaságosság szempontjából a pillérekre állított vákuumcső pálya, a pályába integrált elektromágnesek, a szerelvényekbe épített elektromos és szupravezető mágnesek, a vákuumot fenntartó berendezések építésének költsége egyelőre jelentős. Elsősorban a fejlesztéseknek a városi forgalom túlszűfoltóságát kellene megszüntetnie, vagy legalább csökkentenie az élhető környezet, az okos városok kialakítása érdekében.

Véleményem szerint nem ezek a szupergyorsaságra törekvő felszíni városközi fejlesztések a fejlődés megfelelő irányai.

3. EGY LEHETSÉGES MEGOLDÁS

3.1 A rendszer:

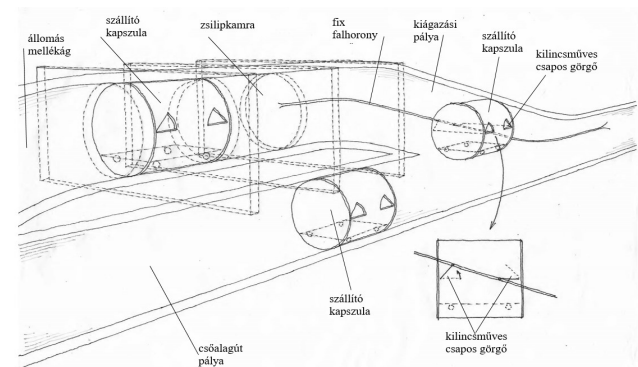
Helyettesíthető a lassú és gazdaságtalan (teher)autós szállítás egy föld alatti kis keresztmetszetű alagútrendszerben közlekedő, gyors haladású, vezető nélküli kapszulák egymástól független sorozatával. Ebben az esetben kiküszöbölhető az utak zsúfoltsága, a forgalmi dugók, az időjárás felszíni közlekedésre gyakorolt káros hatásai, az állomások sűrítésével pedig megvalósulhat a közvetlenül háztól házig történő kényelmes és gyors szállítás. (1. ábra)



1. ábra Az útvonalkörök egyes szintjei

3.2 A magassági mozgás:

Rengeteg energiát emészt fel haladás közben a hagyományos szállító egységek rendszertelen gyorsítása és lassítása. Ennél a föld alatti rendszerben az alagút pályák több szinten, egymás alatt helyezkednek el. Az egyes különálló, egyirányú útvonalkörökben szintenként a haladás sebessége állandó. Az állomásokra vagy kiágazásokhoz érkezéskor az egyes kapszulák ferdén emelkedő pályán történő magassági kiemelkedésével, így a gravitáció felhasználásával csökken a kapszula sebessége. Az útvonalkörben maradt, tovább haladó kapszulák sebessége változatlan marad. Értelemeszerűen az egyes útvonal körökbe való visszacsatlakozáshoz szintén a gravitáció felhasználásával növekszik a sebesség a ferdén süllyedő becsatlakozási pálya kialakításával. (2. ábra)

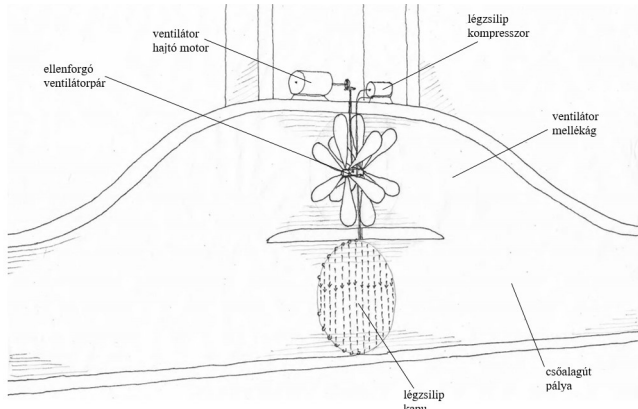


2. ábra Az állomás a ferde kiemelkedéssel és a zsilippárral

A magasságkülönbség növelésével egyre nagyobb sebesség érhető el, ezért az egyre mélyebb szinteken elhelyezkedő útvonalkörökben a haladás állandó sebessége egyre nagyobb.

3.3 A levegő áramoltatása:

Az útvonalkörökben történő haladást az adott alagútban egyenletes sebességgel áramoltatott levegő biztosítja. Az állandó légáramlást szakaszonként beiktatott, az útvonalkör felett kialakított alagút mellékágban elhelyezett ellenförgő ventilátorpárok tartják fenn. (3. ábra)



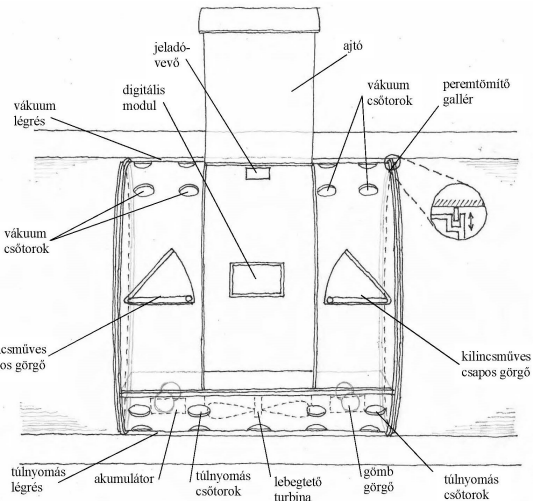
3 ábra A ventilátorpár a légzsilippel

Az egyszerűsége törekedve az egyes főági útvonalkörökben nincs kialakítva semmiféle sínpálya, sem bármiféle mechanikus vagy elektromos berendezés, így egyáltalán nincs szükség a főpályán belül szervizelésre. A pálya maga az alagút méretpontos és sima, kopásálló belső csőfelülete. Kanyarokban a könnyű kapszula a saját súlyának és a kanyar ívének megfelelő mértékben billen oldalra, mivel a súlypontja alacsonyra épített.

3.4 A kapszula:

Az egyes kapszulák légáramlás általi könnyű mozgathatóságához a kapszulák „gördülési” ellenállását saját légpárna lebegtetés csökkenti, a kapszula és az alagútfal közötti légrések nyomásvaltoztatásával, az alsó részfelületen túlnyomás, a felső részfelületen pedig vákuum létrehozásával. A kis réskeresztmetszet miatt egy kapszulába épített légpárna rendszer viszonylag kevés befektetett energiával, a két részfelület közötti légritkító és légsűrítő munkával valósíthatja meg a lebegtetést. A különböző nyomású rések között mind a pálya alagút légritkító, mind az egymás közötti elválasztáshoz rugalmas tömítéseket kell alkalmazni, melyek a haladásban nem akadályozzák jelentősen a kapszulát.

A kapszula légpárna rendszerének, a jeladó-vevő berendezésnek és a vezérlő elektronikának a működtetéséhez szükséges saját energiát beépített akkumulátor biztosítja. A magassági mozgások során vízszintesben tartó mechanika a kilincsműves csapos görgőkkel, a minden irányban elforduló gömbkerekek, valamint az állomásokon csatlakoztatott ajtónyitó mechanizmus a kapszula saját energiabefektetése nélkül működik. (4. ábra)



4. ábra A kapszula

3.5 Szintváltás:

Az egyes különálló útvonalköröket átmeneti mellékágak kötik össze, melyek az állomásokhoz hasonlóan mindig a legfelső, nulladik mélységi szinten helyezkednek el. A teljes megállást zsilipajtók biztosítják a kapszula előtt feltorlódó levegő, mint légpárna kialakításával, a keletkező sűrített levegő felfogásával, tárolásával, indításkori felhasználásával. A megállást, rakodást, vagy kiszállást követően a kapszula a zsilippár indulási oldalára gurul át, ahol várakozik és akkumulátora töltődik. Induláskor a kapszula a pálya foglaltságának érzékelése szerint kap szabad utat az útvonalkörbe visszacsatlakozáshoz.

3.6 Vezérlés:

A csőkapszulás közlekedés vezérléséhez az állomásoknál és az átmeneti, valamint ventilátor mellékágaknál elhelyezett fix, valamint a kapszulákba épített mozgó jeladó-vevők vannak telepítve. Az így elhelyezett berendezések által sugárzott információk alapján összesített forgalmi adatokat számítógép összesíti és értékeli ki, aktualizálja, és az így összeállított hálózat foglaltsági adatokat folyamatosan a hálózatba sugározza. A célállomást a kapszulában az indulási helyen beírva a kapszula saját számítógépe tervezi meg az útvonalat a rendszer által sugárzott aktuális pálya-foglaltsági adatok felhasználásával, és juttatja el automatikusan a kapszulát a célállomásig. Az egyes kapszulák a ki- és becsatlakozásait a mellékágaknál elhelyezett jeladó-vevők által folyamatosan sugárzott pozíciós és forgalmi adatok alapján határozzák meg, így tájékozódva az adott szakasz forgalmáról, biztosítva ezzel a főközlekedési pályaforgalom zavartalanosságát.

4. ÖSSZEZÉS

A szállítás korszerűsítésére elképzelt irányzatokat alapos számításokkal és összehasonlításokkal, valamint modellkísérletekkel kell értékelni megvalósíthatóságuk érdekében. Fentiek alapján a meghatározható főbb irányelvek a következők:

- a szállítás a föld alá kell vinni a felszíni pályaeépítések helyett, kis átmérőjű csőkapszulák mozgatásához,

- az ajtótól ajtóig történő szállítást kell előtérbe helyezni a terminál-állomásokat igénylő szállítással szemben,
- a lebegtetéshez csak a kapszulát szabad berendezni, a pályába nem integrálható semminemű szervizigényes berendezés,
- a meghajtáshoz a csőben lévő levegőt kell áramoltatni, és az adott útvonalakörben azt folyamatosan fenntartani,
- a szintbeli kereszteződések és elágazásokat ki kell iktatni, a ki- és becsatlakozást magassági mozgatással kell megoldani,
- az állomásoknál és az útvonalakörök váltásánál szükséges zsilipeléshez a lassítást és gyorsítást a gravitáció segítségével kell megoldani.

Ezen kritériumok remélhetőleg elősegítik a környezetbarát, kényelmes és gyors szállítás korszerű megoldását, és alkalmazását.

5. IRODALOM

Európai Unió hivatalos portálja: *2018 road safety statistics: what is behind the figures?* : 2019.04.04.::

[https://europa.eu/rapid/press-release MEMO-19-1990_en.htm](https://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-19-1990_en.htm)

GB 1514607 patent; Georgia Tech Research Institut: *A Pneumatic transport system with blocking valve control, and references:*

https://worldwide.espacenet.com/searchResults?submitted=true&locale=en_EP&DB=EPODOC&ST=advanced&TI=&AB=&PN=GB+1514607+&AP=&PR=&PD=&PA=&IN=&CPC=&IC=&Submit=Search

Kevin Bonsor - Nathan Chandler: *How Maglev Trains Work | HowStuffWorks:*

<https://science.howstuffworks.com/transport/engines-equipment/maglev-train.htm>

Max Werner, Klaus Eissing és Sebastian Langton: 2016.08.02. Helmut Schmidt Egyetem, Hamburg, Németország: *Frontiers: Shared Value Potential of Transporting Cargo via Hyperloop:*

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fbuil.2016.00017/full>

Miskolci Egyetem Gazdaságtudományi kar: *Kombinált szállítás a globális logisztikában:* http://web.alt.uni-miskolc.hu/anyagok/EuroLog-G4/8_eloadas.pdf

O. Ahmad, M. N. Ali, A. Chekima: *Advances in zero Energy Transportation Systems: Journal of Thermal Engineering, Vol. 3, No. 6, Special Issue 6, pp. 1537-1543, December, 2017. Yildiz Technical University Press, Istanbul, Turkey* <https://drive.google.com/file/d/11j16n40yu1ZMZTKzLHCublvtaoSckwWK/view?usp=sharing>

Reichart Gyula - Kárpát Csaba: *Nem járható és kisméretű járható közmű- és csatorna alagutak kitakarás nélküli, csősajtólással történő építése (2009):*

<http://www.mti.bme.hu/wp-content/uploads/2017/05/Oktatasi-anyag.pdf>

Sundar Narayan - Lambton College: *Solar-Powered Vactrain - A Preliminary Analysis:* <http://ctrf.ca/wp-content/uploads/2016/05/CTRF2016NarayanRailTransport.pdf>

Ujj Péter Tamás: *Az autók okozzák a klímakatasztrófát?:* <https://alapjarat.hu/el-mondo/az-autogyartok-menthetik-meg-foldet>