



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar
Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszék

TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA

A láncbusz közlekedésgazdasági és alkalmazhatósági vizsgálata

Készítette:
Németh Máté
(U3JKLJ)

2015.10.26

Tartalom

Köszönetnyilvánítás.....	3
Rövidítések jegyzéke	4
1. Bevezetés.....	8
2. Műszaki és technológiai adatok összehasonlítása	9
2.1 Mercedes Citaro G	9
2.2 Combino villamos	10
2.3 Láncbusz	11
2.3.1 Láncbusz a nyíltpályás közlekedésben	11
2.3.2 Láncbusz a zártpályás közlekedésben.....	12
3. Költség elemzés.....	15
3.1 Mercedes Citaro költség elemzés.....	16
3.2 Combino villamos költség elemzés.....	18
3.3 Láncbusz (nyíltpályás) költség elemzés.....	20
3.4 Láncbusz (zártpályás) költség elemzés	23
3.5 Értékelés, összehasonlítás	25
3.5.1 Mercedes Citaro – 2 gondolás (nyíltpályás) láncbusz	25
3.5.2 Siemens Combino – 6 gondolás (zártpályás) láncbusz.....	27
4. Viszonylati számítások.....	30
4.1 23E budapesti autóbuszvonal.....	30
4.1.1 Mercedes Citaro költségei a 23E vonalon	32
4.1.2 A 2 gondolás láncbusz költségei a 23E vonalon.....	34
4.1.3 Összehasonlítás.....	36
5. Összefoglalás	38
Felhasznált irodalom.....	39
Ábrajegyzék.....	41
Táblajegyzék.....	42

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani dr. Szabó Istvánnak, a láncbusz szabadalmaztatójának, hogy lehetőséget adott a dolgozat elkészítésére, dr. Tánczos Lászlóné professzorasszonynak, hogy közvetítette a lehetőséget felém és dr. Török Ádám tanár úrnak, hogy vállalta a konzulensi segítséget, és folyamatos útmutatásával és a dolgozattal kapcsolatos észrevételeivel segítette munkámat.

Rövidítések jegyzéke

$B_{Citaro} = 160\ 000\ 000\ HUF$	Citaro ára
$B_{láncbusz}^{2g} = 324\ 000\ 000\ HUF$	2 gondolás láncbusz ára
$B_{láncbusz}^{6g} = 936\ 000\ 000\ HUF$	6 gondolás láncbusz ára
$B_{Combino} = 1\ 062\ 000\ 000\ HUF$	A Combino ára
$b_{láncbusz} = 18\ 000\ 000\ \frac{HUF}{m}$	láncbusz egységára
$CAD = 204\ HUF$	Kanadai dollár árfolyam
$C_{akkumulátor}^{23E} \left[\frac{HUF}{j\acute{a}rm\acute{u}} \right]$	akkumulátor éves költsége (23E viszonylat)
$C_{Citaro}^{23E} \left[\frac{l}{j\acute{a}rm\acute{u}} \right]$	Citaro éves tüzelőanyag fogyasztás (23E viszonylat)
$c_{láncbusz}^{6g} = 1,8\ \frac{kWh}{km}$	6 gondolás láncbusz kilométerenkénti energiafogyasztása
$C_{akkumulátor}$	akkumulátor éves költsége (23E viszonylat)
C_{Citaro}	Citaro éves tüzelőanyag fogyasztás
$c_{Citaro} = 0,387\ \frac{l}{km}$	Citaro kilométerenkénti tüzelőanyag fogyasztása
$c_{láncbusz}^{2g} = 0,6\ \frac{kWh}{km}$	2 gondolás láncbusz kilométerenkénti energiafogyasztása
$c_{villamos} = 3,6\ \frac{kWh}{km}$	Villamos kilométerenkénti energiafogyasztása
$d_{23E}^{év\ végi} \left[\frac{km}{j\acute{a}rm\acute{u}} \right]$	év végi munkanapokon megtett járművenkénti távolság
$d_{23E}^{összes} \left[\frac{km}{j\acute{a}rm\acute{u}} \right]$	az összes munkanapon megtett távolság
$d_{23E}^{tanítási} \left[\frac{km}{j\acute{a}rm\acute{u}} \right]$	tanítási munkanapokon megtett távolság
$d_{23E}^{tanszüneti} \left[\frac{km}{j\acute{a}rm\acute{u}} \right]$	tanszüneti napokon megtett távolság
$d_{busz} \left[\frac{km}{j\acute{a}rm\acute{u}} \right]$	az autóbuszok által megtett járművenkénti éves távolság
$D_{busz} = 92\ 000\ 000\ km$	autóbuszok évi összesen megtett távolsága
ΔTC	összköltség különbség
$d_{villamos} \left[\frac{km}{j\acute{a}rm\acute{u}} \right]$	a villamosok által megtett járművenkénti éves távolság
$D_{villamos} = 49\ 280\ 000\ km$	villamosok évi összesen megtett távolsága
$E_s = 311\ kWh$	akkumulátor kapacitása
$EUR = 315\ HUF$	Euró árfolyam

$I_{BRT} \left[\frac{HUF}{\text{év}} \right]$	BRT infrastruktúra összes éves karbantartási költsége
$i_{BRT} = 14\,000\,000 \frac{HUF}{km}$	BRT infrastruktúra kilométerenkénti éves karbantartási költsége
$i_{vill} = 33\,600\,000 \frac{HUF}{km}$	Közúti villamospálya kilométerenkénti éves karbantartási költsége
$I_{villamos} \left[\frac{HUF}{\text{jármű}} \right]$	Közúti villamospálya éves karbantartási költsége járművenként
$I_{vill}^{össz} \left[\frac{HUF}{\text{év}} \right]$	Közúti villamospálya éves karbantartási költsége
$J_{\text{év végi}} [\text{járat}]$	Járatok száma összesen év végi munkanapokon
$j_{\text{év végi}} = 81 \frac{\text{járat}}{\text{nap}}$	Járatok száma év végi munkanapokon
$J_{\text{tanítási}} [\text{járat}]$	Járatok száma összesen tanítási munkanapokon
$j_{\text{tanítási}} = 106 \frac{\text{járat}}{\text{nap}}$	Járatok száma tanítási munkanapokon
$J_{\text{tanszüneti}} [\text{járat}]$	Járatok száma összesen tanszüneti munkanapokon
$L_{villamos} = 156,85 \text{ km}$	Villamosvonal hossza
$j_{\text{tanszüneti}} = 89 \frac{\text{járat}}{\text{nap}}$	Járatok száma tanszüneti munkanapokon
$l_{\text{láncbusz}}^{2g} = 18 \text{ m}$	2 gondolás láncbusz hossza
$l_{\text{láncbusz}}^{6g} = 52 \text{ m}$	6 gondolás láncbusz hossza
$L_{23E}^{\text{tanítási}} [\text{km}]$	Éves megtett kilométer tanítási napokon
$L_{23E}^{\text{tanszüneti}} [\text{km}]$	Éves megtett kilométer tanszüneti napokon
$l_{23E} = 8,6 \text{ km}$	23E viszonylat hossza
$L_{23E}^{\text{év végi}} [\text{km}]$	Éves megtett kilométer év végi munkanapokon
$M_{\text{Citaro}}^{23E} \left[\frac{HUF}{\text{jármű}} \right]$	Citaro éves karbantartási költsége (23E vonal)
$M_{\text{láncbusz}}^{2g,23E} \left[\frac{HUF}{\text{jármű}} \right]$	2 gondolás láncbusz éves karbantartási költsége (23E vonal)
$M_{\text{láncbusz}}^{2g} \left[\frac{HUF}{\text{jármű}} \right]$	2 gondolás láncbusz éves karbantartási költsége
$m_{\text{láncbusz}}^{2g} = 34,78 \frac{HUF}{km}$	2 gondolás láncbusz kilométerenkénti karbantartási költsége
$M_{\text{láncbusz}}^{6g} \left[\frac{HUF}{\text{jármű}} \right]$	6 gondolás láncbusz éves karbantartási költsége
$m_{\text{láncbusz}}^{6g} = 196 \frac{HUF}{km}$	6 gondolás láncbusz kilométerenkénti karbantartási költsége
$M_{\text{Citaro}} \left[\frac{HUF}{\text{jármű}} \right]$	Citaro éves karbantartási költsége
$m_{\text{Citaro}} = 210 \frac{HUF}{km}$	Citaro kilométerenkénti karbantartási költsége

$MN_{\text{év végi}}$	év végi munkanapok száma
$MN_{\text{tanítási}}$	tanítási munkanapok száma
$MN_{\text{tanszüneti}}$	tanszüneti munkanapok száma
M_{villamos}	Villamos éves karbantartási költsége
$m_{\text{villamos}} = 140 \frac{\text{HUF}}{\text{km}}$	Villamos kilométerenkénti karbantartási költsége
$n_{\text{töltés}}^{23E} \left[\frac{\text{töltés}}{\text{év}} \right]$	éves szükséges akkumulátor töltésszám (23E viszonylat)
$n_{23E}^{\text{tanítási}} = 9 \text{ jármű}$	tanítási munkanapokon üzemben álló járművek száma
$n_{23E}^{\text{tanszüneti}} = 7 \text{ jármű}$	tanszüneti munkanapokon üzemben álló járművek száma
$n_{23E}^{\text{év végi}} = 6 \text{ jármű}$	év végi munkanapokon üzemben álló járművek száma
$n_{\text{busz}} = 1400 \text{ db}$	BKK buszállomány darabszám
$n_{\text{töltés}} \left[\frac{\text{töltés}}{\text{év}} \right]$	éves szükséges akkumulátor töltésszám
$N_{\text{töltés}} \left[\frac{\text{töltés}}{\text{év}} \right]$	maximális újratöltések száma
$n_{\text{villamos}} = 595 \text{ db}$	BKK villamosállomány darabszám
$P_{\text{gázolaj}}^{23E} \left[\frac{\text{HUF}}{\text{jármű}} \right]$	gázolaj éves ára (23E viszonylat)
$P'_{\text{gázolaj}}^{23E} \left[\frac{\text{HUF}}{\text{jármű}} \right]$	gázolaj éves ára inflációval számolva (23E viszonylat)
$P_{\text{el}}^{2g,23E} \left[\frac{\text{HUF}}{\text{jármű}} \right]$	elektromosság éves ára (23E viszonylat)
$P_{\text{el}}^{6g} \left[\frac{\text{HUF}}{\text{jármű}} \right]$	elektromosság éves ára 2 gondolás láncbusz esetén
$P_{\text{el}}^{2g} \left[\frac{\text{HUF}}{\text{jármű}} \right]$	elektromosság éves ára 6 gondolás láncbusz esetén
$P_{\text{akkumulátor}} \left[\frac{\text{HUF}}{\text{jármű}} \right]$	akkumulátor éves ára
$p_{\text{akkumulátor}} = 84\,000 \frac{\text{HUF}}{\text{kWh}}$	akkumulátor egységnyi ára
$p_{\text{el}} = 24,52 \frac{\text{HUF}}{\text{kWh}}$	elektromosság egységnyi ára
$r_e = 0,019[-]$	elektromosság inflációs rátája
$P_{\text{gázolaj}} \left[\frac{\text{HUF}}{\text{jármű}} \right]$	gázolaj éves ára
$p_{\text{gázolaj}} = 350 \frac{\text{HUF}}{\text{l}}$	gázolaj literenkénti ára
$P'_{\text{gázolaj}} \left[\frac{\text{HUF}}{\text{jármű}} \right]$	gázolaj éves ára inflációval számolva

$P_{el}^v \left[\frac{HUF}{j\ddot{a}rm\ddot{u}} \right]$	elektromosság éves ára villamosonként
$R \left[\frac{km}{t\ddot{o}lt\ddot{e}s} \right]$	akkumulátor hatótávolsága
$r_d = 0,085[-]$	gázolaj inflációs rátája
$t [év]$	idő
$T_{akkumulátor}^{23E} [év]$	akkumulátor élettartam (23E viszonylat)
$T_{akkumulátor} [év]$	akkumulátor élettartam
$TC_0^{Citaro} \left[\frac{HUF}{utas} \right]$	Citaro beruházás évében felmerülő költségei
$TC_t^{Citaro} \left[\frac{HUFt}{utas} \right]$	Citaro éves összes költsége
$TC_0^{villamos} \left[\frac{HUF}{utas} \right]$	Villamos beruházás évében felmerülő költségei
$TC_t^{villamos} \left[\frac{HUF}{utas} \right]$	Villamos éves összes költsége
$TC_0^{2g,23E} \left[\frac{HUF}{utas} \right]$	2 gondolás láncbusz beruházás évében felmerülő költségei (23E viszonylat)
$TC_t^{2g,23E} \left[\frac{HUF}{utas} \right]$	2 gondolás láncbusz éves összes költsége (23E viszonylat)
$TC_0^{2g} \left[\frac{HUF}{utas} \right]$	2 gondolás láncbusz beruházás évében felmerülő költségei
$TC_t^{2g} \left[\frac{HUF}{utas} \right]$	2 gondolás láncbusz éves összes költsége
$TC_0^{6g} \left[\frac{HUF}{utas} \right]$	6 gondolás láncbusz beruházás évében felmerülő költségei
$TC_t^{6g} \left[\frac{HUF}{utas} \right]$	6 gondolás láncbusz éves összes költsége
$TC_0^{Citaro,23E} \left[\frac{HUFt}{utas} \right]$	Citaro beruházás évében felmerülő költségei (23E viszonylat)
$TC_t^{Citaro,23E} \left[\frac{HUF}{utas} \right]$	Citaro éves összes költsége (23E viszonylat)
$U_{láncbusz}^{2g} = 130 \text{ utas}$	2 gondolás láncbusz utaskapacitása
$U_{láncbusz}^{6g} = 390 \text{ utas}$	6 gondolás láncbusz utaskapacitása
$U_{Citaro} = 159 \text{ utas}$	Citaro utaskapacitása
$U_{Combino} = 353 \text{ utas}$	Combino utaskapacitása
$USD = 280 \text{ HUF}$	USA dollár árfolyam

1. Bevezetés

A közösségi közlekedés szerepe napjainkban egyre növekvő, így közlekedéspolitikai témákban is egyre nagyobb szerepet kap. Fejlesztése a motorizáció okából kifolyólag egyre növekvő egyéni közlekedés miatt rendkívül fontossá vált, ezt mutatja az is, hogy 2010-től 2014-ig nem kevesebb, mint 100 000 darabbal több személygépkocsit regisztráltak hazánkban. (<http://www.ksh.hu/>) Ennek egyik következménye, hogy több jármű esetén nő az utak telítettsége, a levegőszennyezés és az eljutási idő. Az emberek átszoktatása a közösségi közlekedésre sokrétű feladat, egyik fontos része viszont a megfelelő járműválasztás. A járműnek többek között vonzónak, kényelmesnek és gyorsnak kell lennie az utasok számára.

A dolgozat tárgya a láncbusz, azaz egy ikercsuklóval összekapcsolt, többrészes közúti közösségi közlekedésre alkalmas gépjármű közlekedésgazdasági és alkalmazhatósági vizsgálata, összehasonlítva jelenleg is üzemben lévő, azonos kategóriájú közösségi közlekedési eszközökkel. A láncbusz a korszerű, kényelmes közlekedés új eszköze lehet, az autóbuszjáratok rugalmasságát a villamosvonalak kapacitásával egyesíti. A járművek befogadóképessége 60 és 600 fő között változhat, az esetlegesen kerékpárral kombinált utazással az intermodális utazás is a legegyszerűbb eszközökkel valósul meg *(a járműszabadalmaztató adatai alapján)*

2. Műszaki és technológiai adatok összehasonlítása

2.1 Mercedes Citaro G

Az analízishez a legmodernebb budapesti viszonylatokban közlekedő autóbust választottam. A Mercedes Citaro G (vagy O530 G) az EvoBus Citaro típuscsaládjának háromtengelyes csuklós (18 m) változata (https://hu.wikipedia.org/wiki/Mercedes-Benz_Citaro). Az autóbust egy EURO V szintű 11 967 köbcentiméteres, 260 kW teljesítményű motor hajtja, mely átlag 0,387 liter gázolajat fogyaszt 1 km megtett út alatt. A tüzelőanyag tárolására egy 300 liter űrtartalmú tartály szolgál. Utasszállító kapacitása meglehetősen nagy, belső kialakítástól függően akár 159 utas szállítására is alkalmas, 4 utas/m² sűrűséggel számolva. A saját tömeg 16 030 kg, míg a legnagyobb terhelés esetén számítandó össztömeg 28 000 kg. (<http://www.mercedes-benz.sk/>) A jármű háromféle kialakítása az alábbi ábrán (1. ábra) látható.



1. ábra A Mercedes Citaro kialakítása (forrás: http://www.mercedes-benz.sk/content/media_library/hq/hq_mpc_reference_site/bus_ng/services_accessories/brochures/CITARO_G/citaro_g_technical_data_2009_en_pdf.object-Single-MEDIA.tmp/16016_Techn_Info_Citaro_G_EN_low.pdf)

2.2 Combino villamos

A Combino egy alacsonypadlós villamos típus márkanéve, melyet a Siemens Transportation Systems gyárt. Az első prototípust 1996-ban gyártották Düsseldorfban. Budapesten 2006 óta járnak ezek a járművek a 4-es illetve a 6-os viszonylatokon. A klímaberendezéssel is felszerelt jármű 54 méter hosszú, és összesen 353 utas szállítására alkalmas. A szerelvény üres tömege 67 900 kilogramm. Összesen 8 motor található egy szerelvényen, amelyek összteljesítménye 800 kW (<https://en.wikipedia.org/wiki/Combino>)(<http://www.villamosok.hu>)

A hatrészes jármű szerkezetileg három szerelvényegységből áll össze. Egy szerelvényegységben belül így két modul van, két forgóvázal. Az alábbi (2. ábra) ábrán a kialakítása látható.



2. ábra Siemens Combino műszaki rajz (forrás: http://www.ljplus.ru/img4/t/o/toman_k/combino_budapest_and_mst.jpg)

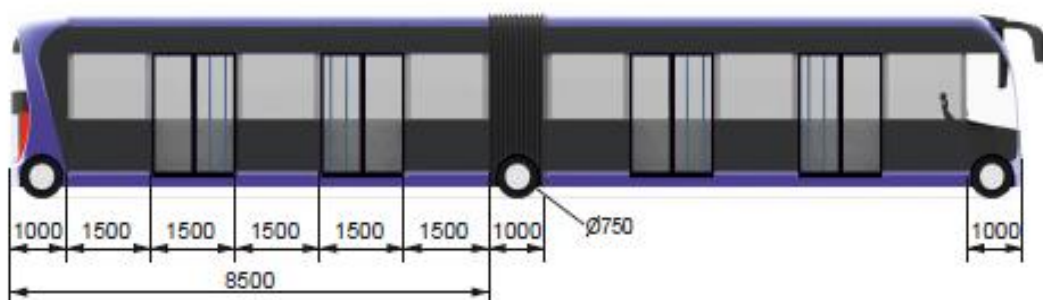
2.3 Láncbusz

A láncbusz egy olyan többrészes közúti jármű, amelynek első és utolsó kocsi egysége között sorba kapcsolt, azonos kocsi egységek (gondolák) vannak. A jármű, kormányzása révén nyomkövető, ezért a közbenső járműegységek tetszés szerinti számban alkalmazhatók. A kicsi becsuklási szöveget és a nyomkövetést az ikercsukló biztosítja. Az ikercsukló lényege, hogy a csuklót és a futóművet egyesíti, így a járművön belül hely szabadul fel, az átjárás pedig továbbra is megoldható. A kormányzás autonóm, nem igényel bonyolult, a teljes járműre kiterjedő rendszert, hanem csak az adott kocsi egység és a hozzá előtte és utána kapcsolt egységek között szükséges kapcsolatot létesíteni. Mivel a közbenső kocsi egységek ugyanolyanok, a szerelvény könnyen átszervezhető.

A megvalósításhoz szükséges technológia rendelkezésre áll. A Láncbusz elektromos hajtású, az áramellátást rövidebb városi vonalakhoz akkumulátorokkal és kapacitív tárolókkal, közepes és hosszú vonalaknál felső vezetékről biztosítjuk. Az utóbbi járművek is 1-5 km-es távon autonóm mozgásra képesek, a sűrűn behálózott városközponton való áthaladáshoz.

2.3.1 Láncbusz a nyílt pályás közlekedésben

A nyílt pályás közlekedésben használandó láncbusz (3. ábra) 2 gondolából áll, 18 méter hosszú és 130 utas szállítására képes.



3. ábra A 2 gondolás láncbusz és méretei (forrás: járműszabadalmaztató)

Saját tömege 8840 kg, míg össztömege maximális utasszám esetén 19 040 kg, tehát jóval könnyebb, mint a jelenleg is használt Mercedes Citaro autóbusz. Az 1.

táblázatban megtalálhatóak a részletes adatai a gondoláknak, míg a 2. táblázatban a megadott összeállítású láncbusz adatai szerepelnek.

1. táblázat Láncbusz gondola adatok *(forrás saját szerkesztés, járműszabadalmaztató adatai alapján)*

T	Utasok		Össz utas	Hasznos tömeg	Teljes egység hossza	Önsúly	Összsúly
[m]	ülő [fő]	álló [fő]	[4 fő/m ²]	[kg]	[m]	[600 kg/m]	[kg]
7,5	24	41	65	4420	8,5	5100	9520

2. táblázat A 2 gondolás láncbusz műszaki adatai *(forrás: saját szerkesztés, járműszabadalmaztató adatai alapján)*

Gondolák száma	Utas [fő]	Hossz [m]	Összsúly [kg]	Összsúly [kg]
2	130	18	8840	19040

A jármű áramellátását akkumulátor biztosítja, ami egy ekkora láncbusz esetében 311 kWh kapacitású lett tervezve. A V2G (Vehicle-to-grid) rendszerrel működő elektromos autóbuszok is ezt az akkumulátort használják, ami akár 3000 alkalommal is újratölthető. *(L. Eudy and M. Post, 2014)*

2.3.2 Láncbusz a zártpályás közlekedésben

A láncbusz alkalmazása esetén, ha a 2 gondolásnál hosszabb járműfüzért szeretnénk létrehozni, akadályokba ütközünk, ugyanis a csuklós autóbuszok hossza nem haladhatja meg a jogszabályzatban előírt 18,75 méteres járműhosszúságot *(http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A1000013.NFM)*.

Így folyamodhatunk a zártpályás közúti közlekedéshez, aminek legjobb példái napjainkban a Bus Rapid Transit rendszerek (4. ábra). A Bus Rapid Transit (BRT) egy busz alapú közösségi közlekedési rendszer, amely kialakítása gyors, kényelmes és költséghatékony városi közlekedést eredményez. Az autóbuszok nem buszsávokban, hanem a többi járműtől elzárt pályán közlekednek, általában szélesebb sugárutak vagy autópályák mentén. A buszsáv esetében az elkülönítés mindössze egy felfestett vagy hasonló módon jelölt vonallal történik és bizonyos szituációkban a többi jármű is igénybe veheti. A BRT rendszerek estében az elkülönítés történhet különböző beton vagy egyéb anyagból készült elemek segítségével, esetleg elegendően nagy területek esetén fűsávval.

Így lehetővé válik a megengedettnél hosszabb járművek használata is. Kereszteződésekben a forgalomirányító rendszerek BRT buszokat mindig előnyben részesítik, így tartható a tervezett menetidő. A következő lista pontosan leírja, mi is szükséges egy BRT rendszer kialakításához:

- elzárt pálya kiépítése
- kereszteződő vonalak esetén ingyenes átszállás
- zárt állomások, amik biztonságosak és komfortosak
- egyszerű, letisztult térképek és valósidejű utastájékoztatók
- intermodális csomópontok, terminálok kialakítása
- versenyképes kialakítás a többi közösségi közlekedési rendszerrel szemben



4. ábra BRT rendszer Kolumbiában *(forrás:*

<http://www.nbrti.org/docs/pdf/ITDP%20BRT%20Planning%20Guide.pdf>)

A rendszer kiépítése azonban akadályokba is ütközhet. Elsősorban szükség van közlekedéspolitikai hajlandóságra. A rendszer kiépítése nem lehet sikeres, ha különböző csoportok, érdekeltségi csoportok nem támogatják fejlesztést. Továbbá azok támogatását

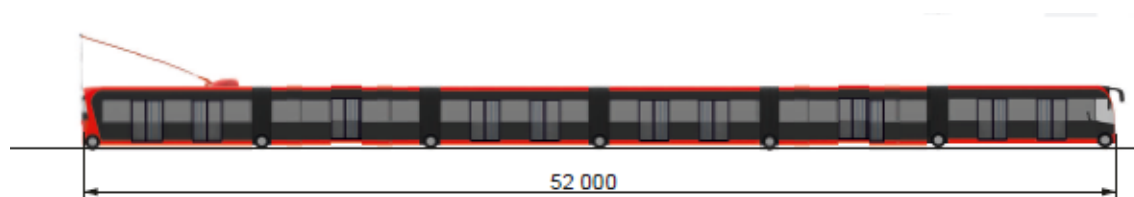
is el kell nyerni, akik az egyéni gépjárműves közlekedést rendszeresen használják a kiépítésre szánt vonalon.

(<http://www.nbrii.org/docs/pdf/ITDP%20BRT%20Planning%20Guide.pdf>)

3. táblázat A 6 gondolás láncbusz műszaki adatai (forrás: saját szerkesztés, a járműszabadalmaztató adatai alapján)

Gondolák száma	Utazó [fő]	Hossz [m]	Saját tömeg [kg]	Össztömeg [kg]
6	390	52	26 520	57 120

Amennyiben kiépül egy ilyen rendszer, lehetővé válik, hogy akár a korábban említett láncbusz egy, a 3. táblázatban szereplő paraméterekkel rendelkező, 52 méter hosszú szerelvényét is üzemeltethessük. Egy ilyen hosszú jármű egy időben 390 utas szállítását képes megoldani. Ebben az esetben is a jármű saját tömege mindössze 26 520 kg, ami kevesebb, mint a Combino tömegének a fele. Az alábbi ábrán (5. ábra) a kialakítása látható.



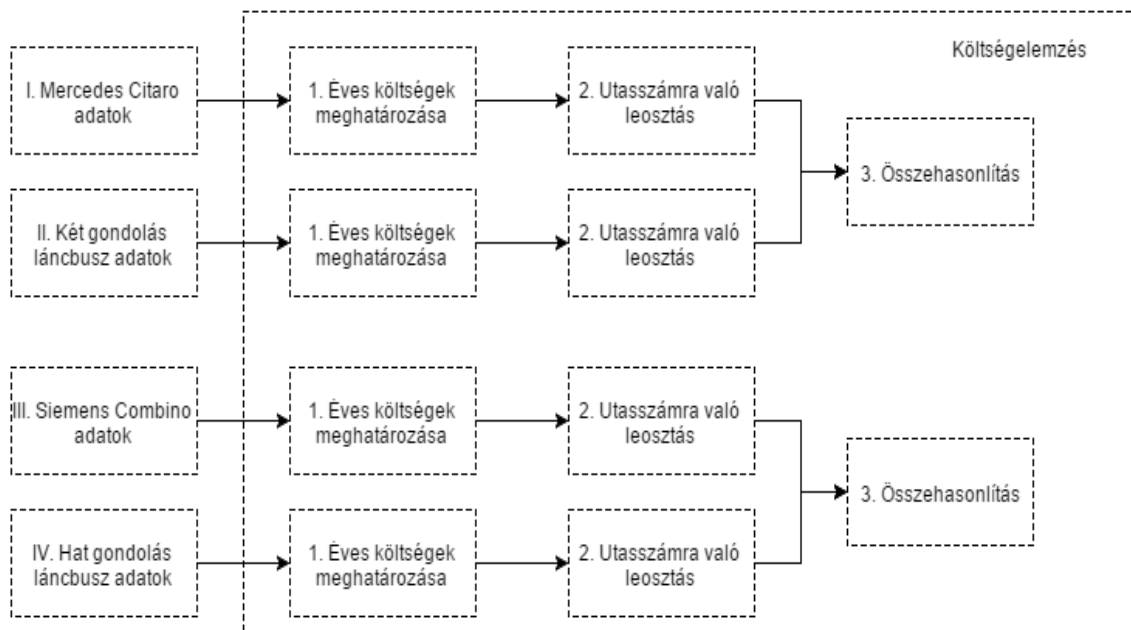
5. ábra A 6 gondolás láncbusz (forrás: járműszabadalmaztató)

3. Költségelemzés

A dolgozatomban szereplő költségelemzés, a költség-hatékonyság elemzés alapjaira épül, ami a költség-haszon elemzés egy alternatívája. A költség-hatékonyság elemzés akkor hasznos, ha bizonyos korlátokkal nézünk szembe az analízis során. lényege, hogy két beruházás relatív költségeit külön összegzi, majd összehasonlítja őket. Az eredmények alapján kiválasztható egy adott cél elérésére alkalmazandó optimális megoldás. Az analízis során ugyanazon körülmények között használandó közösségi közlekedésre alkalmas járműtípusok összehasonlítását végzem el a ráfordítások figyelembe vételével. (*T. Tan-Torres Edejer, R. Baltussen, T. Adam, R. Hutubessy, A. Acharya, D.B. Evans, C.J.L. Murray, 2003*)

Először a kizárólag zárt pályás közlekedésben alkalmazható hosszabb, 52 méter hosszúságú 6 gondolás láncbusz és a Siemens Combino villamos összehasonlítása történik meg, majd a jelenleg használatos legújabb budapesti autóbusz, a Mercedes Citaro és az akkumulátorral működő, 2 gondolás 18 méter hosszúságú láncbuszokat analizálom.

Az összehasonlítás alapja az egy utasra eső költségek. Ebbe természetesen rengeteg a járművel kapcsolatos költség beleszámítható, azonban a dolgozat keretei között csak az energiaforrás költségeire, továbbá az üzemeltetésre és a karbantartásra történő ráfordítások beleszámítására jut lehetőség. Az utasokra való leosztás a jármű kapacitása alapján történik, ebben a fejezetben nem játszik szerepet kihasználtság vagy a tényleges utasforgalom, mivel nem konkrét viszonylatokat analizálunk. A számítás folyamata az alábbi ábrán (6. ábra) látható.



6. ábra Költségelemzés folyamatára (forrás:saját szerkesztés)

3.1 Mercedes Citaro költség elemzés

A BKK Balázs Mór-terv keretein belül szerepel a buszállomány frissítése, ennek egyik része volt a tavaly évben beszerzett 75 darab (+5 darab csere) új autóbusz. (https://hu.wikipedia.org/wiki/Mercedes-Benz_Citaro_G), (<http://www.bkk.hu/bmt/docs/BMT.pdf>) A Mercedes Citaro G beszerzési ára 509 500 Euró, ami 160 millió Forintnak feleltethető meg. (<http://www.bustocoach.com/>) A BKK 2011-es adatai szerint összesen 92 millió kilométert mennek az autóbuszaik egy évben, míg a járműállomány 1400 volt. (http://www.bkk.hu/wp-content/uploads/2011/12/8_vitezy_david_hun.pdf) Ebből kiszámolható (1), hogy egy évben egy busz átlagosan hány kilométert tesz meg.

$$(1) d_{busz} = \frac{D_{busz}}{n_{busz}} = \frac{92\,000\,000\text{ km}}{1400\text{ jármű}} = 65\,714,29 \frac{\text{km}}{\text{jármű}}$$

Egy Mercedes Citaro G karbantartási költsége 1,03 CAD, azaz 210 HUF kilométerenként. (L. Eudy and M. Post, 2014) A közúti pályára szánt ráfordítások beleszámítása nem kerül sorra, ugyanis az összehasonlítandó járművek e költségei megegyeznek, így a végeredményt nem befolyásolja. Így az egy kilométerre vonatkozó

költségeket beszorozva az éves megtett kilométerrel megkapjuk az egy buszra jutó éves karbantartási költséget (2).

$$(2) M_{Citaro} = d_{busz} * m_{Citaro} = 65\,714,29 \frac{km}{j\ddot{a}rm\ddot{u}} * 210 \frac{HUF}{km} = 13\,800\,000 \frac{HUF}{j\ddot{a}rm\ddot{u}}$$

Továbbá számolni kell az üzemeltetési költségekkel is, melynek nagy részét a tüzelőanyag teszi ki. A Citaro kilométerenkénti 0,387 literes fogyasztásával és az éves megtett 80 483,27 kilométerrel számolva megkapjuk, éves szinten mekkora mennyiségű gázolajra van szükség az üzemeltetéshez (3).

$$(3) C_{Citaro} = d_{busz} * c_{Citaro} = 65\,714,29 \frac{km}{j\ddot{a}rm\ddot{u}} * 0,387 \frac{l}{km} = 25\,431 \frac{l}{j\ddot{a}rm\ddot{u}}$$

2015-ben a gázolaj literenkénti ára 350 Forint körül mozgott. Ezzel az adattal számolva kijön, hogy egy évben mennyit kell költeni tüzelőanyagra egy diesel Citaro esetében (4).

$$(4) P_{g\ddot{a}zolaj} = C_{Citaro} * p_{g\ddot{a}zolaj} = 25\,431 \frac{l}{j\ddot{a}rm\ddot{u}} * 350 \frac{HUF}{l} = 8\,901\,000 \frac{HUF}{j\ddot{a}rm\ddot{u}}$$

A diesel járművek esetében mindenképpen számolni kell egy inflációs rátával is, mivel az utóbbi években jelentősen nőtt évente a gázolajár (5). Egy átlagos, 8,5%-os inflációs rátát választottam a számolás végrehajtásához. (*Lance Noel, Regina McCormack, 2014*)

$$(5) P'_{g\ddot{a}zolaj} = P_{g\ddot{a}zolaj} * (1 + r_d)^t = 8\,901\,000 * (1 + 0,085)^t$$

A Citaro kapacitása szállítható utasok szempontjából 159 fő. Amennyiben ezzel a számmal leosztjuk az eddig felmerült költségek összegét, megkapjuk mennyi éves összköltsége egy járműnek utasonként.

Az üzembe helyezés évében felmerülő költségek (6):

$$(6) TC_0^{Citaro} = \frac{B_{Citaro} + M_{Citaro} + P_{g\ddot{a}zolaj} * (1 + 0,085)^t}{U_{Citaro}} = \frac{160\,000\,000 \frac{HUF}{j\ddot{a}rm\ddot{u}} + 13\,800\,000 \frac{HUF}{j\ddot{a}rm\ddot{u}} + 8\,901\,000 \frac{HUF}{j\ddot{a}rm\ddot{u}} * (1 + 0,085)^0}{159 \frac{utas}{j\ddot{a}rm\ddot{u}}} = 1\,149\,063 \frac{HUF}{utas}$$

A további években felmerülő költségek számítására alkalmas képlet (7) és 4. táblázatban az eredmények:

$$(7) TC_t^{Citaro} = \frac{M_{Citaro} + P_{gázolaj} * (1+0,085)^t}{U_{Citaro}} = \frac{13\,800\,000 \frac{HUF}{j\ddot{a}rm\ddot{u}} + 8\,901\,000 \frac{HUF}{j\ddot{a}rm\ddot{u}} * (1+0,085)^t}{159 \frac{utas}{j\ddot{a}rm\ddot{u}}}$$

4. táblázat Mercedes Citaro éves költségei (forrás: saját szerkesztés)

t [év]	TC_t^{Citaro} [HUF/utas]
0	1 149 063
1	147 532
2	152 695
3	158 297
4	164 374
5	170 969
6	178 124
7	185 887
8	194 310
9	203 449
10	213 365
Összesen	2 918 064

3.2 Combino villamos költség elemzés

2006-ban a BKK 40 db Combino villamost vásárolt, amelyeket a 4-es és a 6-os vonalakon üzemeltet. Egy Combino (új típusnevén Avenio) típusú jármű beszerzési ára 3,45 millió EUR, ami 1,062 milliárd Forintnak feleltethető meg.

BKK adatok szerint a villamosok Budapesten évente 49 280 000 km-t tesznek meg összesen. A jelenlegi járműállomány 595 db villamosból áll, így számolható a járművekre vetített éves futásteljesítmény (8). (http://www.bkk.hu/wp-content/uploads/2011/12/8_vitezy_david_hun.pdf) (www.villamosok.hu)

$$(8) d_{villamos} = \frac{D_{villamos}}{n_{villamos}} = \frac{49\,280\,000 \text{ km}}{595 \text{ db}} = 82\,823,53 \text{ km}$$

A jármű üzemeltetési és karbantartási költségei 0,5 USD-ba kerülnek járműkilométerenként, ami 140 HUF/km egy szerelvényre. Amennyiben ezzel felszorozzuk az éves futásteljesítményt, akkor az éves üzemeltetési és karbantartási költséget kapjuk (9).

(Jeffrey M. Casello, Geoffrey McD. Lewis, Kevin Yeung, Deborah Santiago-Rodríguez, 2014)

$$(9) M_{villamos} = m_{villamos} * d_{villamos} = 140 \frac{HUF}{km} * 82\,823,53 \text{ km} =$$

$$11\,595\,294 \frac{HUF}{j\u00e1rm\u0171}$$

A Combino energiafogyasztása 3,6 kWh/km, az eddigi adatokból \u00e1s az EON-t\u00f3l vett 24,52 HUF/kWh-os \u00e1rral sz\u00e1molva \u00edgy kij\u00f3n az \u00e9ves energiak\u00f3lts\u00e9g (10). (Jeffrey M. Casello, Geoffrey McD. Lewis, Kevin Yeung, Deborah Santiago-Rodr\u00edguez, 2014) (www.eon.hu)

$$(10) P_{el}^v = d_{villamos} * c_{villamos} * p_{el} = 82\,823,53 \text{ km} * 3,6 \frac{kWh}{km} *$$

$$24,52 \frac{HUF}{kWh} = 7\,310\,999 \frac{HUF}{j\u00e1rm\u0171}$$

Ahhoz, hogy az infrastrukt\u00fara k\u00f3lts\u00e9geit hozz\u00e1adhassuk a j\u00e1rm\u0171vel kapcsolatos k\u00f3lts\u00e9gekhez, k\u00f3z\u00f3s nevez\u0151re kell hozni \u00f3ket, m\u00e9gpedig \u00edgy, hogy itt is \u00e9ves szinten n\u00e9zz\u00fck a r\u00e1ford\u00edtand\u00f3 p\u00e9nzmenntis\u00e9get, majd ezt leosztjuk az j\u00e1rm\u0171\u00e1llom\u00e1nyban szerepl\u0151 villamosok sz\u00e1m\u00e1val. K\u00f3z\u00fati vas\u00fat eset\u00e9ben az infrastrukt\u00fara \u00f3zemeltet\u00e9si \u00e9s karbantart\u00e1si k\u00f3lts\u00e9gei kilom\u00e9terenk\u00e9nt 0,12 milli\u00f3 USD-ba, azaz 33,6 milli\u00f3 Forintba ker\u00fclnek. A BKK j\u00e1rm\u0171\u00e1llom\u00e1ny\u00e1ban jelenleg 595 db villamos van, ezzel sz\u00e1molk a tov\u00e1bbiakban. Sz\u00fcks\u00e9g\u00fank van m\u00e9g egy bizonyos p\u00e1yahosszra, ami az egyszer\u00fas\u00e9g kedv\u00e9ert a vizsg\u00e1lt hossz legyen a budapesti k\u00f3z\u00fati vas\u00fath\u00e1l\u00f3zat teljes hossza, ami 156,85 km (12), (13). (Jeffrey M. Casello, Geoffrey McD. Lewis, Kevin Yeung, Deborah Santiago-Rodr\u00edguez, 2014) (<http://www.villamosok.hu>)

$$(11) I_{vill}^{\u00f3ssz} = i_{vill} * L_{villamos} = 33\,600\,000 \frac{HUF}{km} * 156,85 \text{ km} =$$

$$5\,270\,160\,000 \frac{HUF}{\u00e9v}$$

$$(12) I_{villamos} = \frac{I_{vill}^{\u00f3ssz}}{n_{villamos}} = \frac{5\,270\,160\,000}{595} = 8\,857\,412 \frac{HUF}{j\u00e1rm\u0171}$$

Egy Combino 353 utas sz\u00e1ll\u00edt\u00e1s\u00e1ra k\u00e9pes, ezzel kisz\u00e1molhat\u00f3 a villamosra val\u00f3 beruh\u00e1z\u00e1s eset\u00e9ben a felmer\u00fcl\u0151 k\u00f3lts\u00e9geket egy utasra levet\u00edtve (13). A beruh\u00e1z\u00e1s

éve után az elektromosság 1,9%-os inflációs rátájával számoltam. (Lance Noel, Regina McCormack, 2014)

Beruházás éve:

$$(13) \quad TC_0^{villamos} = \frac{B_{Combino} + P_{el}^v + M_{villamos} + I_{villamos}}{U_{Combino}} =$$

$$\frac{1\,062\,000\,000 \frac{HUF}{j\ddot{a}rm\ddot{u}} + 7\,310\,999 \frac{HUF}{j\ddot{a}rm\ddot{u}} + 11\,595\,294 \frac{HUF}{j\ddot{a}rm\ddot{u}} + 8\,857\,412 \frac{HUF}{j\ddot{a}rm\ddot{u}}}{353 \frac{utas}{j\ddot{a}rm\ddot{u}}} = 3\,087\,149 \frac{HUF}{utas}$$

További évek (14), (5. táblázat):

$$(14) \quad TC_t^{villamos} = \frac{P_{el}^v * (1+r_e)^t + M_{villamos} + I_{villamos}}{U_{Combino}} =$$

$$\frac{7\,310\,999 \frac{HUF}{j\ddot{a}rm\ddot{u}} * (1+0,019)^t + 11\,595\,294 \frac{HUF}{j\ddot{a}rm\ddot{u}} + 8\,857\,412 \frac{HUF}{j\ddot{a}rm\ddot{u}}}{353 \frac{utas}{j\ddot{a}rm\ddot{u}}}$$

5. táblázat Siemens Combino éves költségei (forrás: saját szerkesztés)

t [év]	$TC_t^{villamos}$ [HUF/utas]
0	3 087 149
1	79 044
2	79 445
3	79 854
4	80 270
5	80 694
6	81 127
7	81 567
8	82 016
9	82 474
10	82 940
Összesen	3 896 581

3.3 Láncbusz (nyílt pályás) költség elemzés

A közúti nyílt pályán közlekedő láncbusz 130 fő szállítására alkalmas, tehát alig kisebb kapacitású, mint a Citaro. Ez a két járműegységből (gondolából) álló autóbusz elektromos módon működik, akkumulátor segítségével. A szerelvény ára 18 millió Forint méterenként, ára az akkumulátorok, a töltők és a kapacitív tárolók miatt magas. Tehát a jármű teljes ára (15):

$$(15) \quad B_{l\acute{a}ncbusz}^{2g} = l_{l\acute{a}ncbusz}^{2g} * b_{l\acute{a}ncbusz} = 18 \text{ m} * 18\,000\,000 \frac{\text{HUF}}{\text{m}} = 324\,000\,000 \text{ HUF}$$

Egy átlagos elektromos busznak a fogyasztása 1-1,2 kWh/km köztt van, azonban a két gondolás, láncbusz átlagfogyasztása maximális terhelés esetén is mindössze 0,6 kWh/km. A jarmubben alkalmazandó akkumulátor 311 kWh kapacitású. Ebből számítható, hogy hány kilométert lehet megtenni egy töltéssel (16).

$$(16) \quad R = \frac{E_s}{c_{l\acute{a}ncbusz}^{2g}} = \frac{311 \text{ kWh}}{0,6 \frac{\text{kWh}}{\text{km}}} = 518,33 \frac{\text{km}}{\text{töltés}}$$

Korábban a diesel autobusznál kiszámoltam, hogy egy járműre évente összesen 65 714,29 km jut. Ebből az adatból szintén kiszámítható az is, évente hanszor kell ujratoltetni egy láncbusz akkumulátorát (17).

$$(17) \quad n_{töltés} = \frac{d_{busz}}{R} = \frac{65\,714,29 \frac{\text{km}}{\text{jármű}}}{518,33 \frac{\text{km}}{\text{töltés}}} = 126,78 \frac{\text{töltés}}{\text{év}}$$

Egy 311 kWh kapacitású akkumulátor becsült élettartama akár 3000 ujratoltesnyi is lehet. Ebből tehát kiszámítható egy akkumulátor mennyi ideig szolgálja a lancbuszt (18). (<http://www.ebusco.eu/en/electric-buses>)

$$(18) \quad T_{akkumulátor} = \frac{N_{töltés}}{n_{töltés}} = \frac{3000 \text{ töltés}}{126,78 \frac{\text{töltés}}{\text{év}}} = 23,66 \text{ év}$$

Amennyiben egy akkumulátor eléri ezt a korhatárt, cserére szorul. Egy új akkumulátor ára kWh-ként 300 dollár, tehát 84 000 HUF/kWh. Ebből kiszámítható a 311 kWh kapacitású akkumulatorunk beszerzési ára (19).

$$(19) \quad P_{akkumulátor} = p_{akkumulátor} * E_s = 84\,000 \frac{\text{HUF}}{\text{kWh}} * 311 \text{ kWh} = 26\,124\,000 \frac{\text{HUF}}{\text{jármű}}$$

Annak ellenére, hogy ez egy egyszeri kiadasos ráfordítás, kiszámoljuk mennyit is jelent, ha éves lebontásban adjuk hozzá a több felmerulo költséghez (20).

$$(20) \quad C_{\text{akkumulátor}} = P_{\text{akkumulátor}} \cdot T_{\text{akkumulátor}} = \\ 26\,124\,000 \frac{\text{HUF}}{\text{jármű}} : 23,66 \text{ év} = 1\,104\,000 \frac{\text{HUF}}{\text{jármű}} \text{ évente.}$$

Továbbá meg kell határozni, mekkora az elektromosság éves költsége ebben az esetben. Évi 126,78 töltéssel, 311 kWh kapacitással és az EON-tól vett 24,52 HUF/kWh-os árral számolva meghatározhatóak az éves elektromos költségek járművenként (21). (www.eon.hu)

$$(21) \quad P_{el}^{2g} = n_{\text{töltés}} * E_s * p_{el} = 126,78 \text{ töltés} * 311 \text{ kWh} * 24,52 \frac{\text{HUF}}{\text{kWh}} = \\ 1\,184\,070 \frac{\text{HUF}}{\text{jármű}}$$

Az akkumulátorok cseréjét leszámítva az elektromos láncbuszok karbantartása jóval olcsóbb, mint a diesel buszoké, átlagosan 0,2 Amerikai Dollár mérföldenként, azaz 34,78 HUF/km. Ezzel az adattal számolva az éves karbantartási költség (22).

$$(22) \quad M_{\text{láncbusz}}^{2g} = m_{\text{láncbusz}}^{2g} * d_{\text{busz}} = 34,78 \frac{\text{HUF}}{\text{km}} * 65\,714,29 \frac{\text{km}}{\text{jármű}} = \\ 2\,285\,543 \frac{\text{HUF}}{\text{jármű}}$$

Ezek után számolható az egy utasra jutó költség mennyisége az első illetve a további évek során, ahol az elektromosság esetében csak úgy, mint a gázolajnál inflációval számolunk. Azonban ennek mértéke jelen esetben csak 1,90%.

Beszerezés éve (23):

$$(23) \quad TC_0^{2g} = \frac{B_{\text{láncbusz}}^{2g} + P_{el}^{2g} + C_{\text{akkumulátor}} + M_{\text{láncbusz}}^{2g}}{U_{\text{láncbusz}}^{2g}} = \\ \frac{324\,000\,000 \frac{\text{HUF}}{\text{jármű}} + 1\,184\,070 \frac{\text{HUF}}{\text{jármű}} + 1\,104\,000 \frac{\text{HUF}}{\text{jármű}} + 2\,285\,543 \frac{\text{HUF}}{\text{jármű}}}{130 \frac{\text{utas}}{\text{jármű}}} = 2\,525\,818 \frac{\text{HUF}}{\text{utas}}$$

További évek (24), (6. táblázat):

$$(24) \quad TC_t^{2g} = \frac{P_{el}^{2g} * (1+r_e)^t + C_{\text{akkumulátor}} + M_{\text{láncbusz}}^{2g}}{U_{\text{láncbusz}}^{2g}} = \\ \frac{1\,184\,070 \frac{\text{HUF}}{\text{jármű}} * (1+0,019)^t + 1\,104\,000 \frac{\text{HUF}}{\text{jármű}} + 2\,285\,543 \frac{\text{HUF}}{\text{jármű}}}{130 \frac{\text{utas}}{\text{jármű}}}$$

6. táblázat A 2 gondolás láncbusz éves költségei (forrás: saját szerkesztés)

t [év]	TC_t^{2g} [HUF/utas]
0	2 525 818
1	33 652
2	33 796
3	33 942
4	34 092
5	34 244
6	34 399
7	34 558
8	34 719
9	34 883
10	35 050
Összesen	2 869 152

3.4 Láncbusz (zártpályás) költség elemzés

A közúti zártpályán közlekedő láncbusz 6 gondolából áll, így hossza 52 méter. A korábban számolt méterenkénti adattal itt is számolhatunk, ugyanis felsővezetékes áramszedő kialakítása miatt ugyanakkora kezdeti költségek merülnek fel, mint akkumulátor esetén (25).

$$(25) \quad B_{láncbusz}^{6g} = l_{láncbusz}^{6g} * b_{láncbusz} = 52 \text{ m} * 18\,000\,000 \text{ HUF} = 936\,000\,000 \text{ HUF}$$

A teljesítmény és az össztömeg növekedése miatt nő a fogyasztás is, ami 6 gondolás láncbusz esetében már 1,8 kWh kilométerenként. Évente a villamosok egyenként 104 588,24 kilométert tesznek meg, így összehasonlítható az éves áramfogyasztási ráfordítás (26).

$$(26) \quad P_{el}^{6g} = d_{villamos} * c_{láncbusz}^{6g} * p_{el} = 82\,823,53 \frac{\text{km}}{\text{jármű}} * 1,8 \frac{\text{kWh}}{\text{km}} * 24,52 \frac{\text{HUF}}{\text{kWh}} = 3\,655\,499 \frac{\text{HUF}}{\text{jármű}} \text{ évente}$$

Az éves karbantartási költségek 6 gondolás láncbusz esetében értelemszerűen nagyobbak, mint a 2 gondolás esetében, közel a háromszorosára rúg a ráfordítás költsége, így már 0,7 USD, azaz 196 HUF kilométerenként (27).

$$(27) \quad M_{\text{láncbusz}}^{6g} = m_{\text{láncbusz}}^{6g} * d_{\text{villamos}} = 196 \frac{\text{HUF}}{\text{km}} * 82\,823,53 \frac{\text{km}}{\text{jármű}} =$$

$$16\,233\,412 \frac{\text{HUF}}{\text{jármű}}$$

Az éves pályaköltségek számításához korábbi tapasztalatokat figyelembe véve egy 0,05 millió USD/km, azaz 14 000 000 HUF/km-es éves díjjal számoltam. Ahhoz, hogy a Combinoval összehasonlíthatóvá tegyük, azonos szakaszhosszon kell számolni a pálya költségeit, ami jelen esetben 156,85 km (28). Továbbá a jelenlegi 595-ös darabszámú járműállománnyal leosztva megkapjuk, hogy járművekre levetítve mekkora éves beruházást igényel a zártpályás közúti közlekedés infrastrukturális szempontból (29). (Jeffrey M. Casello, Geoffrey McD. Lewis, Kevin Yeung, Deborah Santiago-Rodríguez, 2014) (https://hu.wikipedia.org/wiki/Budapest_villamosvonal-h%C3%A1ll%C3%B3zata)

$$(28) \quad I_{BRT} = i_{BRT} * L_{\text{villamos}} = 14\,000\,000 \frac{\text{HUF}}{\text{km}} * 156,85 \text{ km} =$$

$$2\,195\,900\,000 \text{ HUF}$$

$$(29) \quad I_{\text{láncbusz}}^{6g} = \frac{I_{BRT}}{n_{\text{villamos}}} = \frac{2\,195\,900\,000 \frac{\text{HUF}}{\text{év}}}{595 \text{ jármű}} = 3\,690\,588 \frac{\text{HUF}}{\text{jármű}}$$

Ezek után már számolhatóak az utasokra levetített költségek. Egy 6 gondolás 52 méter hosszú láncbusz maximálisan 390 utas szállítására képes, ezzel osztjuk le tehát a járművenként felmerülő összköltséget. A további éves összevetésekhez itt is számolunk az elektromosság 1,90%-os inflációjával.

Az első évben felmerülő költségek (30):

$$(30) \quad TC_0^{6g} = \frac{B_{\text{láncbusz}}^{6g} + P_{el}^{6g} + M_{\text{láncbusz}}^{6g} + I_{\text{láncbusz}}^{6g}}{U_{\text{láncbusz}}^{6g}} =$$

$$\frac{936\,000\,000 \frac{\text{HUF}}{\text{jármű}} + 3\,655\,499 \frac{\text{HUF}}{\text{jármű}} + 16\,233\,412 \frac{\text{HUF}}{\text{jármű}} + 3\,690\,588 \frac{\text{HUF}}{\text{jármű}}}{390 \frac{\text{utas}}{\text{jármű}}} = 2\,460\,460 \frac{\text{HUF}}{\text{utas}}$$

A további években felmerülő költségek (31), (7. táblázat):

$$(31) \quad TC_t^{6g} = \frac{P_{el}^{6g} * (1+r_e)^t + M_{\text{láncbusz}}^{6g} + I_{\text{láncbusz}}^{6g}}{U_{\text{láncbusz}}^{6g}} =$$

$$\frac{3\,655\,499 \frac{\text{HUF}}{\text{jármű}} * (1+r_e)^t + 16\,233\,412 \frac{\text{HUF}}{\text{jármű}} + 3\,690\,588 \frac{\text{HUF}}{\text{jármű}}}{390 \frac{\text{utas}}{\text{jármű}}}$$

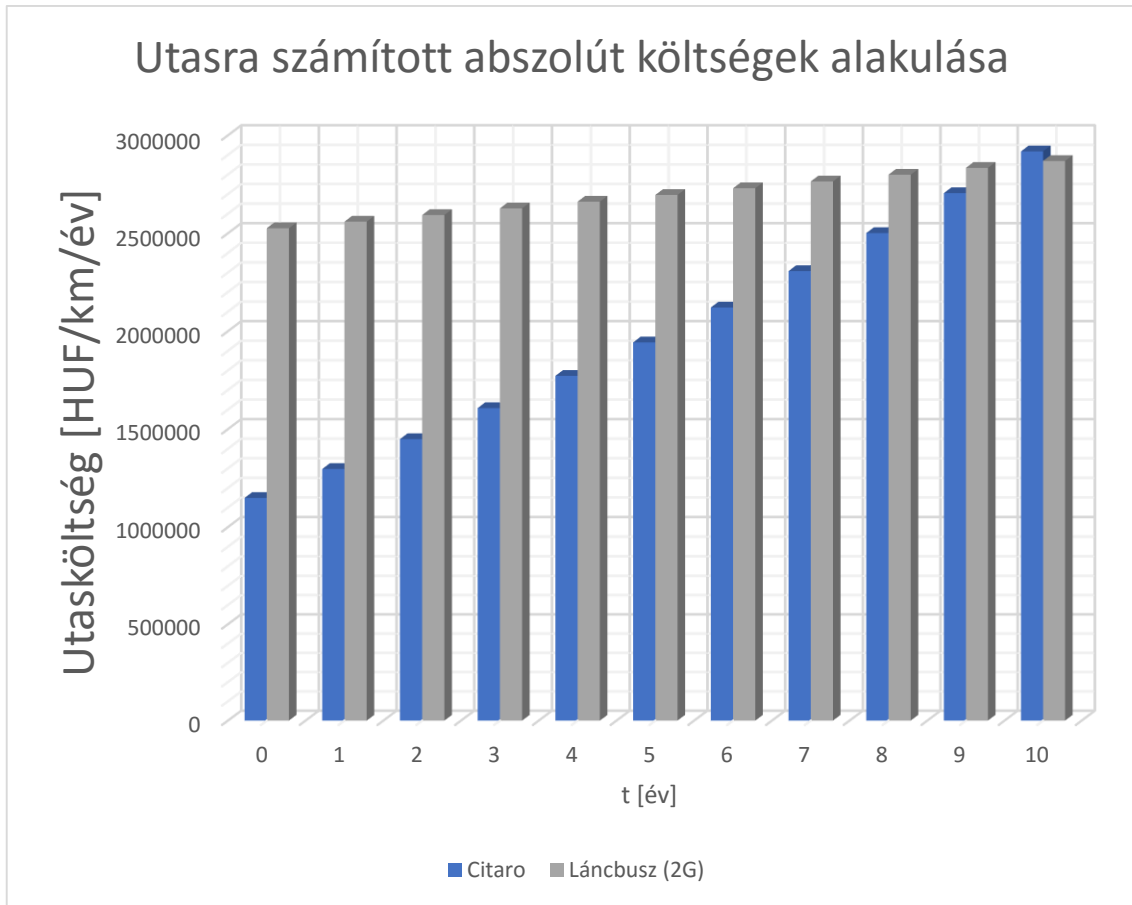
7. táblázat A 6 gondolás láncbusz éves költségei (forrás: saját szerkesztés)

Évek	TC_t^{6g} [HUF/utas]
0	2 460 460
1	60 638
2	60 820
3	61 005
4	61 193
5	61 385
6	61 581
7	61 780
8	61 983
9	62 190
10	62 401
Összesen	3 075 438

3.5 Értékelés, összehasonlítás

3.5.1 Mercedes Citaro – 2 gondolás (nyílt pályás) láncbusz

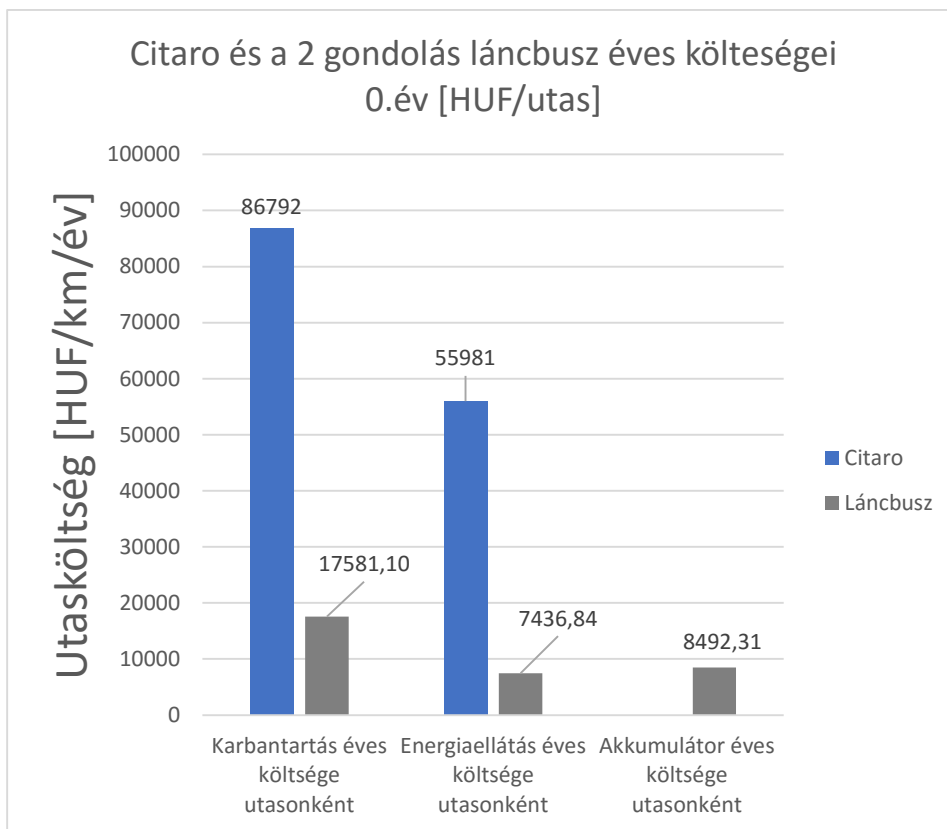
A költségelemzés során megkaptuk, hogy 2 gondolás nyílt pályán közlekedő láncbusz és Mercedes Citaro autóbusz esetében mennyit kell költeni éves viszonylatokban. A két közlekedési eszköz költségeinek szemléletes összehasonlítása érdekében, ábrákat, diagramokat készítettem. Akár már ránézésre is megmondható, hogy a láncbusz ugyan magas első éves beruházást igényel a drága beszerzési ár miatt, ám ez egy időn belül megtérül. A következő (7.ábra) oszlopdiagramon ez még jobban látható.



7. ábra Utásra számított abszolút költségek alakulása Citaro és 2 gondolás láncbusz esetében *(forrás: saját szerkesztés)*

Az abszolút költségeket rendszerező diagramon (7. ábra) látható, hogy a Citaro diesel autóbusz mindössze 10 évig versenyképes abszolút költségek terén a láncbusszal, ezek után az alacsony üzemeltetési és karbantartási költségek miatt a láncbusz kerekedik felül. Így 11 év használat után a megtakarítás (32):

$$(32) \quad \Delta TC = TC_{\text{összesen}}^{\text{Citaro}} - TC_{\text{összesen}}^{2g} = 2\,918\,064 \frac{\text{HUF}}{\text{utas}} - 2\,869\,152 \frac{\text{HUF}}{\text{utas}} = 48\,912 \frac{\text{HUF}}{\text{utas}}$$



8. ábra Citaro és a 2 gondolás láncbusz éves költségei 0.év (forrás:saját szerkesztés)

A 8. ábra egy oszlopdiaagram, a Citaro és a két gondolás láncbusz esetében mutatja be az éves ráfordítások mértékét a beszerzés évében. Jelentősebb különbség figyelhető meg mind az energiaellátás, mind a karbantartás költségek terén. A differencia százalékban kifejezve karbantartás (33), illetve energiaellátás (34) esetén, amennyiben a láncbusz költségeit tekintjük 100%-nak:

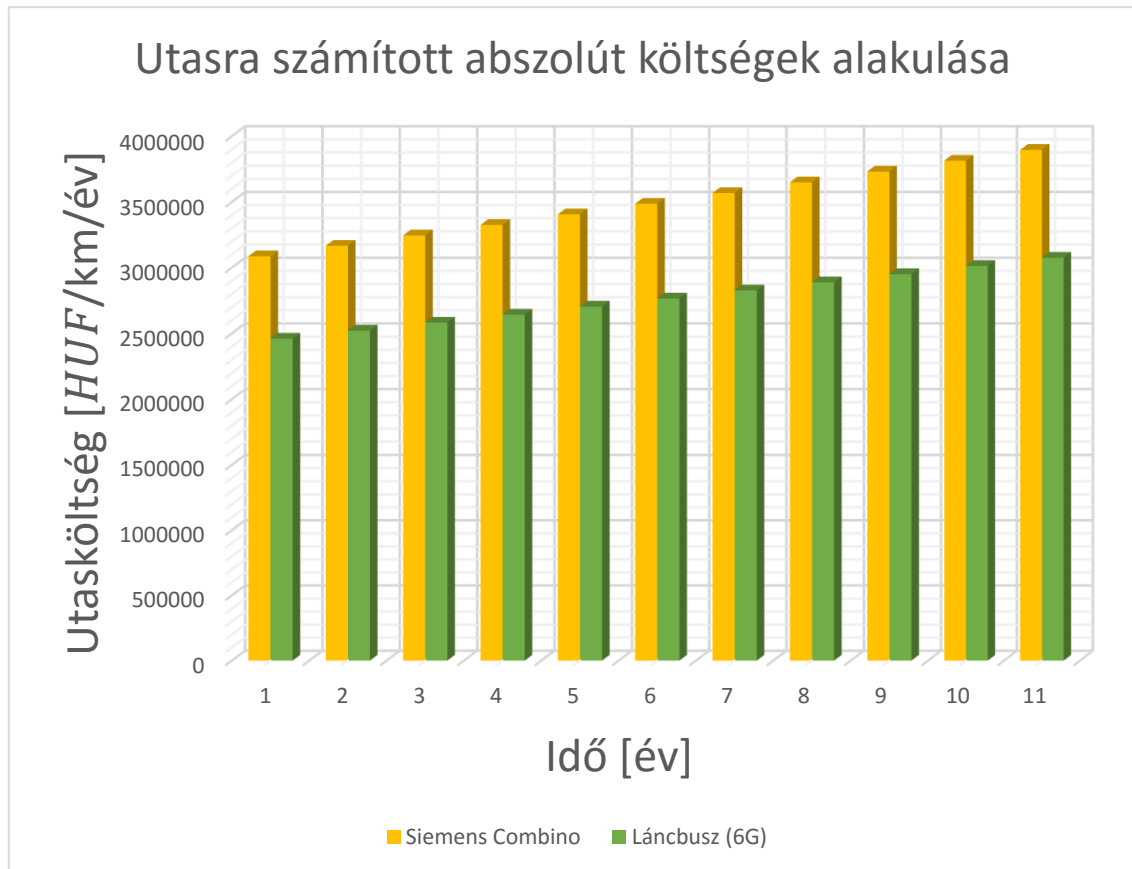
$$(33) \quad \frac{M_{\text{Citaro}}/U_{\text{Citaro}}}{M_{\text{láncbusz}}^{2g}/U_{\text{láncbusz}}^{2g}} = \frac{86\,792 \frac{\text{HUF}}{\text{utas}}}{17\,581 \frac{\text{HUF}}{\text{utas}}} * 100\% = 493,39 \%$$

$$(34) \quad \frac{P_{\text{gázolaj}}/U_{\text{Citaro}}}{P_{\text{el}}^{2g}/U_{\text{láncbusz}}^{2g}} = \frac{55\,981 \frac{\text{HUF}}{\text{utas}}}{7\,436 \frac{\text{HUF}}{\text{utas}}} * 100\% = 752,84 \%$$

3.5.2 Siemens Combino – 6 gondolás (zártpályás) láncbusz

Az elemzés tárgyát képező közúti vasúti jármű és a zártpályás láncbusz között már kezdetektől a láncbusz igényel kisebb befektetést. A villamos vételi ára magasabb, és az éves költségekben is alulmarad a láncbusszal szemben. A következő ábrán (9. ábra) 10

évre előrevetítve látható, hogy évente mennyivel kevesebb ráfordítást igényel a láncbusz, mint a villamos.



9. ábra Éves költségek összehasonlítása Combino és 6 gondolás láncbusz esetén
(forrás: saját szerkesztés)

Továbbá megfigyelhető az abszolút költségek alakulása. Itt első ránézésre nem látható sok különbség az évenkénti költségek tekintetében, azonban differenciadiagramokkal és - számolásokkal jobban szemléltethető ez a különbség a két jármű között (35).

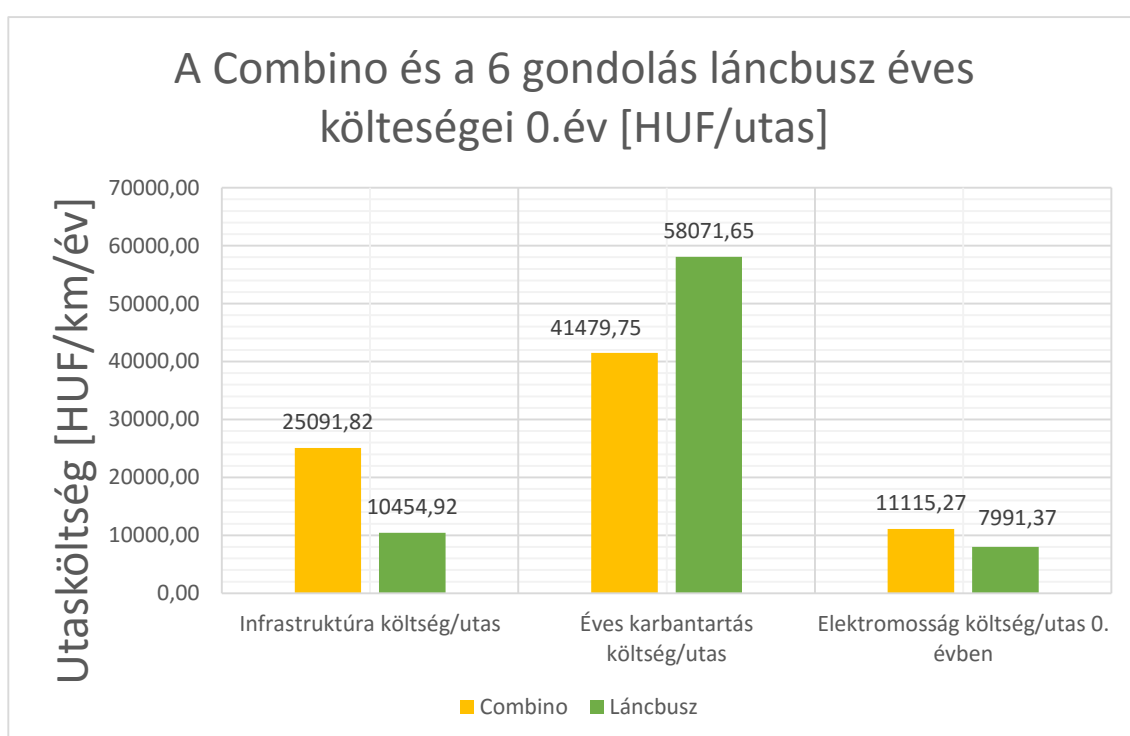
A beruházás évében a villamosra 3 087 149 HUF-t kell költeni utasonként, a láncbuszra 2 460 460 HUF-t. A kettőt kivonva egymásból megkapjuk a különbséget, ami utasonként több, mint fél millió Forint.

$$(35) \quad \Delta TC = TC_0^{villamos} - TC_0^{6g} = 3\,087\,149 \text{ HUF} - 2\,460\,460 \text{ HUF} = 626\,689 \text{ HUF}$$

Tíz év elteltével ez a különbség még nagyobb lesz, annak ellenére, hogy a Combino üzemeltetési és karbantartási költségei alacsonyabbak, mint egy ilyen hosszúságú láncbuszé. Ennek oka költségkategóriánkénti lebontás után látható, a példában a beruházás évét hoztam fel (36).

$$(36) \quad \Delta TC = TC_{10}^{villamos} - TC_{10}^{6g} = 3\,896\,581 \text{ HUF} - 3\,075\,437 \text{ HUF} = 821\,144 \text{ HUF}$$

Költségkategóriánkénti lebontás a 0. évben (**10. ábra**):



10. ábra A Combino és a 6 gondolás láncbusz éves költségei 0.év (forrás: saját szerkesztés)

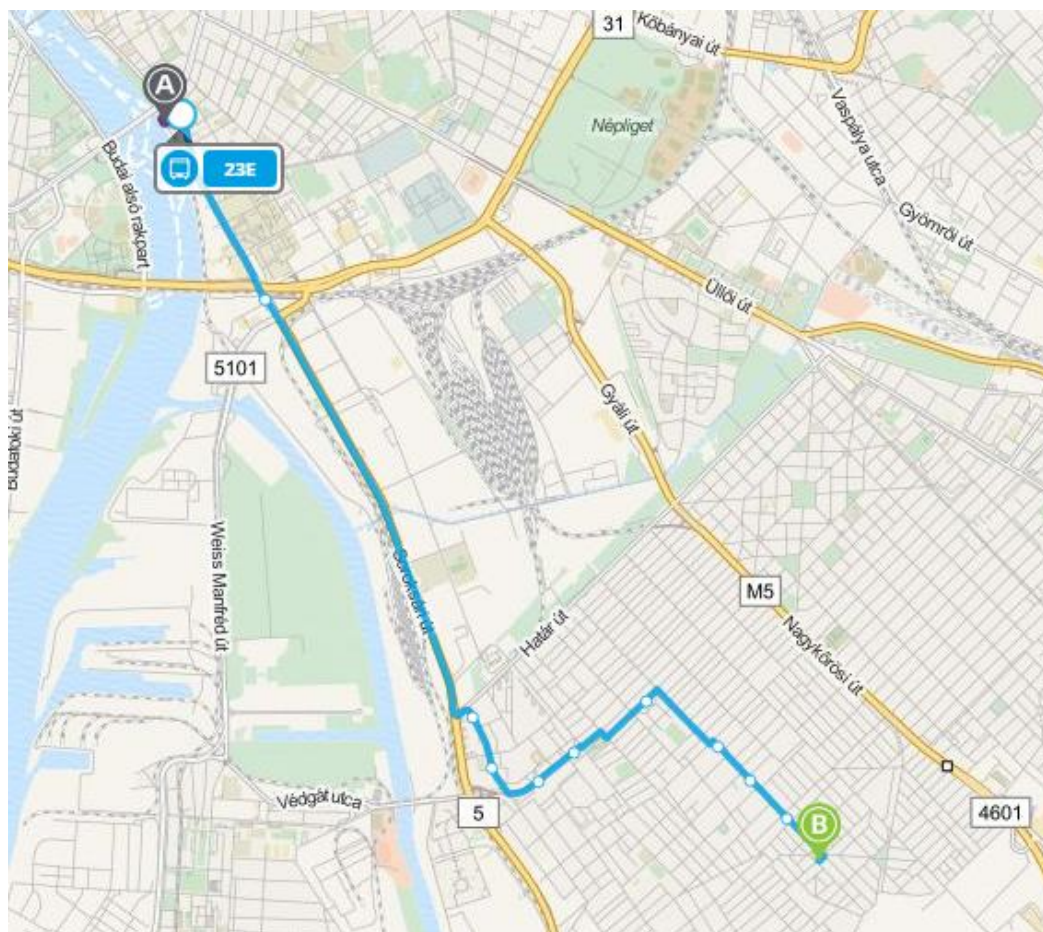
A Combino járművek karbantartási költségei tehát hiába olcsóbbak, mint a láncbuszé, az infrastruktúra költségek azonban ezt kompenzálják, így a láncbusz éves ráfordítása kisebb értéket mutat. Továbbá a kisebb tömeg miatt, a láncbusz elektromos költségei is alacsonyabbak.

4. Viszonylati számítások

A 3. fejezetben kiszámoltam egyes járművek esetén az utasokra eső költségeket. A következőkben ezen eredmények segítségével analizálom, hogy bizonyos viszonylatok esetében hogyan alakulnának a beruházások. Az összehasonlításnál jelenleg is használatos vonalak analizálására kerül sor, továbbá elemzem, hogy egy fiktív, feltételezett vonal esetén milyen ráfordítást igényez egy pálya kiépítése.

4.1 23E budapesti autóbusszvonal

A budapesti 23E jelzésű viszonylat (11. ábra) a Boráros tér és Pesterzsébet, Ady Endre tér végállomások között húzódik. Jelenleg javarészt Ikarus 280-as buszok közlekednek ezen vonalon, amiknek rossz műszaki állapota megkövetelné az ezen a vonalon használatban lévő járműállomány frissítését.



11. ábra 23E autóbusszvonal térkép (forrás: futar.bkk.hu)

A továbbiakban két forgatókönyvet fogunk vizsgálni. Egyik esetben Mercedes Citaro autóbuszok üzembe helyezése történik meg, míg másik esetben a 2 gondolás láncbuszoké.

A 23E autóbuszvonalon a két végállomás között 9 megálló van, a vonalhossz pedig 8,6 km (<http://futar.bkk.hu>). Ahhoz, hogy kiszámoljuk hány kilométert tesznek a járművek évente, tudnunk kell az éves járatszámot is, ehhez a 2012-es budapesti közlekedés paraméterkönyv adatait használtam fel. A 23E csak munkanapokon közlekedik, tanidőben munkanapokon 106 járat közlekedik naponta, ezt 9 autóbusz szolgálja ki. Tanszüneti napokon ezek a számok 89-re és 7-re csökkennek, illetve a kettő év végi munkanapon 81 járat indul naponta 6 autóbusz kíséretében. (<http://bpterkep.uw.hu/param-20120101.pdf>) Számításomhoz a 2015/16-os tanév naptári adatait vettem figyelembe. Ez alapján 181 tanítási, 73 tanszüneti és 2 év végi munkanap van. (<http://www.naptarak.com/>) A járatszámok egész évre vonatkoztatva (37), (38), (39):

$$(37) \quad J_{\text{tanítási}} = MN_{\text{tanítási}} * j_{\text{tanítási}} = 181 \text{ nap} * 106 \frac{\text{járat}}{\text{nap}} = 19\,186 \text{ járat}$$

$$(38) \quad J_{\text{tanszüneti}} = MN_{\text{tanszüneti}} * j_{\text{tanszüneti}} = 73 \text{ nap} * 89 \frac{\text{járat}}{\text{nap}} = 6\,497 \text{ járat}$$

$$(39) \quad J_{\text{év végi}} = MN_{\text{év végi}} * j_{\text{év végi}} = 2 \text{ nap} * 81 \frac{\text{járat}}{\text{nap}} = 162 \text{ járat}$$

A vonalhossz tehát 8,6 km, ezt megszorozva a járatszámmal megkapjuk a járművek összesen hány kilométert tesznek meg egy évben (40), (41), (42).

$$(40) \quad L_{23E}^{\text{tanítási}} = J_{\text{tanítási}} * l_{23E} = 19\,186 \text{ járat} * 8,6 \frac{\text{km}}{\text{járat}} = 164\,999,6 \text{ km évente}$$

$$(41) \quad L_{23E}^{\text{tanszüneti}} = J_{\text{tanszüneti}} * l_{23E} = 6\,497 \text{ járat} * 8,6 \frac{\text{km}}{\text{járat}} = 55\,874,2 \text{ km évente}$$

$$(42) \quad L_{23E}^{\text{év végi}} = J_{\text{tanszüneti}} * l_{23E} = 6\,497 \text{ járat} * 8,6 \frac{\text{km}}{\text{járat}} =$$

$$1\,393,2 \text{ km évente}$$

Ezzel megkaptuk, hogy egyes munkanap kategóriánként hány kilométert tesznek meg a járművek évente. Amennyiben leosztjuk ezeket az értékeket az adott időszakban üzemben álló járművek számával, megkapjuk a járművekre levetített éves megtett utat. (43), (44), (45):

$$(43) \quad d_{23E}^{\text{tanítási}} = \frac{L_{23E}^{\text{tanítási}}}{n_{23E}^{\text{tanítási}}} = \frac{164\,999,6 \text{ km}}{9 \text{ jármű}} = 18\,333,29 \frac{\text{km}}{\text{jármű}}$$

$$(44) \quad d_{23E}^{\text{tanszüneti}} = \frac{L_{23E}^{\text{tanszüneti}}}{n_{23E}^{\text{tanszüneti}}} = \frac{55\,874,2 \text{ km}}{7 \text{ jármű}} = 7\,982,03 \frac{\text{km}}{\text{jármű}}$$

$$(45) \quad d_{23E}^{\text{év végi}} = \frac{L_{23E}^{\text{év végi}}}{n_{23E}^{\text{év végi}}} = \frac{1\,393,2 \text{ km}}{6 \text{ jármű}} = 232,2 \frac{\text{km}}{\text{jármű}}$$

Az értékek összegzésével kijön, hogy az adott feltételek mellett, éves szinten összesen hány km jut egy autóbuszra (46).

$$(46) \quad d_{23E}^{\text{összes}} = d_{23E}^{\text{tanítási}} + d_{23E}^{\text{tanszüneti}} + d_{23E}^{\text{év végi}} = 18\,333,29 \frac{\text{km}}{\text{jármű}} +$$

$$7\,982,03 \frac{\text{km}}{\text{jármű}} + 232,2 \frac{\text{km}}{\text{jármű}} = 26\,547,52 \frac{\text{km}}{\text{jármű}}$$

Ezen a vonalon az egyes autóbuszok tehát a számolásaim alapján összesen 26 547,52 km-t tesznek meg évente. Ezzel az adattal már számolhatóak az egy járműre jutó éves költségek.

4.1.1 Mercedes Citaro költségei a 23E vonalon

Csak úgy, mint a 3. fejezetben itt is költségelemzést hajtunk végre, azonban már egy adott a 23E autóbuszvonal adataival határozzuk meg az egy utasra jutó költségeket.

Karbantartási költség (47):

$$(47) \quad M_{Citaro}^{23E} = d_{23E}^{\text{összes}} * m_{Citaro} = 26\,547,52 \frac{\text{km}}{\text{jármű}} * 210 \frac{\text{HUF}}{\text{km}}$$

$$= 5\,574\,979 \frac{\text{HUF}}{\text{jármű}}$$

Az éves tüzelőanyag fogyasztás (48) és költség (49) járművenként:

$$(48) \quad C_{Citaro}^{23E} = d_{23E}^{\text{összes}} * c_{Citaro} = 26\,547,52 \frac{\text{km}}{\text{jármű}} * 0,387 \frac{\text{l}}{\text{km}} =$$

$$10\,274 \frac{\text{l}}{\text{jármű}}$$

$$(49) \quad P_{gázolaj}^{23E} = C_{Citaro} * p_{gázolaj} = 10\,274 \frac{\text{l}}{\text{jármű}} * 350 \frac{\text{HUF}}{\text{l}} =$$

$$3\,595\,861 \frac{\text{HUF}}{\text{jármű}}$$

A gázolaj éves inflációja:

$$(50) \quad P'_{gázolaj}^{23E} = P_{gázolaj}^{23E} * (1 + r_d)^t = 3\,595\,861 \text{ Ft} * (1 + 0,085)^t$$

Az üzembe helyezés évében felmerülő költségek (51):

$$(51) \quad TC_0^{Citaro,23E} = \frac{B_{Citaro} + M_{Citaro} + P_{gázolaj} * (1 + 0,085)^y}{U_{Citaro}} =$$

$$\frac{160\,000\,000 \frac{\text{HUF}}{\text{jármű}} + 13\,800\,000 \frac{\text{HUF}}{\text{jármű}} + 8\,901\,000 \frac{\text{HUF}}{\text{jármű}} * (1 + 0,085)^0}{159} = 1\,149\,063 \frac{\text{HUF}}{\text{utas}}$$

A további években felmerülő költségek számítására alkalmas képlet (52) és a 8. táblázatban az eredmények:

$$(52) \quad TC_t^{Citaro,23E} = \frac{M_{Citaro} + P_{gázolaj} * (1 + 0,085)^y}{U_{Citaro}} =$$

$$\frac{13\,800\,000 \frac{\text{HUF}}{\text{jármű}} + 8\,901\,000 \frac{\text{HUF}}{\text{jármű}} * (1 + 0,085)^t}{159}$$

8. táblázat Mercedes Citaro éves költségei 23E vonalon (forrás: saját szerkesztés)

Évek	$TC_t^{Citaro,23E}$ [HUF/utas]
0	1 063 968
1	59 601
2	61 686
3	63 949
4	66 405
5	69 069
6	71 959
7	75 095
8	78 498
9	82 190
10	86 196
Összesen	1 778 616

4.1.2 A 2 gondolás láncbusz költségei a 23E vonalon

A 2 gondolás láncbusz ára és kialakítása megegyezik a 3. fejezetben használt adatokéval. A 311 kWh akkumulátor kapacitásból és a 0,6 kWh/km energiafogyasztásból kiszámolt 518,33 km/töltés távolság segítségével számítható, hogy hányszor kellene tölteni a jármű akkumulátorát évente (53):

$$(53) \quad n_{\text{töltés}}^{23E} = \frac{a_{23E}^{\text{összes}}}{R} = \frac{26\,547,52 \frac{\text{km}}{\text{jármű}}}{518,33 \frac{\text{km}}{\text{töltés}}} = 51,22 \frac{\text{töltés}}{\text{év}}$$

Ezzel osztva a 3000-es újratöltési élettartamot megkapjuk, meddig szolgálhat minket egy akkumulátor (54).

$$(54) \quad T_{\text{akkumulátor}}^{23E} = \frac{N_{\text{töltés}}}{n_{\text{töltés}}^{23E}} = \frac{3000 \text{ töltés}}{51,22 \frac{\text{töltés}}{\text{év}}} = 58,57 \text{ év}$$

Az akkumulátor beszerzési ára ismert (19), ezt leosztva az akkumulátor élettartamával megkapjuk az évekre vetített költséget (55).

$$(55) \quad C_{\text{akkumulátor}}^{23E} = \frac{P_{\text{akkumulátor}}}{T_{\text{akkumulátor}}^{23E}} = \frac{26\,124\,000 \frac{\text{HUF}}{\text{jármű}}}{58,57 \text{ év}} = 446\,030 \frac{\text{HUF}}{\text{jármű}}$$

Járművenkénti elektromos költségek (56):

$$(56) \quad P_{el}^{2g,23E} = n_{töltés}^{23E} * E_s * p_{el} = 51,22 \text{ töltés} * 311 \text{ kWh} * 24,52 \frac{\text{HUF}}{\text{kWh}} =$$

$$390\,589 \frac{\text{HUF}}{\text{jármű}}$$

A láncbusz karbantartásának költségei (57):

$$(57) \quad M_{láncbusz}^{2g,23E} = m_{láncbusz}^{2g} * d_{23E}^{összes} = 34,78 \frac{\text{HUF}}{\text{km}} * 26\,547,52 \frac{\text{km}}{\text{jármű}} =$$

$$923\,323 \frac{\text{HUF}}{\text{jármű}}$$

Ezek után számolható az egy utasra jutó költség mennyisége az első illetve a további évek során, ahol az elektromosság esetében csak úgy, mint a gázolajnál inflációval számolunk. Azonban ennek mértéke jelen esetben csak 1,90%.

Beszerezés éve (58):

$$(58) \quad TC_0^{2g,23E} = \frac{B_{láncbusz}^{2g} + P_{el}^{2g,23E} + C_{akkumulátor}^{23E} + M_{láncbusz}^{2g,23E}}{U_{láncbusz}^{2g}} =$$

$$\frac{324\,000\,000 \frac{\text{HUF}}{\text{jármű}} + 390\,589 \frac{\text{HUF}}{\text{jármű}} + 446\,030 \frac{\text{HUF}}{\text{jármű}} + 923\,323 \frac{\text{HUF}}{\text{jármű}}}{130 \frac{\text{utas}}{\text{jármű}}} = 2\,525\,818 \frac{\text{HUF}}{\text{utas}}$$

További évek (59), (9. táblázat):

$$(59) \quad TC_t^{2g,23E} = \frac{P_{el}^{2g,23E} * (1+r_e)^t + C_{akkumulátor}^{23E} + M_{láncbusz}^{2g,23E}}{U_{láncbusz}^{2g}} =$$

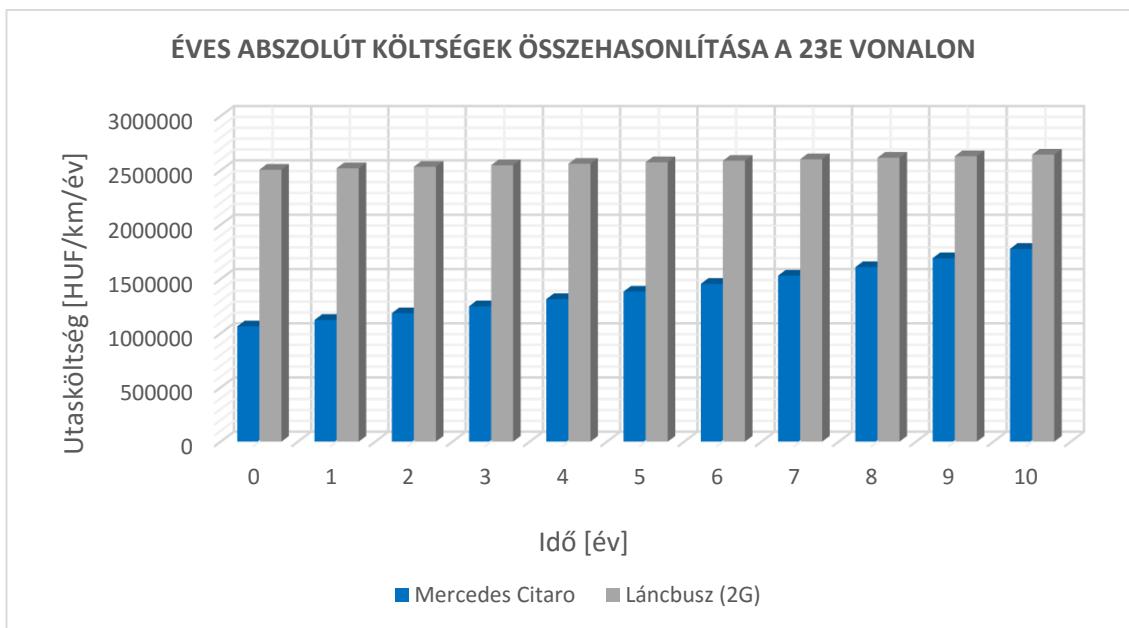
$$\frac{390\,589 \frac{\text{HUF}}{\text{jármű}} * (1+0,019)^t + 446\,030 \frac{\text{HUF}}{\text{jármű}} + 923\,323 \frac{\text{HUF}}{\text{jármű}}}{130 \frac{\text{utas}}{\text{jármű}}}$$

9. táblázat A 2 gondolás láncbusz éves költségei a 23E viszonylaton (*forrás: saját szerkesztés*)

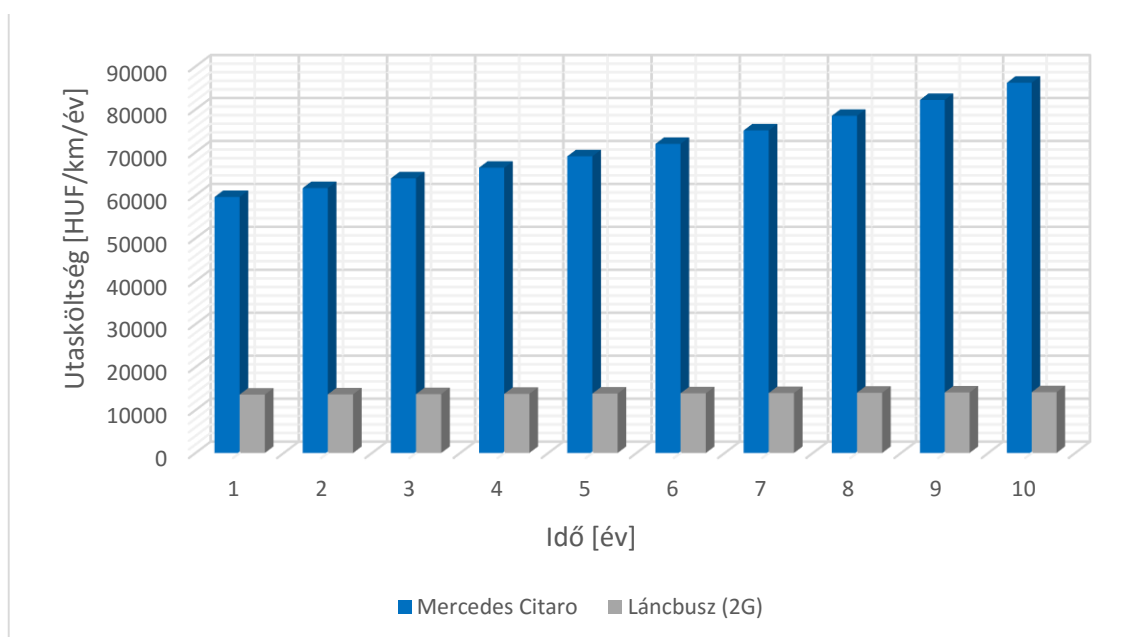
t [év]	$TC_t^{2g,23E}$ [HUF/utas]
0	2 505 845
1	13 594
2	13 652
3	13 712
4	13 772
5	13 834
6	13 896
7	13 960
8	14 025
9	14 092
10	14 160
Összesen	2 644 547

4.1.3 Összehasonlítás

A számítások eredményéül megkaptam, mekkora költségek merülnek fel a 23E vonalon Mercedes Citaro G illetve 2 gondolás láncbusz üzemeltetése esetén. A rövid szakaszra való tekintettel azonban most költségek terén nem jöttek ki a láncbusz előnyei a diesel autóbusszal szemben, hiába a jóval alacsonyabb üzemeltetési és karbantartási költség. Az alábbi diagramon (12. ábra) láthatóak az abszolút költségek, a 13. ábra pedig a beszerzés éve utáni költségeket ábrázolja.



12. ábra Éves abszolút költségek összehasonlítása a 23E vonalon *(forrás: saját szerkesztés)*



13. ábra Üzemeltetési és karbantartási költségek összehasonlítása a 23E vonalon *(forrás: saját szerkesztés)*

Ezeket is megfigyelhetők a leírtak, a láncbusz rövidebb szakaszon a költségkategóriákban a magas beszerzési ár miatt nem tudja felvenni a versenyt a Mercedes Citaro autóbuszokkal. Tehát csak jóval hosszabb és forgalmasabb viszonylatok esetében éri meg a 2 gondolás láncbusz üzemeltetése.

5. Összefoglalás

A dolgozatom során előbb egyesével megvizsgáltam a Mercedes Citaro G, a Siemens Combino, a 2 gondolás illetve a 6 gondolás láncbusz esetben felmerülő költségeket. Ezek után az összehasonlítás során kiderült, hogy a Citaro egész az budapesti közlekedést számolva csak rövidtávon tudja felvenni a versenyt költségekben a 2 gondolás láncbusszal, ugyanis annak üzemeltetési és karbantartási költségei jóval kevesebb ráfordítást igényelnek. Majd a Combino és a 6 gondolás láncbusz összehasonlításakor kijött, hogy ebben az esetben már a beruházás évében jövedelmezőbb a láncbusz, sőt a további években a kedvezőbb fenntartási költségeknek köszönhetően is nő ez a különbség.

Továbbszámolva az adatokkal, egy fejlesztést igénylő, jelenleg is szolgáltatást nyújtó viszonylaton számoltam ki a láncbusz és a Citaro során felmerülő költségeket. Itt már eltérő eredményt kaptunk. Jelentősen kevesebb éves megtett kilométer mellett a Citaro már hosszabb időtávlatokban is versenyképes maradt a láncbusszal szemben, ebből kiderül, hogy autóbuszok esetében csak nagyon hosszú és forgalmas járatok esetében érdemes a beruházás.

Felhasznált irodalom

A budapesti közösségi közlekedés paraméterkönyve 2012

(<http://bpterkep.uw.hu/param-20120101.pdf>)

Alejandro Tirachini, David A. Hensher and Sergio R. Jara-Díaz (2010): Comparing Operator And Users Costs Of Light Rail, Heavy Rail And Bus Rapid Transit Over A Radial Public Transport Network, Research in Transportation Economics 29 (2010) 231e242

BKK Futár honlapja (<http://futar.bkk.hu>)

Budapest közlekedésfejlesztési stratégiája (2014)

(<http://www.bkk.hu/bmt/docs/BMT.pdf>)

Budapest villamosvonal hálózata

(https://hu.wikipedia.org/wiki/Budapest_villamosvonal-h%C3%A1ll%C3%B3zata)

Bus Rapid Transit Planning Guide

(<http://www.nbri.org/docs/pdf/ITDP%20BRT%20Planning%20Guide.pdf>)

Citaro G Technical Data <http://www.bustocoach.com/en/content/mercedes-citaro-g-18-metres-city-class-i-4-doors>

Electric Buses (<http://www.ebusco.eu/en/electric-buses>)

Hatályos Jogszabályok Gyűjteménye

(http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A1000013.NFM)

Jeffrey M. Casello, Geoffrey McD. Lewis, Kevin Yeung, Deborah Santiago-Rodríguez (2014): A Transit Selection Model, Journal of Public Transportation, Vol. 17, No. 4, 2014 <http://scholarcommons.usf.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1004&context=jpt>

Lance Noel, Regina McCormack (2014) A cost benefit analysis of a V2G-capable electric school bus compared to a traditional diesel school bus, Applied Energy 126 (2014) 246–255

L. Eudy and M. Post (2014): BC Transit Fuel Cell Bus Project: Evaluation Results Report (<http://www.nrel.gov/docs/fy14osti/60603.pdf>)

KSH adatsor (<http://www.ksh.hu/>)

Mercedes Citaro G (https://hu.wikipedia.org/wiki/Mercedes-Benz_Citaro)

Naptár Portál (<http://www.naptarak.com/>)

Technical information The Citaro G (http://www.mercedes-benz.sk/content/media_library/hq/hq_mpc_reference_site/bus_ng/services_accessories/brochures/CITARO_G/citaro_g_technical_data_2009_en.pdf.object-Single-MEDIA.tmp/16016_Techn_Info_Citaro_G_EN_low.pdf)

T. Tan-Torres Edejer, R. Baltussen, T. Adam, R. Hutubessy, A. Acharya, D.B. Evans, C.J.L. Murray (2003): Who Guide to Cost-Effectiveness Analysis (http://www.who.int/choice/publications/p_2003_generalised_cea.pdf)

Új buszüzemeltetési modell Budapesten (http://www.bkk.hu/wp-content/uploads/2011/12/8_vitezy_david_hun.pdf)

Villamosok portál (<http://www.villamosok.hu>)

Zlatomir Živanović and Zoran Nikolić (2012): The Application of Electric Drive Technologies in City Buses (<http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/41487.pdf>)

Ábrajegyzék

1. ábra A Mercedes Citaro kialakítása (forrás: http://www.mercedes-benz.sk/content/media_library/hq/hq_mpc_reference_site/bus_ng/services_accessories/brochures/CITARO_G/citaro_g_technical_data_2009_en_pdf.object-Single-MEDIA.tmp/16016_Tech_Info_Citaro_G_EN_low.pdf)	9
2. ábra Siemens Combino műszaki rajz (forrás: http://www.ljplus.ru/img4/t/o/toman_k/combino_budapest_and_mst.jpg)	10
3. ábra A 2 gondolás láncbusz és méretei (forrás: járműtervező)	11
4. ábra BRT rendszer Kolumbiában (forrás: http://www.nbrti.org/docs/pdf/ITDP%20BRT%20Planning%20Guide.pdf)	13
5. ábra A 6 gondolás láncbusz (forrás: járműtervező)	14
6. ábra Költségelemzés folyamatára (forrás: saját szerkesztés)	16
7. ábra Utasra számított abszolút költségek alakulása Citaro és láncbusz esetében (forrás: saját szerkesztés)	26
8. ábra Citaro és a 2 gondolás láncbusz éves költségei 0.év (forrás: saját szerkesztés) .	27
9. ábra Éves költségek összehasonlítása Combino és 6 gondolás láncbusz esetén (forrás: saját szerkesztés)	28
10. ábra A Combino és a 6 gondolás láncbusz éves költségei 0.év (forrás: saját szerkesztés)	29
11. ábra 23E autóbuszvonal térkép (forrás: futar.bkk.hu)	30
12. ábra Éves abszolút költségek összehasonlítása a 23E vonalon (forrás: saját szerkesztés)	37
13. ábra Üzemeltetési és karbantartási költségek összehasonlítása a 23E vonalon (forrás: saját szerkesztés)	37

Táblajegyzék

1. táblázat Láncbusz gondola adatok (forrás saját szerkesztés, járműtervező adatai alapján).....	12
2. táblázat A 2 gondolás láncbusz műszaki adatai (forrás: saját szerkesztés, járműtervező adatai alapján).....	12
3. táblázat A 6 gondolás láncbusz műszaki adatai (forrás: saját szerkesztés, a járműtervező adatai alapján).....	14
4. táblázat Mercedes Citaro éves költségei (forrás: saját szerkesztés)	18
5. táblázat Siemens Combino éves költségei (forrás: saját szerkesztés)	20
6. táblázat A 2 gondolás láncbusz éves költségei (forrás: saját szerkesztés)	23
7. táblázat A 6 gondolás láncbusz éves költségei (forrás: saját szerkesztés)	25
8. táblázat Mercedes Citaro éves költségei 23E vonalon (forrás: saját szerkesztés).....	34
9. táblázat A 2 gondolás láncbusz éves költségei a 23E viszonylaton (forrás: saját szerkesztés)	36