

TMDK dolgozat

2012

Készítette: Papp Ádám (BSc)
Közlekedésmérnök hallgató

Troli-Busz

Trolley-Bus

Kézirat lezárva: 2012. november 13.

Rezümé

Résumé

Magyarországi közlekedésfejlesztési példákat nézve, egy hagyományos gondolkodás fedezhető fel. Az újszerű elemek és a klasszikus közlekedési módozatok összekapcsolása még nem jellemző. A dolgozatomban Szeged városát vizsgálom, ahol az autóbuszos közlekedés helyett az önjáró trolibuszokkal való közlekedést javaslom. Ez egyrészt környezetbarát másrészt jóval gazdaságosabb üzemeltetést tesz lehetővé. A fenntartható fejlődés elvét követve egy igen fontos mérőszám lehet, ha a hagyományos trolibusz rendszert összekapcsoljuk ilyen újszerű járművekkel. A trolibusz élettartama számottevően nagyobb, mint az autóbuszé, az elektromos energiát pedig szinte bármiből elő lehet állítani, ezért volt kézenfekvő ez a megoldás. A rendszer egy bizonyos ponton túl önfenntartó lehetne és csak minimális energia bevitelt követelne meg. Ezért tartom kiemelten fontosnak, hogy létrejöhessen ez a projekt.

Looking the Hungarian examples of the transport development, a traditional thinking is discoverable. The connection of the novel elements and classic modes of transport is not typical yet. In my essay I analyse the city of Szeged, where instead of the bus transportation I would prefer the transportation with self propelled trollies. On one hand this is environmentally sound and on the other hand it allows more economic operation. To follow the principle of the sustainable development, it could be a really significant result if we connect the traditional trolleybus system with novel vehicles. The lifetime of the trolleys are much bigger, than the buses', because the electric energie can be prepared from almost anything, so that is why this accomplishment was obvious. Over some point the system could be self-pereserved and it would only require a little amount of energie input. That is why I found the effect of this project so important.

Tartalom

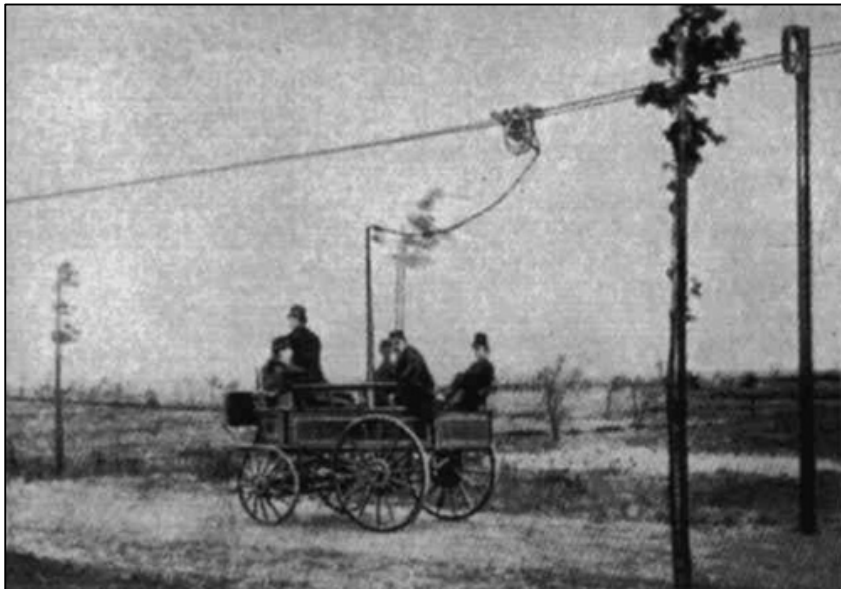
BEVEZETÉS.....	1
1. TROLIBUSZ ÉS AUTÓBUSZ KEZDETEKTŐL NAPJAINKIG	2
2. SZEGED VÁROS KÖZÖSSÉGI KÖZLEKEDÉSE.....	6
2.1 Történelmi előzmények	6
2.2 Jelenlegi hálózat	7
3.BEST PRACTICE, KÜLFÖLDI HELYZETKÉP	9
4. A JELENLEGI RENDSZER PROBLÉMÁI	11
4.1 Környezetvédelmi felvetések	11
4.2 További szempontok.....	13
4.3 Troli vagy busz?	14
4.4 A fejezet összefoglalása.....	16
5. MEGVALÓSÍTÁSI LÉPÉSEK	17
5.1 Hálózatfejlesztés.....	17
5.2 Járművek általában	18
5.3 Troli-busz.....	20
5.4 Lépésről lépésre.....	22
5.5 Az üzemeltetés kérdései.....	22
5.6 Várható előnyök	23
ÖSSZEFOGLALÁS.....	26
FELHASZNÁLT IRODALOM.....	27
Ábrajegyzék.....	28
Táblázat jegyzék	29

BEVEZETÉS

Ezen tanulmányom ihletését egy várospolitikai esemény adta. 2014-ben Szeged város és a Tisza Volán Zrt. között lévő úgynevezett közszolgáltatási szerződés lejár. Ez azt jelenti, hogy a városnak újra ki kell írni pályázatot az autóbusz-hálózat üzemeltetésére. Szegeden jelenleg két szolgáltató foglalkozik menetrendszerinti közforgalmú személyszállítással. A Tisza Volán Zrt. üzemelteti a buszhálózatot és a Szegedi Közlekedési Kft. pedig az elektromos üzemű hálózatot, ez a villamos és trolibusz hálózatot jelenti. Az elmúlt években jelentős fejlődésen ment keresztül elsősorban a városi elektromos közlekedési rendszer. Felújították a pályákat, telephelyeket és új járműveket szereztek be. A kedvező tárgyi adottságoknak és a jelentős technikai fejlődésnek köszönhetően a javaslatom, hogy a városi autóbusz-hálózatot váltsuk ki, úgynevezett önjáró trolibuszokkal. Ez a gyakorlatban annyit tesz, hogy ahol van felsővezeték ott trolibusz üzemmódban közlekedne a jármű, ahol viszont nincs, ott akkumulátoros üzemmódban, vagyis önjáró módban közlekedne tovább a jármű. Egy korábbi EU-s pályázatnak köszönhetően már év végén a városba érkezik az első olyan trolibusz, amelyik képes önjáró módban közlekedni. 2014-ig tizenhárom darab ilyen jármű érkezik. Természetesen ez még kevés egy teljes autóbusz-hálózat kiváltására, ezért körülbelül három évre van szükség a teljes átálláshoz. A trolibuszoknak számtalan előnye van. Elég csak a környezetvédelemre gondolni, hiszen az elektromos közlekedés a működés helyén zéró emisszió, vagyis nincs károsanyag-kibocsátása. Az energia előállítás pedig történhet környezetbarát módon, megújuló erőforrásokból is. A tanulmányomban megvizsgálom az átállás gazdasági és környezetvédelmi aspektusait. Összehasonlítva a jelenlegi autóbusz üzem fenntartását a mostani trolibusz üzem fenntartásával. Így teljes képet kaphatunk a különböző üzemek működéséről.

1. TROLIBUSZ ÉS AUTÓBUSZ KEZDETEKTŐL NAPJAINKIG

A fejlődéstörténetben a trolibusz megelőzte az autóbust. Az első trolibuszt 1882-ben mutatták be Berlinben.(Jakab-Nagy [2011a]). A járművet Werner von Siemens találta fel. Az első autóbuszok az 1890-es években jelentek meg. Az akkori Magyarország területén 1904-ben jelent meg az első trolibusz és érdekesség, hogy nem Budapesten, hanem Ótátrafüreden. Akkoriban az elektromos motorral történő meghajtás drágább volt, mint a benzines és dízeles motorok, így hosszabb időre háttérbe szorult a trolibusz, illetve csak nagyon lassan fejlődött. Maga az elnevezés onnan származik, hogy a felsővezetéken egy kiskocsi úgynevezett „trolley” futott és ez volt vezetékekkel összekötve a járművel. Az első ábrán jól látható, hogyan is nézett ki ez a jármű feltalálásakor.



1. ábra Östrolibusz
Forrás: Jakab –Nagy [2011b]

A kocsiszekrények kialakítása kezdetben, mint a fenti képen is látható inkább egy lovas kocsira emlékeztetett később az omnibuszokhoz volt hasonló. Már az 1910-es évektől kezdve azonban elkezdtek önálló kocsiszekrényt építeni a járműnek és egyre jobban hasonlított az akkori autóbuszokhoz. Itt érdemes megvizsgálni az autóbusz fejlődés történetét. Karl Benz 1896-ban mutatta be autóbuszát, amelyet a második ábrán láthatunk. Megfigyelhető, hogy ez a jármű is inkább egy lovas kocsira emlékeztet. Az évek során a trolibuszok és autóbuszok fejlődése külön vált, azonban mindig is voltak összefonódások.

Bár a trolibuszokat próbálták időnként elcsorbítani, főleg mikor a kőolaj kitermelés élen járt.



2. ábra Benz első autóbusha

Forrás: <http://harixis.uw.hu/autobuszok+trolibuszok/autobuszok+trolibuszok.htm>

Azonban mikor kitört az olajválság, akkor be kellett látni, hogy igen is van létjogosultsága a trolibuszoknak és az elektromos közlekedésnek is, beleértve a villamosokat is. Hiszen amikor a trolibusz hálózatokat leépítették, akkor általában vele jártak a villamos hálózatok leépítései is, ez elsősorban a szocialista gazdaságokra berendezkedett országokra jellemző, de az úgynevezett nyugati országokban is megfigyelhető tendencia volt. Londonban például az 50-es évekre a villamos közlekedés megszűnt. Csak 2000-es évek elején indult újra a külvárosi részen a villamos közlekedés. A mai kor tendenciáit figyelembe véve megállapíthatjuk, hogy a világ afelé halad, hogy a két jármű valamilyen formában egyesüljön. Az autóbusz szabadságát és a trolibusz dinamikusságát és környezetbarát hajtásmódját kell egyesíteni. Magyarországi és külföldi példák is mutatkoztak, amikor a trolibuszt és az autóbust próbálták közelebb hozni egymáshoz. Erre jó példa a 80-as évek, amikor a Ganz villamossági művek és az Ikarus autóbusz gyár közös járművet mutatott be, mely utódai a mai napig üzemben vannak Budapesten. Ezek a GVM trolinak nevezett járművek az Ikarus 280 típusú kocsiszekrényt használják alapul, és Ganz villamossági berendezések vannak bennük. Külső megjelenése tehát autóbuszra emlékeztet. A harmadik ábra mutatja be ezt a járművet.

A trolibuszokat gyártó vállalatok már viszonylag korán 20-30 évvel ezelőtt is kísérleteztek az önjárósítás megteremtésére, így hazánkban is.



**3. ábra Ik-280.94 (GVM) típusú trolibusz
Forrás: Gádzser Balázs gyűjteménye**

Kezdetben általában dízelmotort építettek a járművekbe, melyet szükségüzemben használtak, pl.: felsővezeték szakadás esetén. Ezen kívül próbálkoztak akkumulátorok beépítésével is ezek általában ólomakkumulátorok voltak. Ezek a megoldások azonban hosszútávon nem voltak se gazdaságosak, se pedig környezetbarát megoldások. Magyarországi viszonylatban csak kísérleti járműveket hoztak létre, csak 1-1 darabot, a sorozatgyártás nem valósult meg. Ha megnézzük a mai trolibuszokat, melyek képesek önjárásra, akkor két féle mód létezik, az egyik az aggregátor használata, mely dízel üzemanyagot használ, a másik pedig az akkumulátoros üzemmód, általában lítium akkumulátorok használata terjedt el. Ezek szemben a korabeli elődeikkel, már nagyobb hatásfokkal és teljesítménnyel üzemelnek. Mind a két féle módra van magyar példa is. A Debreceni Közlekedési Vállalat (DKV) üzemeltet dízel aggregátoros trolibuszokat, míg a Budapesti Közlekedési Vállalat (BKV) akkumulátoros üzemmódban is közlekedethető járműveket használ. A DKV-nál a trolibuszokat üzemszerűen használják önjáró módban, ugyanis az egyik vonal úgy lett kialakítva, hogy csak bizonyos részén van felsővezeték. Az utolsó szakaszt felsővezeték nélkül üzemeltetik. A BKV-nál használt járművek csak akkor közlekednek önjáró módban, ha valamilyen körülmény, pl. áramszünet ezt indokolja.

A 4. ábra mutatja be a DKV járművet, amint egy olyan megállóba állt meg, ahol önjáró módon közlekedik. Mind két járművet egyébként a Ganz-Solaris cég gyártotta.



4. ábra Áramszedő nélkül a DKV trolija
Forrás: Gádzser Balázs gyűjteménye

Az 5. ábrán láthatjuk a BKV járművét.



5. ábra BKV járműve
Forrás: Gádzser Balázs gyűjteménye

Az autóbuszgyártó vállalatoknál is megfigyelhető a környezetbarát közlekedési módra törekvés általában a hibrid hajtások felé mutat a tendencia, de már léteznek elektromos buszok is. Látható tehát, hogy az autóbuszoknak és trolinak a jövőjük is a közös út felé mutat

2.2 Jelenlegi hálózat

Az elektromos közlekedés jelenleg a törzshálózati gerincét jelenti a teljes közösségi közlekedési hálózatnak.

Az 1. táblázatban leolvashatók, hogy jelenleg mekkora vonalhálózatról van szó.

Vonalhálózat hossza

1. táblázat

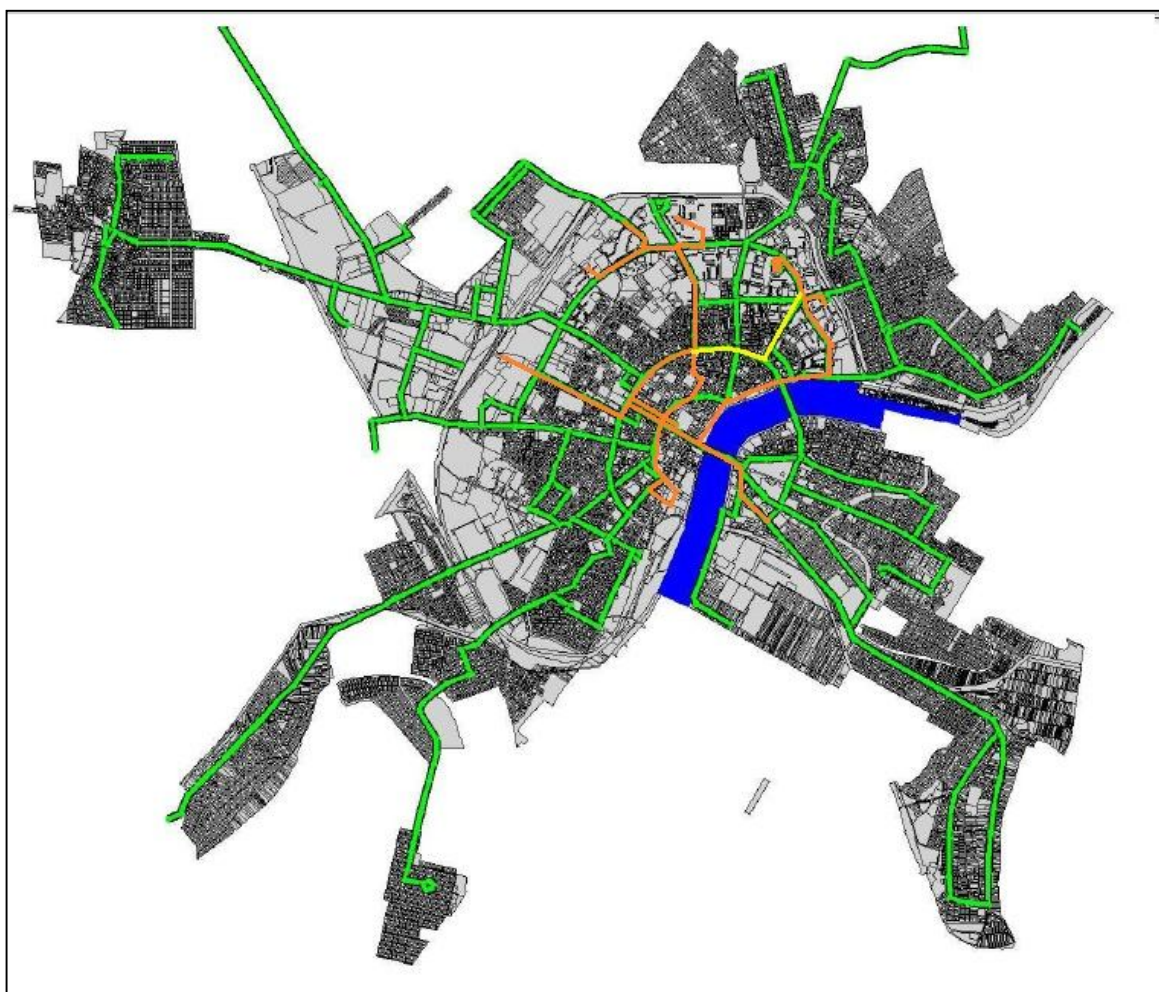
Vonalhosszok (Km)	
Villamos	31,3
Trolibusz	34,3 ¹
Autóbusz	~110 ²

Forrás: SZKT, saját mérés

Bár az autóbusz-hálózat nagyobb, azonban a legnagyobb utasforgalom a villamos és trolibusz vonalakon bonyolódik le. A városi vonalhálózat kialakítását figyelembe véve jó néhány olyan autóbusz vonal van, amelyek végállomása nem messze található a trolibusz végállomásoktól. Ezen szempontok is hozzájárulnak ahhoz az elgondoláshoz, hogy célszerű volna, ha ezekre a helyekre el lehetne jutni trolibusszal. Mivel nincs túl nagy távolságra, ezért nem igényel infrastrukturális beruházást, kizárólag elég az új jármű megléte. Az autóbusz-hálózat viszonyát a trolibuszhoz a 7. ábra mutatja be. A képen zöld színnel jelölt vonalak az autóbusz-hálózatot, a narancssárga színű a trolibuszvonalat és a sárga színű a kiépített trolivonalat jelöli, ahol nincs menetrendszerinti forgalom jelenleg. Az autóbusz végállomásokat, ha távolság szerint összehasonlítjuk a trolibusz végállomásokkal, akkor átlagosan 6 km-el van távolabb a végállomása a busznak a troliótól.

¹ A kapott adatokba beletartozik a 10-es trolis vonal is, ahol a felsővezeték ki van építve, de jelenleg nem közlekedik rajta trolibusz.

² A buszhálózat méréssel lett megállapítva, a közös szakaszok csak egyszer lettek beleszámítva, ezért van ez a megközelítés



7. ábra Trolibusz-autóbusz vonalhálózat
Forrás: Szeged MJV Közlekedésfejlesztési koncepció 2007

„A trolibusz-közlekedés emisszió-mentes és gyors, korszerű járművek esetén igen csendes. A jelenlegi üzemméret nem elég nagy a gazdaságossághoz. A járműpark az utóbbi években látványosan fejlődött.”(Szeged MJV Közlekedésfejlesztési koncepció 2007). Ezen megállapítás további szempont és egyben indok, hogy a jelenlegi hálózatot bővíteni kell. Mivel a belvárosban, illetve a harmadik körúton belül az elektromos közlekedés egyértelmű fölényt érez, így a peremkerületek bevonásának lehetőségét kell vizsgálni. Hol kell felsővezetéket építeni, és hol elég pusztán a járműbeszerzés. Ezekre a kérdésekre későbbi fejezet ad választ.

3.BEST PRACTICE, KÜLFÖLDI HELYZETKÉP

A trolibuszok „pályafutása” hasonlóan a magyarországi példákkal hasonló életutat jártak be. A korai fellendülés után sok helyen visszaszorították a hálózatot, sőt meg is szüntették. Azonban ez a terület is, ahogy a villamosközlekedés is reneszánszát éli és több európai nagyvárosban újjá építették. Két példa kerül bemutatásra. Mind két városban van önjáró trolibusz, azonban a felhasználás módja eltérő. Az első példa, ami bemutatásra kerül Olaszország fővárosa Róma. 1937-ben építették ki a hálózatot és egészen 1972-ig üzemelt. Ezután autóbuszokkal váltották fel a trolikat. 2005-ben döntött a városvezetés arról, hogy újból kiépíti a trolibusz hálózatot. Amikor az elgondolás megszületett két szempont vezérelte a döntéshozókat. Az első, hogy a levegőszennyezettséget csökkentsék, a másik pedig, hogy a belvárosban ne legyen kiépítve felsővezeték, ezért önjáró módon is tudjon közlekedni a jármű. A történelmi belvárosban körülbelül 3 km-es szakasz van, amit önjáró akkumulátoros módon kell megtennie a trolinak. Az ide vásárolt járműveknek magyar vonatkozása is van. A jármű elektromos rendszerét a Ganz-Transelektro Közlekedési Rt építette be. A hálózatra jellemző, hogy bár a névleges feszültség magasabb szemben a magyar 600V-os rendszerrel itt 750V egyenárammal működik, de a főbb paraméterek megegyeznek. A 2005. évi újrainvitást követően adtak át vonalat 2008-ban és 2012-ben is, tehát folyamatosan bővítik a meglévő hálózatot, ez is bizonyítja, hogy van jövője a trolibuszoknak. A 8. ábra mutatja be a trolibuszt, amint önjáró módon közlekedik.



8. ábra Önjármódban, a belvárosban
Forrás: Mega Anorak gyűjteménye a Flickr internetes oldalról

A második példa a svájci Genf városa lesz, ahol a forgalmi viszonyok között nem használják az önjáró módot, csak a járműtelepen való közlekedésre. Ezt azért tartom fontosnak megemlíteni, hogy lássuk, a külföldi országokban a trolibusz bizony annyira nem is kötött. További érdekessége a városnak, hogy 1978-ban az Ikarus és a svájci BBC/Sécheron (Brown-Boweri & Cie AG közös járműfejlesztésbe kezdtek. Az Ikarus adta a járműszekrényt a BCC pedig az elektronikát fejlesztette ki benne. Ez egy nagyon korszerű és újszerű jármű volt, úgy nevezett szaggató hajtásrendszere volt. Ezzel jelentős energia megtakarítást értek el, szemben az akkor közlekedett trolibuszokkal. A járművet Genfben tesztelték le. A bemutatott két város is jól példázza, hogy a trolibuszokra manapság már nem úgy kell tekinteni, mint egy dróton függő buszra, hanem szerves része lehet a korszerű közösségi közlekedésnek és jogosan részesedhet a modal-splitből. Mint korábban már említve lett a külföldi példák magyar viszonylatokban is megtalálhatóak. Debrecenben üzemszerűen van önjáró mód, Budapesten pedig szükségüzemben használják. Mivel Budapest után Szegeden a legnagyobb a trolibusz hálózat ezért tartom helyesnek, ha a buszközlekedést, amely bármennyire is kezd környezetbaráttá válni a szigorú káros anyag kibocsájtása maximalizálása miatt, az elektromos közlekedéssel nem tud versenyezni.

4. A JELENLEGI RENDSZER PROBLÉMÁI

4.1 Környezetvédelmi felvetések

Talán még a nem szakmai közönség számára is egyértelmű, hogy az autóbusz közlekedés, amely nagy általánosságban nem megújuló energiaforrást használ a közlekedésre egyértelműen károsabb, mint a zéró emissziós trolibusz. Bár kétségtelen, hogy a szigorú környezetvédelmi előírások miatt a káros anyag kibocsátása folyamatosan csökken az új autóbuszoknak, azonban még mindig nem nulla. Az Európai Unió irányelvei és előírásai azt a célt szolgálják, hogy az emberek életminősége javuljon. Ebbe beletartozik az is, hogy egészséges életteret biztosítsunk számukra. A közlekedés, illetve maga a mobilitási igény jelentős környezeti terhet bocsájt ki magából. Elsősorban itt a levegőszennyezésről van szó, hiszen az az elsődleges, ami jelentkezik. A másik fontosabb környezet terhelés pedig a zajhatás. Ma már bizonyítást nyert, hogy a tartós nagy zajhatás hosszútávon idegrendszeri megbetegedésekhez vezethet közvetlenül, illetve közvetett módon kiváltója a stressznek, mint orvosi fogalom. Ez alatt értendő a szervezet tartós fizikai és szellemi igénybevétele, mely hatás, ha hosszútávon fennáll, illetve rendszeresen ismétlődik, akkor kiváltója lehet egyéb más betegségeknek, így például a magas vérnyomás betegségeknek, mely sajnálatos módon hazánkban vezető halálozási okok közé sorolt. A közforgalmú közlekedést biztosító szolgáltatók részére főleg most a Volán-társaságra kell gondolni a megrendelő szabályozni tudja közvetett módon, hogy a járműpark milyen átlagéletkorral rendelkezzen, ezáltal a fajlagos környezeti terhelését is. Szeged város esetében a szolgáltató Tisza Volán úgy kívánt megfelelni ennek, hogy a 1998-as évben beszerzett az Ikarustól CNG földgáz meghajtású autóbuszokat. A következő tíz évben is a folyamatos korszerűsítés jellemezte, elsősorban az alacsonypadlós járművek beszerzése. A következő nagy forduló 2008 volt, amikor Mercedes-Benz Citaro típusú szintén CNG meghajtású alacsonypadlós járműveket vásároltak, valamint néhány évvel ezután Mercedes-Benz Conecto autóbuszokat, amelyek Euro 4-es motorral, de gázolaj meghajtással rendelkeznek. Az autóbusz közlekedés nagy hátránya azonban, hogy a levegőt szennyezik. Az egyik legveszélyesebb szennyezés a szálló por. Ezek mikroszkopikus méretű részecskék, melyek beépülhetnek a tüdő sejtjeibe, ezáltal rákos megbetegedéseket előidézve, illetve légúti megbetegedéseket. Ezt a szennyező forrást csak elektromos járművel lehet megszüntetni.

A trolibuszok esetében a környezetvédelmi szempont az energiafelhasználás. Evidens, hogy káros anyag kibocsájtásról nem beszélhetünk ebben az esetben. Azonban az energiafelhasználás is lehet egy fajta hátrány. Ezt a szolgáltató SZKT az elmúlt évek során úgy igyekezett csökkenteni, hogy a meglévő járműállományát korszerűsítette. Elsősorban a hajtásrendszert. Ez két féle eredményt produkált.

Az egyik, hogy csökkent az energiafelhasználás a másik, hogy képesek rekuperálni, fékezéskor energiát visszatáplálni a hálózatba, ezáltal szintén az energiafelhasználás csökkenthető. Az elektromos járművek korszerűsítései azt eredményezték, hogy nem csak az energiafelhasználás, de a zajkibocsájtás is jelentősen csökkent. A modern autóbuszoknál a tapasztalat az, hogy csak kis mértékben csökkent a zajkibocsájtás. További korszerűsítés volt, hogy a felsővezeték hálózat energia ellátását fejlesztették. Ennek eredményeképpen csökkentek az energia szállítás költségei, veszteségei. Mivel emisszióban nem lehet összehasonlítani a két járművet, ezért az energiafelhasználás alapján kerül összehasonlításra. A 2. táblázat szemlélteti egy hagyományos Ikarus 280-as típusú autóbusz energiafelhasználását és egy Skoda 15Tr típusú trolibusz energia igényét, valamint általánosságban az autóbuszok és a legkorszerűbb trolik energiafelhasználását.

Energiafelhasználás

2. táblázat

Jármű típus	Energiafelhasználás (kWh) 1 km-re vetítve
Ikarus 280 autóbusz	3,5
Skoda 15 Tr trolibusz	2,5
Általános fogyasztás autóbuszok	3,5-2,7
Általános fogyasztás trolibuszok	1,5-1,7

Forrás: Dr. Dózsa Gábor főiskolai docens felmérése (SZTE JGYPK Technika tanszék)

További érdekes adat, hogy az autóbuszok gázolajfogyasztását, ha átszámítanánk, hogy a rekuperációra képes trolibusz fogyasztását is gázolajban néznék, akkor 100 liter gázolajfogyasztás esetén a trolibusz 30 litert képes visszatermelni. A technika jelen állása szerint, bár lehet környezetbarát módon előállítani fosszilis tüzelőket, így például a biogáz, azonban összevetve az elektromos áram előállítási lehetőségeit nem kifizetődőek. Elektromos áramot számtalan környezetet csekély, vagy egyáltalán nem terhelő módon elő lehet állítani és nagy előnye, hogy az energia veszteség minimalizálható.

4.2 További szempontok

Az önjáró trolibuszokat a hibrid autóbuszokkal érdemes összehasonlítani, mert műszaki megoldásuk sokban hasonlítanak. Először is nézzük meg, hogy az autóbusz ipar eddig milyen lépéseket tett. Általában két fajta autóbusz létezik, amelyek eleget tesznek ennek a feltételnek. Vagy kettő motor található a járműben, egy dízel és egy elektromos, vagy pedig tisztán elektromos meghajtású a jármű.

A Mercedes-Benz már kikísérletezett olyan járművet, amelyben hidrogén cellák is találhatóak. Azonban ne felejtsük el, hogy a hidrogén előállítása energiafelhasználással jár és általában vízbontás eredménye.

Ezeknek a hibrid járműveknek az emissziója tehát minimális, de nem nulla, energiafelhasználása viszont még mindig magasabb, mint a trolibuszé. Az elektromos autóbusz esetén nemrégiben Szeged városában teszteltek egy ilyen járművet, melyet Kínában gyártottak. Ami a járművel probléma, hogy a feltöltés miatt maximalizálva van a napi teljesítménye, ezen kívül a gyakori akkumulátor igénybevétel miatt az élettartama jelentősen rövidebb, mint a trolibuszoknak. A sok elektromos berendezés miatt a jármű mérete sem megfelelő a szegedi hálózatra, ugyanis mindösszesen 58 főt tud befogadni, míg egy szóló trolibusz 76 főt (Skoda 14Tr).

A szegedi trolibusz hálózat az uniós nagyprojekt keretén belül jelentősen megújult. Csökkentek az energiaszállítási veszteségek, nőtt a kapacitása.

Iskolai tanítási munkanap, a trolibuszok csúcsórai járműkibocsájtása 32 db, míg autóbuszoké 102 db. A trolibuszok esetében csúcsidőn kívül is számolhatunk 30 db járművel, míg autóbuszok esetén 92 db-al. Az autóbuszok további hátránya, hogy azokat időközönként tankolni is kell, ami felesleges üres futásokat eredményez, ez további energia veszteség. Bár a rendszer elég heterogén, tekintve a járműpark sokféleségét, ha megpróbálnánk homogenizálni és átlagolni, akkor könnyedén belátható, hogy az autóbuszok számossága háromszoros a trolibuszokhoz képest, viszont az energiafelhasználása figyelembe véve a 2. táblázatot az energiafelhasználás a négyszerese. A számítási mód: $E = \frac{b \cdot E_b}{g \cdot E_g}$, ahol a b= trolibuszok darabszáma, g= autóbuszok darabszáma, Eb= energiafelhasználása egy db trolibusznak, Eg= energiafelhasználása egy db autóbusznak. Ez a mutató egy fajlagos mutató, a szegedi hálózat járműszükségét veszi figyelembe.

További előnye a trolibuszoknak, hogy álló helyzetben nem kell energiát felhasználnia, kivéve a segédüzemi berendezések (világítás, utastér fűtés-hűtés).

Néhány szó az önjárás kérdéséről. Manapság ha önjáró járműről beszélünk, két féle elképzelés létezik. Az egyik, hogy akkumulátorokat telepítenek a járműbe. Vasúti járművek esetén már létezik olyan módszer, mely nem akkumulátorokat, hanem szuperkondenzátorokat használ. Az energia feltöltés pedig a megálló helyeken történik és csak annyi energiát vesz fel, amennyi elegendő a következő megálló eléréséhez. Ha akkumulátorokról van szó a mai gyártók általában az akkumulátor kisülés végett úgy tervezik, hogy azok 100%-ba soha ne süljenek ki, 50%-os kisülést írnak elő, erre vállalnak garanciát. Ez biztosítja a hosszú élettartamot. A mostani autóbusz vonalhálózatot figyelembe véve általában 15 km önjárást kell elviselnie a jövőbeni járműnek. A cseh Skoda járműgyártó vállalat 1 km önjárásra 10 km akkumulátort helyez el. Ez azt jelenti, hogy ha 10 km-el számolunk, akkor ez 1000 kg akkumulátor tömeget ad. Egy átlagos csuklós trolibusz tömege 15000 kg körül van. Az akkumulátorok tehát 6-10%-át képezik a teljes tömegnek az önjáró képesség függvényében. Mivel nem szabad, hogy teljesen kisüljön, az akkumulátor a majdani járművet úgy kell tervezni, hogy 20 km önjárásra legyen képes, de üzemi körülmények között maximum 15 km önjárásra használják csak. A továbbiakban a megvalósítás lépéseit kell meghatározni. Ilyenek a hálózat kialakítása és a jármű meghatározása.

4.3 Troli vagy busz?

Két féle összehasonlítás lesz, egy általános és két konkrét típussal. A kiválasztás a Volvo 7700 szülő hibrid autóbuszra esett. Mivel ez az autóbusz Magyarországon már volt teszt üzemben, Debrecen városában, ezért elérhető források állnak a rendelkezésre, hogy összehasonlító tanulmányt lehessen végezni.

Ami a műszaki érvek előtt a hibrid autóbuszok ellen szól, hogy jelenleg a beszerzésükre nincs forrás, illetve fedezet. Azonban ha ettől eltekintünk, akkor vizsgáljuk meg, a gépészeti berendezések hasonlóságait, amelyet a 3. táblázat mutat be.

Busz és troli fődarab egyezőségek

3. táblázat

<i>Volvo 7700</i>	<i>Skoda 21 Tr</i>
Dízelmotor	Villanymotor
Villanymotor/Generátor	
Sebességváltó	
Hajtáslánc vezérlő egység	
Inverter	Inverter
Akkumulátorok	
Segédberendezések	Segédberendezések

Forrás: SZKT, Indoház Online Magazin 2011.7.20, saját szerkesztés

Az autóbuszban több berendezés van, ennek gyakorlati kimenete, hogy nagyobb a járműszekrény (4. táblázat), viszont ezáltal kevesebb utast képes elszállítani.

.Járművek főbb méretei

4. táblázat

Jármű	Hosszúság	Szélesség
Skoda 21Tr	11560 mm	2500 mm
Volvo 7700 hibrid	12000 mm	2550 mm

Forrás: Volvo, SZKT, saját szerkesztés

A példában szereplő trolibusz 29 m² út felületet foglal el és 86 fő közötti kapacitással rendelkezik. Az autóbusz 31 m² felülettel tud elszállítani 95 fő közötti utast. (5fő/m²-el számolva). 290 m²-nyi felület esetén 10 db trolibusz 860 főt lenne képes elszállítani, szemben az autóbusszal, amelyből ekkora felületen csak 9 db férne el és 855 főt szállítana el. A tendenciák afelé mutatnak, hogy a közlekedésbe bevonható felületek is csökkenek, ezért látható, hogy a trolibusz itt is előnyt mutat fel szemben a hibrid autóbusszal. Az energiafelhasználásokat már egyszer számításba vettük, de könnyen belátható, hogy amíg fosszilis energiaforrást használ, addig nem lehet beszélni versenytársról.

A hibrid járműveknek ott lehet létjogosultsága, ahol nincs kiépítve trolibusz hálózat. Üzemeltetési tapasztalat összehasonlítást Seattle (USA) városi tanácsa kért. 2011-ben készítettek egy tanulmányt, ahol kimutatást végeztek az üzemeltetési költségekről, a számításuk alapjául a trolibusz és a dízel hibrid autóbusz szolgált. A tanulmány megállapította, hogy éves szinten 4 millió dollárnyi különbség van, a trolibusz javára. Az eddigi felvetések alapján úgy látszik, hogy a trolibusz alkalmazása előnyös lehet, ezért a dolgozatomban ennek lehetőségét vizsgálja.

4.4 A fejezet összefoglalása

Látható, hogy a busz közlekedés esetén felmerülnek környezetvédelmi szempontok, így a levegő tisztaság, valamint az energia felhasználás kérdése. A trolibusz előnye, hogy a levegőtisztaságnak maximálisan meg tud felelni, míg az energia felhasználása is kisebb ezeknek a járműveknek. Ilyen szempontok szerint lehetne a megoldás a hibrid autóbusz alkalmazása is. Azonban ezek a járművek bármennyire is környezetbarátnak mondhatóak, emisszió kibocsátásuk nem nulla, valamint még mindig dízelmotorral üzemelnek elsősorban. Az elektromos energia előnye, hogy nem csak egy irányban hasznosítható, azaz van bemeneti oldala, ez a jelen esetben a jármű indításához és mozgásban tartásához szükséges energiát jelenti, viszont fékezéskor is felszabadul energia, amit lehet hasznosítani. Mivel a dolgozat témája az autóbusz hálózat teljes kiváltása, ezt önjáró trolibuszokkal érhetjük el. Ha önjáró trolibuszhoz, mint lehetséges megoldás eljutunk, akkor vizsgálni kell, hogy milyen módon közlekedjen a felsővezeték mentes részen. Erre láthattunk külföldi példát is, hogy kizárólag akkumulátorral. Az én javaslatom, hogy a vasúti járműveknél meglévő kondenzátoros megoldást a már meglévő akkumulátoros megoldásokkal ötvözzük. A továbbiakban azt kell vizsgálni, hogy milyen beruházások szükségesek a terv megvalósításához, valamint ezek tényleg előnyösek-e. Az itt felsoroltak egy probléma mátrixban is összefoglalom. (5. táblázat)

Probléma-mátrix

5. táblázat

Probléma	Elsődleges javaslat	Előnye	Hátránya
Levegőtisztaság	Hibrid autóbusz	Emisszió minimum	Dízelmotor, élettartam
Zaj, rezgéshatások a buszoknál	Hagyományos trolibusz	Minimális zajhatás	Trolibusz üzem kötöttségei
Energia felhasználás minimalizálása	Trolibusz	Rekuperáció	Felsővezeték kiépítés korlátai

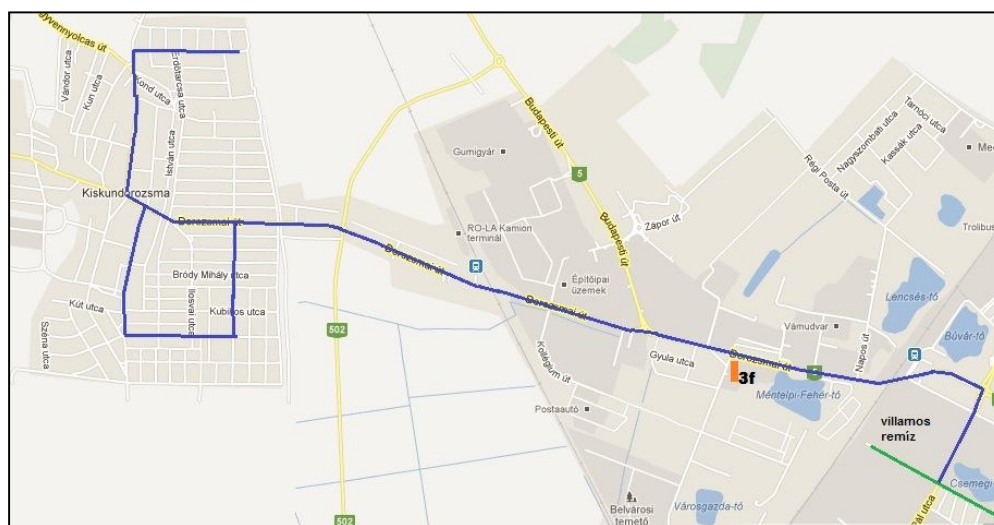
Forrás: Saját szerkesztés

5. MEGVALÓSÍTÁSI LÉPÉSEK

Az előző fejezetben általános képet kaptunk a majdani járműről. A megvalósítást több lépésben képzelem el. Ezeket az egyes alfejezetek mutatják be.

5.1 Hálózatfejlesztés

Ha a mostani trolibusz hálózatra építünk, akkor az autóbuszvonalakhoz képest, a leendő új trolival kiszolgált vonalak a nyomvonalakban jelentős mértékben eltérhetnek. Bizonyos járatok pedig megszűnnének. Ezért az egész fejlesztés egy új hálózat létesítéssel járna. Ha 15 km-es önjárást veszünk figyelembe, akkor egy irány esetén kell jelentős változtatásra. Nevezetesen a Dorozsmai irány. Ahogy a 9. ábra mutatja be, a számításoknál, úgy lett figyelembe véve, hogy a most meglévő 7-es trolibusz vonalról ágazik le, ez a zöld színnel jelölt, utána a kék színnel jelölt útvonalon halad, ez körülbelül 7-8 km-t jelent, oda irányba.



9. ábra Dorozsma egyik lehetséges megközelítése

Forrás: Google maps, saját szerkesztés

Ezt a területet jelenleg két irányból közelíti meg autóbusz járat, így érdemes megfontolni, hogy a másik irányt, ha elhagyjuk, milyen következményei lesznek. Egy korábbi tanulmányom foglalkozott az idő alapú jegyek bevezetésével. Véleményem szerint, ha használat arányosan kell fizetni a szolgáltatásért és összehangolt menetrendek vannak, akkor nem okoz nehézséget, ha át kell majd szállni, ugyanis a narancssárga pont egy meglévő villamos végállomás, a 3F-es villamos végállomása, illetve jelenleg abból az irányból megy a másik autóbusz Dorozsma felé. Ezen kívül a többi vonalnál nagyfokú racionalizálás, járat összevonások lehetségesek.

Ezek csökkentik az átszállásokat, illetve kevesebb járművet kell felhasználni. Elérkeztünk tehát az üzemgazdaságosság másik megközelítéséhez.

Nem csak energiát lehet spórolni, hanem kevesebb járművet is kell felhasználni, ami megint csak oda vezet, hogy az energia használat kevesebb. Ezen kívül a szolgáltatási színvonal látványosan javul. Ezen kívül, ha átszállásmentes kapcsolatokat hozunk létre, akkor a szolgáltatás színvonalát olyan módon lehet emelni, hogy többlet ráfordítás, ha csak a hálózatot nézem, nem történt.

5.2 Járművek általában

Az SZKT állományában,- amelyek napi szinten forgalomban vannak járművek- 46 db trolibusz alkotja, ezek átlagéletkora 17 év. Csuklós járművekből 25 db van, ezek átlagéletkora 19 év, a legfiatalabb mindössze 2 éves. A szóló járműveknél az átlagéletkor 15 év. Az állomány jelentős része mostanában, illetve 2 éven belül kapott jelentős felújítást vagy modernizálást. A közlekedési nagyprojekt keretén belül a városba jövő évben érkezik 13 db modern alacsonypadlós jármű, melyek 5 km önjárásra képesek lesznek. A járműfejlesztésnek három féle irányvonala lehet. Az egyik lépés, hogy a még felújítás előtt álló járműveket átépíteni, illetve telepíteni az akkumulátorokat. A másik irányvonal az új járművek beszerzése. A harmadik lehetséges lépés, amire volt már példa, hogy csak karosszéria beszerzése és az SZKT saját maga szereli be a különböző alkatrészeket. Ez a lehetőség a legkedvezőbb, ugyanis egy vadonatúj gyári trolibusz és egy SZKT szerelte trolibusz ára között akár 30%-os³ eltérés is lehet.

A meglévő trolik átépítésébe azokat a járműveket érdemes számításba venni, amelyek átlagéletkora 10 év alatt van. A modernizáció során, körülbelül 20 évvel lehet meghosszabbítani az élettartamukat. Ebbe a körbe tartoznak a 10. ábrán bemutatott Skoda 21tr-ek.

³ Az SZKT-ARC trolibusz megépítési költsége és a piacon kapható hasonló trolibuszok ára közötti százalékos különbség



10. ábra Skoda 21 tr
Forrás: Gádzser Balázs gyűjteménye

Új járművek beszerzése csak akkor lehetséges, ha EU-s pályázat keretében van lehetőség. A legkézenfekvőbb megoldás tehát a saját jármű építése, amelyre szintén lehet pályázati forrást is találni. Ezen kívül nemzetgazdasági jelentősége is van, hiszen a helyben épület jármű GDP-t is termel, helyi munkaerőt foglalkoztat, így a befektetett pénz jelentős része az országban marad. Egy másik része azért áramlik külföldre, mert bizonyos alkatrészeket csak külföldről lehet beszerezni. Néhány paramétert érdemes megfogalmazni az új járművel. A következő táblázat néhány paramétert ad meg a leendő járműről.

Lehetséges új jármű paraméterei

6. táblázat

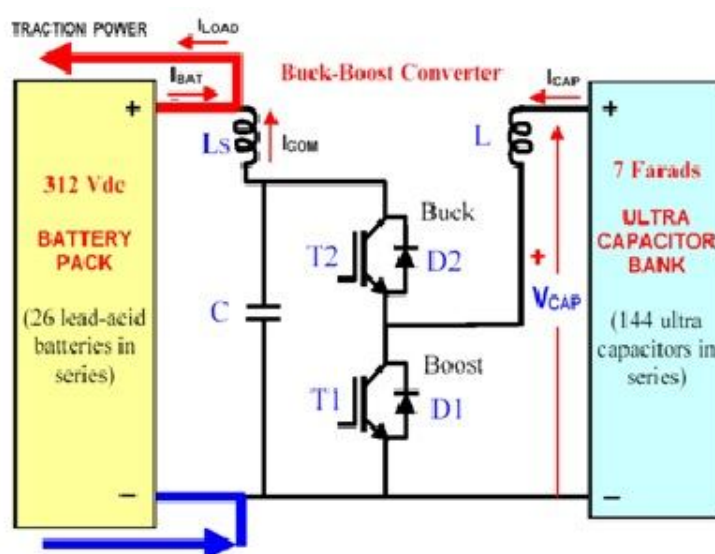
Paraméter	Mennyiség	Mértékegység
Hosszúság	19	méter
Szélesség	2,5	méter
Magasság	3,5	méter
Tömeg	2	tonna
Ajtók száma	4	db
Motor teljesítménye	240	kW
Befogadóképesség	130	fő
Maximális fogyasztása	1,7	kW/km

Forrás: Saját elképzelés, szerkesztés

A meglévő és a várható utasforgalom miatt, ha új járművek építéséről van szó, akkor érdemes csuklós járműveket építeni. A szóló járművek esetén, inkább a meglévő és említett járműpark átépítésével, modernizációjával történjék az önjáró trolibuszépítés.

5.3 Troli-busz

Ebben a fejezetben a kulcskérdésről kívánok beszélni. Mitől lesz önjáró és miért troli-busz. Azért írhatjuk így, mert meghatároztam, hogy a meglévő felsővezeték rendszert is használná a jármű, itt hagyományos trolibuszként üzemelve. Amint olyan pontra érkezik, ahol a felsővezetéknek vége van, egy kijelölt ponton az áramszedőt leengedi automatikusan a vezető fülkéből irányítva és átkapcsol a „busz” üzemmódra. Az eddigi járműfejlesztések kizárólag akkumulátorokban gondolkoztak önjárás esetén. Ebben az esetben előállnak bizonyos műszaki korlátok. Ilyen korlátozó tényező, hogy az akkumulátor hosszú élettartam biztosításához a kisülés 50%-nál ne legyen több. Ez a gyakorlatban olyan hátrányokban mutatkozhat meg, hogy pl. 5 km önjárásra 10 km megtételéhez szükséges akkumulátorral több kell, ami a tömegét növeli a járműnek. Ha elfogadjuk a Skoda cég által adott adatokat, 1 km önjárás 10 kg akkumulátor, akkor ebben az esetben ez 50 kg helyett 100 kilogramm többlet tömeget generál. Ennek a hátránya a járműszerkevény megalkotásakor fog jelentkezni, hiszen ezeket az akkumulátorokat valahová el kell helyezni. Előnye viszont, hogy nagyobb távolságra lehet eljutni így módon, szemben a másik lehetséges megoldással, ha szuperkondenzátorokat alkalmaznánk. Kizárólag szuperkondenzátor használata esetén kisebb tömeget tesznek ki ezek a berendezések, viszont viszonylag sűrűn 2-3 km-ként kellene elhelyezni töltő pontokat. A megoldási javaslatom a két rendszer egybekapcsolása. Eszerint volna 10 km önjárásra elegendő akkumulátorunk és 5 km megtételéhez szükséges energiát biztosító kondenzátorunk. Egy elvi vázlatot mutat be a 13. ábra.



11. ábra Akkumulátor és kondenzátor együttes alkalmazása

Forrás: Szénásy István Ultrakondenzátoros energiatárolók alkalmazásának néhány kérdése

Ezek együttes alkalmazása révén kevesebb tároló eszközre van szükség, valamint az energia felhasználás hatásfoka szinte 100%. A felsővezetékéről való lekapcsolódás megállóhelyen történik. Evidens, hogy a jármű megáll, az így keletkező energia bekerül az ultrakapacitív tárolóba. Elinduláskor, a jármű ebben az esetben már önjáró módban van, az energiát innen a kondenzátorból veszi, majd ahogy elfogyott ez az energia áttér az akkumulátorok energia felhasználására. A további fékezések során szintén a kondenzátort tölti fel energiával és szintén innen történik az elindulás is. Ez hosszú távon azt eredményezi, hogy az akkumulátorokat kevésbé használja. Ez azért praktikus mivel a rekuperációs képességet így lehet kihasználni a felsővezeték mentes szakaszon.

Felmerülhet a kérdés, hogy az akkumulátorba is visszatölthetné az energiát, azonban ez azért nem lehetséges, mert hirtelen nagy energia keletkezik, amit az akkumulátorok csak hosszabb idő alatt lennének képesek felvenni, így az energia elveszne. A kondenzátornak pedig pont ez az előnye, hogy hirtelen nagy energiával terhelhető. Az élettartamot illetően a kondenzátor, gyakorlatilag a jármű selejtezéséig üzemeltethető, mert karbantartás mentes. Az akkumulátorokkal az 50%-os kisütést figyelembe véve, 20-25 évig tervezhetünk. A későbbiekben fejlesztési lehetőség lehet a technika előrehaladtával az akkumulátorok teljes kiváltása kondenzátorokkal. Az összetételre vonatkozóan a Li-ionos akkumulátorokat célszerű használni. Ezeknek is több fajtája van, a leggazdaságosabb és, amelyik a legnagyobb teljesítményt nyújtja ez a LiFePO₄ összetételű. A lítium akkumulátorok előnye a hagyományosokkal szemben, hogy könnyűfém voltánál fogva, nem képvisel nagy tömeget, valamint tartósabb. Nincs úgynevezett memória effektus, mely kristályképződéssel jár. Ezért nem kell formázni az akkumulátort.

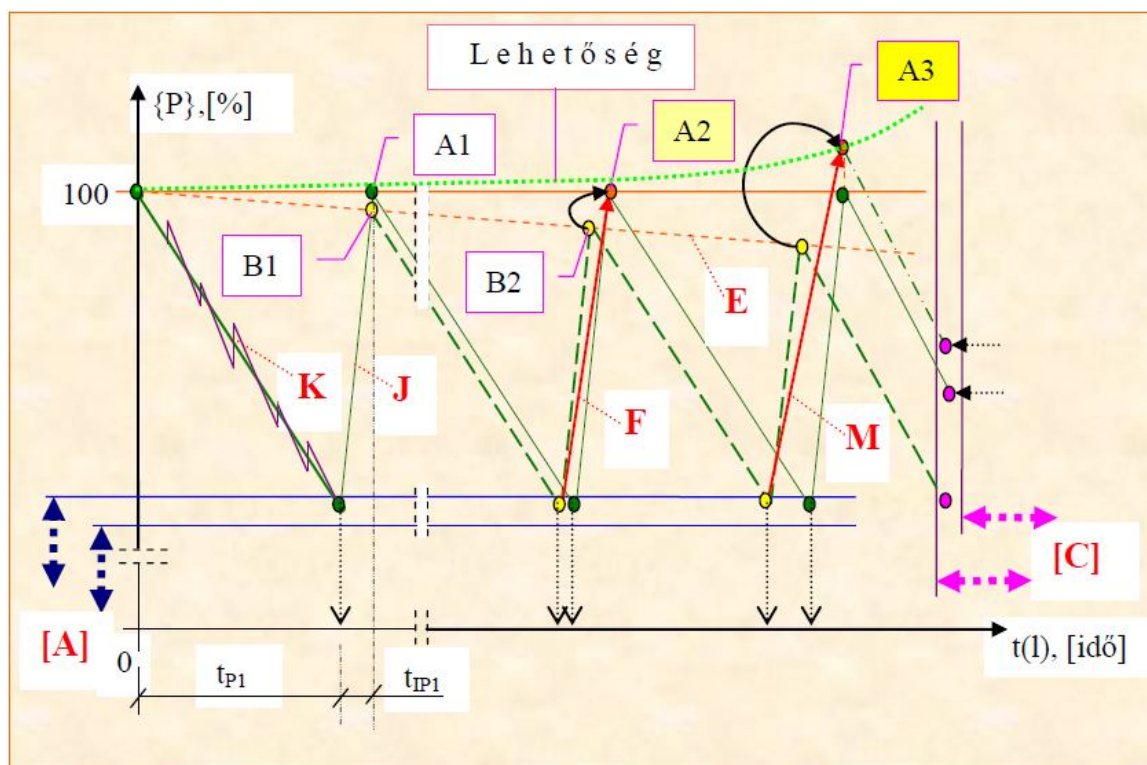
5.4 Lépésről lépésre

Mivel 2014-ben jár le a közszolgáltatási szerződés és eddig elégséges számú trolibusz beszerzése nem várható, az átállást fokozatosan lehet csak végrehajtani.

A városba ekkor elméletileg 15 darab trolibusz lesz, amely képes önjárásra, igaz ezek csak minimális mértékben körülbelül 5-8 km képesek ilyen módon elmenni. Első körben tehát azok az autóbuszvonalak válthatóak ki, amelyek végállomása ekkora távolságra vannak a trolibusztól. Ez körülbelül 3 autóbuszvonal kiváltását teszi lehetővé. Ezután, ahogy folyamatosan érkeznek a járművek, kell lecserélni az autóbuszokat. Ez azt takarja természetesen, hogy az üzemeltető 2014 után az SZKT volna, hiszen neki vannak elektromos járművei, illetve a hálózatot üzemelteti. Mivel az SZKT-nak is vannak autóbuszai, így bizonyos vonalak ő is ki tud adni, a többi vonalon pedig az alvállalkozásba, vagy bérbuszokkal történő kiszolgálás lehetséges. 2014-től újabb EU-s pénzügyi ciklus következik be, így lehetőség lesz újabb pályázatok elnyerésére. Ebből és a saját forrásból lehetséges lesz az önjáró járművek folyamatos beszerzése. Összesen 95 db járműre lesz szükség, ha a hálózat és nyomvonal módosítást végrehajtjuk.

5.5 Az üzemeltetés kérdései

„Tágabb értelemben a technikai eszközök üzemeltetését előállításuk és selejtezésük között értelmezett összetett folyamatok lehetséges realizációiként fogalmazhatjuk meg.” (Zvikli [2006]). Ami az újszerű jármű üzemeltetését illeti, semmilyen többlet befektetéssel nem jár. A trolibusz esetében a szaggató berendezést érdemes kiemelni. Szegeden a cseh Cegelec cég gyártotta szaggatók üzemelnek a trolibuszok és villamosok egy jelentős részében. Az eddigi üzemi tapasztalatok azt mutatják, hogy gyakorlatilag, ha valamilyen havaría esemény nem történik, akkor nem volt meghibásodás. A többi fődarabra is ez a komplettség a jellemző. Mivel saját építésű járművek lennének, ezért a megfelelő gyári szaktudás is adott, amely a javításoknál is nagy segítséget tud nyújtani. Ezért kijelenthetjük, hogy üzemeltetési szempontból is előnyös az új járművek alkalmazása. A mai elektronikai berendezésekre jellemző a kompaktság. Ennek van előnye is és hátránya is. Az előnye, hogy általában kisebb a meghibásodás valószínűsége, viszont, ha meghibásodik, nem lehet elemenként cserélni a teljes egész berendezést kell cserélni, de fontos kihangsúlyozni, hogy ez egy általánosság. A 12. ábra egy általános képet mutat a műszaki berendezések állapotváltozásáról az idő függvényében.



12. ábra A műszaki állapot változása az idő/teljesítmény függvényében

Forrás: Zvikli Sándor, Üzemeltetés elmélete

A „P” egy állapot változó, a „t” az idő. A különböző betűszámok (B1, A1...) egy bizonyos állapotot jellemeznek. A betűkkel jelölt részek (K, J, F) a beavatkozási lehetőségek, ilyen a karbantartás, javítás, felújítás, modernizáció. Esetünkben a járműnek az első 10 évében csak karbantartási és javítási szükségletekkel számolhatunk. A teljes élettartamot pedig 35 évben lehet meghatározni, a karosszéria az, ami leginkább behatárolja az élettartamot. Összevetve a hagyományos trolibuszparkkal, amely jelenlegi állományból áll, kevesebbszer kell karbantartani és így időt és pénzt takarít meg az új jármű ezen oldalon, amely a beruházás gazdaságosságánál jöhet számításba, azonban a dolgozat a közgazdaságtani kérdésekkel ilyen részletekben nem foglalkozik.

5.6 Várható előnyök

1. Levegőszennyezettség csökkentése

Jelenleg 123 db autóbusz üzemeltet a Volán-társaság. Ebből 110 autóbusz van napi forgalomban egy átlagos tanítási munkanapon. Éves szinten 6,5 millió kilométert futnak a buszok. Ha ehhez hozzászámítjuk a fogyasztást és a károsanyag kibocsájtást, akkor szén-monoxidból 51 964 kg-al kevesebb kerül a levegőbe. Nitrogénoxidokból 124 856 kg-al lehet kevesebb a levegőben, a szállópor részecske mennyiség 5320 kg-al csökkenhet.

2. Energia felhasználás csökkentése

Ha teljesen eltűnik a buszközlekedés, akkor üzemanyagból 160 066 l literrel kevesebb kell. Ez egy becsült és összevont érték, mert a földgáz és dízel mennyiséget is tartalmazza. A járulékos haszon pedig, hogy ennyivel kevesebb üzemanyagot kell globálisan előállítani. Természetesen ezzel szemben megjelenik az elektromos áram iránti többlet igény, azonban ugyanakkora mozgáshoz kevesebb elektromos áramra van szükség. Ezen kívül az áramnak nincsenek olyan negatív tulajdonságai, mint a dízel üzemanyagnak. Fékezéskor vissza nyerhető az energia egy része. Számszerűsítve a kWh/km mértékegység szerinti összehasonlítás lehetséges a trolibusz és autóbuszok között. Jelenleg az autóbuszok évente 6,4 millió km-t futnak a városban. Ha a 2. táblázatban bemutatott értékek szerint számolunk, akkor egy autóbusz átlagosan 3,1 kWh/km energia felhasználással közlekedik. Ez városi szinten évente 19848 MWh energia felhasználás. Ha ezt mind trolibusszal váltjuk ki, az 10884 MWh energia felhasználás, vagyis 8964 MWh energiát lehet megtakarítani. Hogy még beszédesebb legyen, ekkora mennyiségű energia 213⁴ db 4 fős háztartás éves energia felhasználásának felel meg. Ha ezt lakosságszámmra vetítjük, akkor ez 8537 fő, Szeged lakosságának 5%-a! Ekkora mennyiségű energiát lehetne megtakarítani.

3. Zajhatások csökkentése, járulékos hasznok

Ezt nehéz számszerűsíteni, ha azt nézzük, hogy az átlagos autóbusz 80 dB zajjal jár, a modern trolibusz ehhez képest 50 dB körülivel. Továbbá számos nem számszerűsíthető előnye van. Ilyen előnyök lehetnek a fenntarthatósága. Egy ilyen üzem sokkal könnyebb fenntartani, mert a járművek élettartama magasabb, az energia felhasználásuk kevesebb és ezt a felhasznált energiát elő lehet állítani környezetbarát módon is. A jövőben törekedni kell arra, hogy a rendszerbe betáplált energia minél nagyobb százalékban megújuló energiaforrásból származzon. Az üzemeltetési költségek is alacsonyabbak a felsorolt előnyök miatt. Az elektromos közlekedésről alánosan elterjedt, hogy drágább, azonban ha optimális számú járműt üzemeltetünk egy megfelelő kapacitású hálózaton, akkor a fajlagos költségek lényegesen alacsonyabbak és egy-egy új jármű beléptetésével a rendszer fenntartása nem lesz drágább. Egyetlen akadályozó tényező a megfelelő anyagi háttér biztosítása. Azonban mivel a projekt indokolható és számszerűsíthető lényeges előnyökkel jár, továbbá, ha helyben állítják elő a járművet, akkor még olcsóbb is, EU-s források erre rendelkezésre állnak.

⁴ forrás: <http://www.eon-hungaria.com/termek/lakossagi/tudta-e>

4. Üzemgazdaságosság

Ha üzemeltetési költségekről beszélünk, akkor a leginkább és legkönnyebben számosítható tényezők a villamos energia ára, illetve a gázolaj ára. A trolibuszok vontatási energiája 20,99 Ft/kWh-ba kerül a 2012-es esztendőben. A Tisza Volántól rendelkezésre álló adatok az év elejéről származnak, ekkor 419 Ft/l áron vásároltak gázolajat. Ha a két energiaforrást összevetjük, akkor kijelenthetjük, hogy a villamos energia ára viszonylag stabil, jelentős mértékben nem emelkedik, és nem ingadozik évközben. A gázolaj árának alakulását, ha megfigyeljük, akkor látható, hogy egy adott éven belül sűrűn változik az ára a világpiaci árfolyamtól függően, ezen kívül folyamatos emelkedés figyelhető meg. Egy kilométer közlekedés ára tehát a troli esetében 20,99 Ft, az autóbusz esetében, ha a járműpark átlagosan 30 litert fogyaszt száz kilométeren, akkor 0,3 litert fogyaszt 1 km-n, ennek ára 125,7 Ft. Ez majdnem hatszoros különbség. Belátható tehát, hogy bár a trolibusz járművek drágábbak, mint akár a hibrid autóbuszok is, üzemeltetésük olcsóbb, ezért hosszabb távon gazdaságosabb. Ha a hálózatot átszervezzük és több várost átszelő járat jön létre, akkor kevesebb járműre is van szükség, tehát jelenlegi 123 db autóbusz üzemel, a jövőben ez lecsökkenthető 110 trolibuszra. Ez is bizonyítja, hogy megéri egy ilyen beruházás.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az olvasó megismerhette azt, hogy egy látszólag egyszerűnek tűnő elképzelésnek milyen megvalósítási lépései vannak. Látható, hogy egy modern város nem klasszikus közlekedési fejlesztése mennyi irányba vihető tovább és azoknak hány további előnye van. A 21. században a kulcskérdés az energiagazdálkodás lesz. A nem megújuló energiaforrásokra építeni a továbbiakban felelőtlenség. Olyan rendszereket kell létrehozni, amelyek önfenntartóak és a minimális energiafelhasználásra törekednek. Az önjáró trolibuszos üzem létesítése, azon kívül, hogy energia megtakarítással jár, a környezetet is csak csekély mértékben vagy szinte egyáltalán nem szennyezi. Szeged város infrastruktúrája alkalmas arra, hogy egy ilyen üzemű rendszert vezessen be. A fenntartható fejlődés jegyében és figyelembe véve a trolibuszok, illetve autóbuszok életpályáját látható, hogy abba az irányba mutat, hogy minél inkább önállóan és minimális környezetterheléssel tudják kielégíteni a mobilitási igényeket. Egy ilyen újszerű jármű az utazóközönség attraktivitására is pozitívan hat, így várható, hogy utasokat vonz a közösségi közlekedés felé. A modal-splitben kulcskérdés, hogy mekkora szerep jut a közlekedési ágazatoknak. Ezen kívül minden olyan intézkedést meg kell tenni, amely biztosítja a rendszer fenntarthatóságát. Ilyenek lehetnek a tarifarendszerek újragondolása, valamint az energia ellátás kérdése. Ahogy külföldön is egyre inkább ilyen irányokba mutat a fejlődés úgy reméljük, hogy hazánkban is hamarosan erre az új fejlődési útra léphetünk.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Jakab László-Nagy Zsolt Levente (2011) *Szerbusz Trolibusz*, Jósöveg Műhely Kiadó
- MAckay, David JC (2011): *Fenntartható energia mellébeszélés nélkül*. UIT Cambridge Ltd (eredeti angol kiadás), Vertis Zrt. és Typotex Kiadó Kft (magyar nyelvű kiadás).
- Szabó Lajos (2009): *Vasúti szállítás és infrastruktúra 2*, Universitas-Győr Nonprofit Kft.
- Szegedi Közlekedési Társaság (2008): *100 éves a szegedi villamos*, SZKT, Szegedi Egyetemi Kiadó, Juhász Gyula Felsőoktatási kiadó.
- Szeged Város Megyei Jogú Önkormányzata (2007) *Közlekedésfejlesztési koncepció*, Cowi Magyarország Kft.
- Szénásy István (s.a.) *Ultrakondenzátoros energiatárolók alkalmazásának néhány kérdése* Széchenyi István Egyetem, Automatizálási tanszék
- Zivkli Sándor (2006) *Üzemeltetés Elmélete*, Elektronikus jegyzet

Internetes források:

Az autóbusz és trolibusz piac áttekintése gyártók szerint:

<http://harixis.uw.hu/autobuszok+trolibuszok/autobuszok+trolibuszok.htm>

Az elektromos autóbusz fogalma

http://en.wikipedia.org/wiki/Electric_bus

A római troliközlekedés

http://en.wikipedia.org/wiki/Trolleybuses_in_Rome

A volvo 7700 hibrid autóbusza

http://www.volvobuses.com/bus/global/en-gb/products/city%20buses/volvo%207700%20hybrid/pages/introduction_new.aspx

Az indoház online magazin a volvo 7700 autóbusról

<http://iho.hu/hir/beutato-volvo-7700-hybrid>

A trolibusz fejlődés áttekintése

<http://villamosok.hu/troli/>

A szegedi trolibuszok paraméterei

<http://www.szkt.hu/page.fcgi?rx=&item=&nyelv=hu&menuparam3=42&type=3>

Ábrajegyzék

1. ábra Östrolibusz	2
2. ábra Benz első autóbusza.....	3
3. ábra Ik-280.94 (GVM) típusú trolibusz.....	4
4. ábra Áramszedő nélkül a DKV trolija.....	5
5. ábra BKV járműve	5
6. ábra Szeged elektromos vonalhálózata.....	6
7. ábra Trolibusz-autóbusz vonalhálózat.....	8
8. ábra Önjáró módban a belvárosban.....	10
9. ábra Dorozsma egyik lehetséges megközelítése	17
10. ábra Skoda 21 tr	19
11. ábra Akkumulátor és kondenzátor együttes alkalmazása	20
12. ábra A műszaki állapot változása az idő/teljesítmény függvényében.....	23

Táblázat jegyzék

1. táblázat Vonalhálózat hossza	7
2. táblázat Energiafelhasználás	12
3. táblázat Busz és troli fődarab egyezőségek	15
4. táblázat Járművek főbb méretei.....	15
5. táblázat Probléma-mátrix.....	16
6. táblázat Lehetséges új jármű paraméterei.....	19