

Az elektrifikáció térnyerése és az elektromos autóbuszok kiemelt szerepe a fenntartható közösségi közlekedésben. 2. rész

A KTSZ 2023. évi 3. számában közölt 1. rész után itt az elektromos autóbuszokkal végzett személyszállítás példáján keresztül, a Volánbusz Zrt.-nél keletkezett futási, töltési, fogyasztási, karbantartási költségek statisztikai és pénzügyi adataira támaszkodó komplex gazdasági modell kerül bemutatásra.

DOI: <https://doi.org/10.24228/KTSZ.2023.4.1>

Kruchina Vince¹ – Dr. Sárközi György Tibor²

¹Volánbusz Zrt. vezérigazgató

²c. egyetemi tanár, közlekedési szakértő

e-mail: Vince.Kruchina@volanbusz.hu, dr.sarkozi.gyorgy.tibor@outlook.hu

1. BEVEZETÉS

A cikk első részében a szerzők – széles körű szakirodalmi kutatásra alapozva – részletesen bemutatják a közúti közlekedési szolgáltatók működésére ható globális folyamatokat és technológiai trendeket, amelyek fókuszában a megújuló energiaforrások felhasználása és a fosszilis energiákat nélkülöző, károsanyag-kibocsátásmentes (net-zéró) üzemeltetés áll.

A 21. század második évtizedére a közlekedési szolgáltatóknak több globális és lokális (hazai) kihívással kell szembenéznük, amelyek az eddig alkalmazott működési modell átgondolását és átalakítását teszik szükségessé.

1.1. A közlekedési szolgáltatók működési modelljének változását indukáló globális és lokális (hazai) hatások

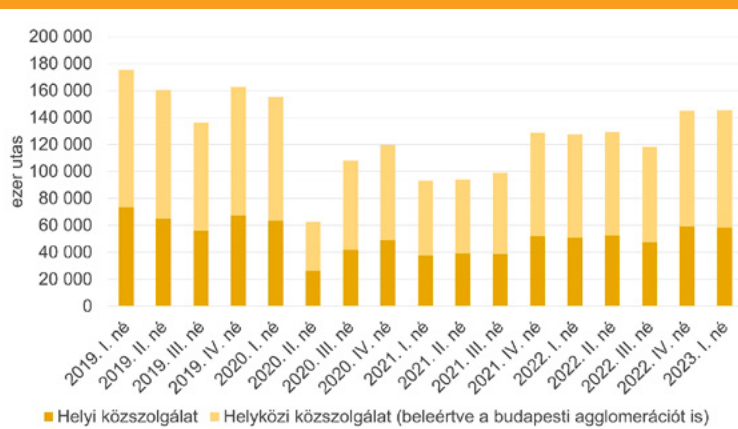
A közösségi közlekedési közszolgáltatók épp-hogy felocsúdtak a közel két és fél évig tartó

koronavírus-járvány súlyos következményei alól, az orosz-ukrán háború kirobbanásával újabb súlyos társadalmi és gazdasági veszélyhelyzettel szembesültek. A realgazdaság a pandémia miatt a II. világháború óta nem látott mértékű kihívásokkal találkozott, jelentős keresleti sokk érte egyes nemzetek gazdaságát, a régóta megbízhatóan működő ellátási láncok kártyavárként omlottak össze. A közösségi közlekedésben szereplő vállalatok azzal szembesültek, hogy a keresleti sokk következtében felhasználóik (utazóik) száma megfogyatkozott (főként a kijárási korlátozások miatt), így jegybevételeik jelentősen csökkentek. Mindemellett, az ellátási láncok összeomlása következtében a szükséges alkatrészek beszerzése jelentősen megrágult, vagy lényegében ellehetetlenült.

Ugyan a világgazdaság a pandémia elmúltával lépésről lépésre magára talált, illetve alkalmazkodott az új realitásokhoz (megoldódtak az ellátási problémák, nőtt a kereslet, kiszámít-

hatóbbá vált a gazdasági környezet, csökkent az infláció mértéke, az orosz-ukrán háború hatásai továbbra is bizonytalanná teszik bizonyos gazdasági szereplők működési környezetét. Az érintett gazdaságok az elszálló energiaárak, a bizonytalan gazdasági környezet, a jelentős infláció, a magas kamatkiadások, illetve az ingadozó devizaárfolyam kihívásaival szembesülnek.

1. ábra: A Volánbusz Zrt. utasszámai az 2019-2023. I. negyedéves időszakban. (saját szerkesztés, forrás: Volánbusz Zrt.)



A globális kihívások mellett hazánkban a társadalom előregedése és a vidéki Magyarország elnéptelenedése – mint lokális folyamatok – szintén alapjaiban írják át a közösségi közlekedésben tevékenykedő vállalatok működési modelljét.

A 21. század a maga kihívásaival berobbant a mindennapjainkba és nem csupán a globális nehézségek, hanem a lokális kihívások is arra kényszerítik a közszolgáltatókat, hogy alapjaiban gondolják át korábbi működési struktúráikat. Az angol nyelv találoán így fogalmaz: „think outside the box”, avagy „szakítsunk a megszokott gondolkodással”!

A Közlekedéstudományi Szemle 2023. évi 3. számában megjelent szakcikkünk [1] alapján, annak folytatásaként, elsősorban a Volánbusz Zrt.-re mint a legnagyobb hazai autóbuszos közösségi közszolgáltatóra fókuszálunk. Bemutatjuk a keresleti sokk gazdasági számait, illetve a pandémia hatását az utazásszámokra (az így bekövetkezett bevételkieséssel együtt), elemezzük az inflációs hatásokat és az azokkal összefüggő energia- és alkatrészárak változásait, valamint a hazai demográfiai helyzetet és ennek hosszú távú kihatásait.

Az általunk bemutatott gazdasági modell a Volánbusz Zrt. operációs számaiból indul ki, a statisztikai adatokat az üzemeltetési, beszerzési tapasztalatainkból gyűjtöttük össze.

A kihívások ismertetését követően egy új vállalati működési modellt ismertetünk, amelynek segítségével megítélésünk szerint gazdaságilag hatékony vállalatot lehet működtetni.

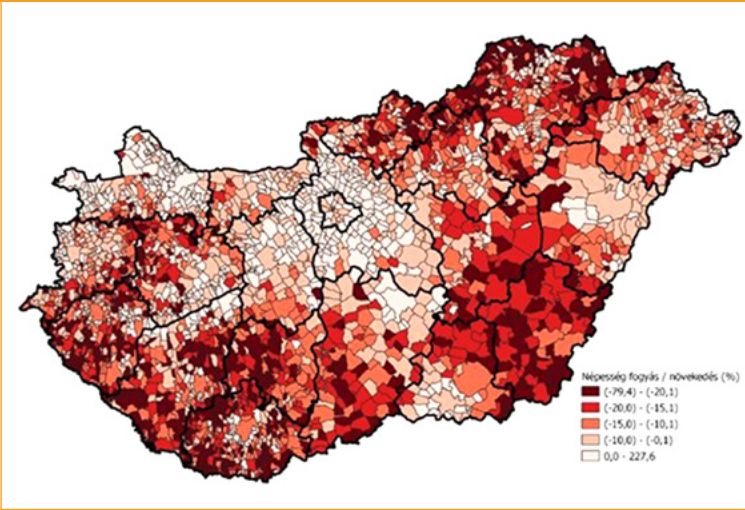
1.2. A költségek és bevételek változása

A koronavírus-járvány következtében a Volánbusz Zrt.-nél – ahogy az az **1. ábrán** látható – az utazások száma 2022-ben sem érte el a 2019-ben mért értékeket.

Biztató jel, hogy a 2023. év első negyedéves adatai alapján az utazók kezdenek visszatérni. Ennek következtében ugyan csökken a bevételkiesés, viszont továbbra sem utaznak annyian a Volánbusz Zrt.-nél mint 2019-ben. A vállalat pénzügyi mozgásterét tovább nehezítette azon megrendelői igény, miszerint az utazásszám csökkenése ellenére a társaság ne változtasson a kibocsátás volumenén.

A pandémia elmúltával a Volánbusz Zrt.-nél abban reménykedtünk, hogy az utazók visszatérnek a társaság szolgáltatásaihoz, ez azonban csak részben valósult meg. Magyarán adhat erre egyrészt az, hogy tapasztalataink szerint az otthoni munkavégzés elterjedésével jelentős utazási igény tűnt el a közlekedési piacról, csökkentve ezzel a keresletet. Az utazók számában történő részbeni elmaradás másik magyarázata a már említett

2. ábra: Települések népességének változása 2003-2022.
(Forrás KSH- Népszámlálás)



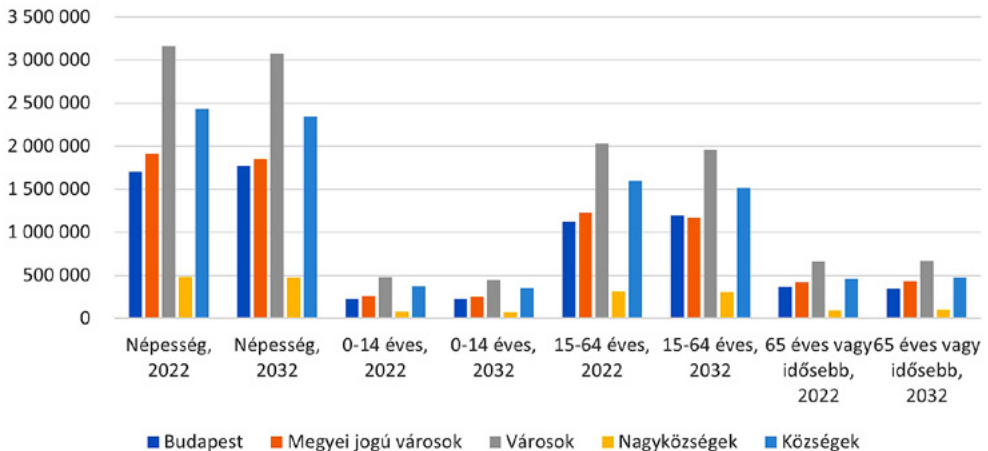
zotti időszakban. A **2. ábra** Magyarország térképén bemutatja, hogy mely területeken jelentkezik különösen nagy mértékben a lakosok számának csökkenése.

A KSH előrejelzése szerint hazánk népessége 2032-re a jelenlegihez képest 1,8%-kal csökken. Budapest népessége közel 4%-kal nő, míg a többi jogállási típusban 3% körüli a visszaesés. A 0-14 éves korosztály tekintetében országosan mintegy 4%-os a csökkenés.

közép- és hosszú távú demográfiai folyamatokban kereshető. Nem csak annak a veszélye áll fenn, hogy az öregedő korfa árnyékában eltűnik a fizetőképes kereslet, hanem egyszerűen maga a keresleti oldal tűnik el azokon a területeken, ahol a Volánbusz Zrt. javarészt szolgáltat, tehát a vidéki Magyarországon. A Központi Statisztikai Hivatal a népszámlálás adatait feldolgozva közzétette a települések népességének változását a 2003. és 2022. év kö-

csoportban lényegében stagnál, míg a többi típusban 4-5%-os csökkenés várható. A 15-64 éves korosztályban Budapesten 2032-re 2022-höz képest mintegy 7%-os gyarapodás látszik. Figyelemreméltó, hogy a megyei jogú városoknál ebben a korcsoportban a legnagyobb a visszaesés, közel 5%. A 65 éves és idősebb korcsoport mintegy 1%-kal növekedése várható. Budapest a többi jogállási csoportból némileg eltér, hiszen csak itt várható csökkenés.

3. ábra: A hazai népesség alakulása 2022 és 2032 között. (Forrás KSH)



A 3. ábra a hazai népesség alakulását mutatja a települési jogállás szerint, a 2022-2032. évek viszonylatában.

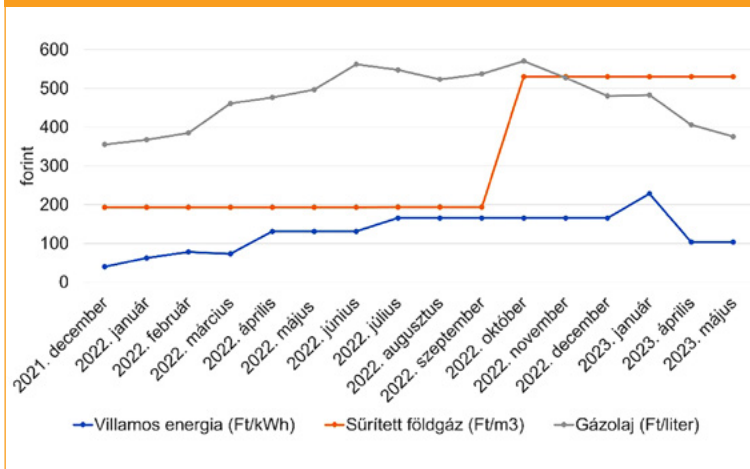
A két, egymással összefonódó folyamat – a COVID-19 utóhatásai, illetve az előregedő korfa – eredményeként rövid-, közép- és hosszútávon tehát a Volánbusz Zrt. egyrészt folyamatos keresletcsökkenéssel, tarifaemelés hiányában pedig folyamatos bevételcsökkenéssel számolhat.

A keresleti sokkra ránehezedett továbbá a szomszédunkban zajló háború miatti energiaár-robbanás és az inflációs nyomás. A Volánbusz Zrt. esetében ez a gyakorlatban az elszálló üzemanyagárakat, illetve a szükséges alkatrészek árainak emelkedését jelenti.

Az energiaárak változását a 4. ábra illusztrálja.

A háború kitörése óta csak az áram ára konszolidálódott jelentősebben, míg például a CNG buszokhoz szükséges sűrített földgáz ára magas maradt. A beszerzési előrejelzések alapján – Magyarország sajátos földrajzi elhelyezkedésére tekintettel – számításaink szerint a gázolaj, illetve a sűrített földgáz ára – az áraméval ellentétben – nem változik jelentősen. Amennyiben a megújuló és hagyományos áramtermelő erőművek kiépítése a mostani ütemben folytatódik Magyarországon, az áram ára 100 Ft/kWh alatti maradhat.

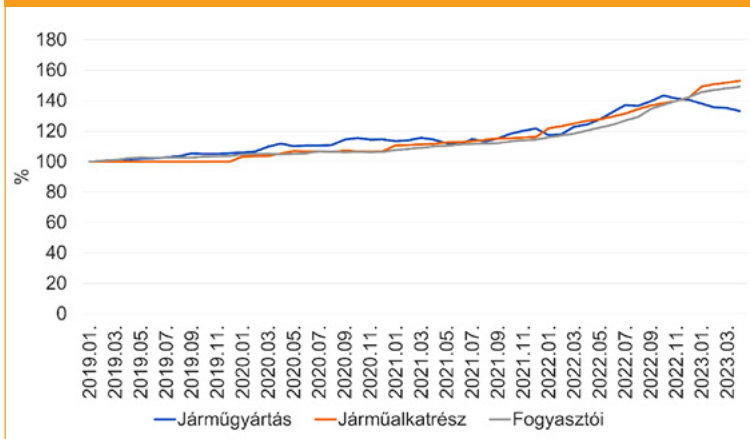
4. ábra: Az energiaárak változása a Volánbusz Zrt.-nél. (saját szerkesztés, forrás: Volánbusz Zrt.)



A fenntartási költségeket jelentős mértékben meghatározza az alkatrészek beszerzési ára.

Az 5. ábrán látható, hogy az alkatrészek ára az elmúlt négy évben a fogyasztói árindexet meghaladóan, közel 50%-kal nőtt. Ennek legfőbb oka az, hogy a pandémia miatt beszerzésük rendkívül megehezült, sok esetben ellehetetlenült. Az elektromos és dízelmeghajtású buszok alkatrészigényeit vizsgálva azt tapasztaljuk, hogy – akárcsak az üzemanyagárak esetében – az elektromos buszok üzemeltetési

5. ábra: Az alkatrészek árának százalékos változása a Volánbusz Zrt.-nél. (saját szerkesztés, forrás: Volánbusz Zrt.)



költsége a jóval csekélyebb alkatrészszükséglet miatt a belső égésű motorral hajtott társaiénál alacsonyabb.

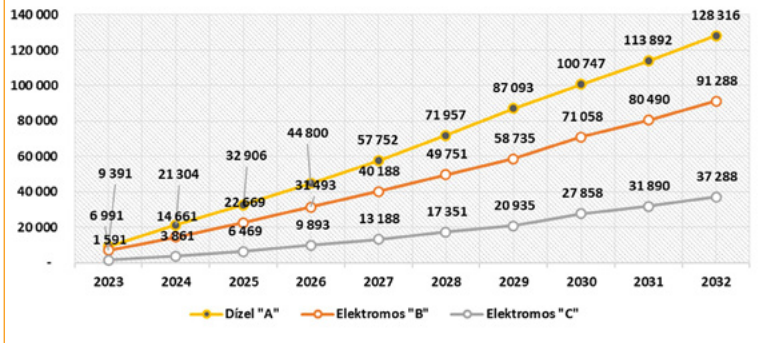
Az üzemanyag, valamint az alkatrészek költsége együttesen a Volánbusz Zrt. teljes kiadásainak körülbelül 40%-át teszi ki. Kérdésként merült fel, hogy változatlan gazdasági feltételek mellett hogyan lehet hatékonyabbá tenni a vállalat

működését. Fontos megjegyezni, hogy az új termelőeszközök, vagyis az elektromos buszok flottába illesztését nem önmagában – mint csupán teljes életciklusköltséget (TCO) – vesszük számításba, hanem egy komplex rendszer fontos építőelemeként (pl. V2G) tekintünk rá. A gazdasági számítások kiinduló kérdése tehát a következő: 1000 db elektromos busz és az ezekhez közvetlenül kapcsolódó infrastruktúra megléte esetén, az üzemanyag-előállításához szükséges erőművi kapacitás rendelkezésre állása mellett, milyen módon lehetséges a rendelkezésre álló infrastruktúrát úgy üzemeltetni, hogy az alaptevékenység veszélyeztetése nélkül a maximális bevételt érjük el a piacon.

A **6. ábra** a három működési scenárió tízéves időszakra vonatkozó gazdasági számait (TCO) ismerteti.

Az elektromos busz üzemeltetési költsége az áram kisebb világi piaci ára miatt jóval kisebb, mint az egyező korú dízel meghajtású autóbuszé. Jelentősen javíthatja továbbá a megtérülést az önálló, „házon belüli” áramtermelés lehetősége. Tíz év alatt, az utolsó évben a költségek különbsége több mint 90 milliárd forint is lehet. Kérdésként merül fel, hogy az üzemeltetési ágon nyert bevétel fedezi-e az elektromos autóbusz nagy beszerzési költségét (ez kb. másfélszer több a dízel meghajtású autóbuszénál), valamint a töltőinfrastruktúra, illetve a napelem vagy

6. ábra: Dízel- és elektromos autóbusz karbantartási és üzemanyag felhasználási költségek összehasonlítása 10 évre kivetítve. (saját szerkesztés, forrás: Volánbusz Zrt.)



egyéb áramtermelő erőművek kiépítésének, üzemeltetésének költségeit. A választ a modell működésének következők szerinti bemutatásával kapjuk meg.

Az ismertetett adatok alapján az alábbi következtetésekre jutottunk:

- Amennyiben nem csökken a vállalati kibocsátás, a működési költségek (OPEX) szintje sem csökkenthető szignifikánsan.
 - Megoldást jelenthet, ha az új termelőeszközökkel technológiaváltás érhető el. E körbe tartozik az elektromos autóbuszok üzembe helyezése, amellyel mind a karbantartási, mind az alkatrész- és üzemanyagköltségek jelentősen csökkenthetők.
- Amennyiben a tarifákat változatlanok tekintjük, középtávon a bevételeket kizárólag a jegy- és bérletértékesítésekből nem lehet növelni.
 - Megoldást jelenthet az elektromos autóbuszok többfunkciós gazdasági hasznosítása. 1000 db elektromos autóbusz rendelkezésre állása esetén, az ezekben beépített napi 320 megawatt akkumulátorkapacitás egyéb termelői tevékenységre is fordítható. Így például kiegyenlítő erőműként funkcionálhatnak a MAVIR vagy virtuális erőművek számára. Ezt az

új alternatív megoldást a szakirodalom V2G, vagyis „vehicle to grid”-nek definiálja, magyarul „járművet a hálózatra”.

- b. A telephelyi töltőinfrastruktúra (angol kifejezéssel „charging depo”) kiépítésével, szabad kapacitás esetén szabad hozzáférés biztosítható egyedi felhasználók számára, ennek révén pedig újabb jövedelemre tehet szert a Volánbusz Zrt.
- c. Saját villamosenergia-termelő erőművek megléte esetén – legyen az napenergia vagy zsinórerőmű – a fel nem használt energiát értékesíteni lehet a piacon.
- d. Végezetül, meglátásunk szerint az akkumulátorokat a szállítói garanciális időszakot követően (ez piaci adataink alapján 10 év) körforgásos gazdasági szemléletben kétféleképp lehet újrahasznosítani. Lehetőség van egyfelől az eszközök nyersanyagként való lebontására és értékesítésére, valamint az elektromos autóbuszban már nem használható akkumulátor energiatárolóként való hasznosítására (a még megmaradó tárolási képesség kiaknázásával (storage)).

A gazdasági problémák és az azokra adott válaszok ismertetése után egy olyan módszertant és logikát mutatunk be, amelynek segítségével ezt a komplex gazdasági és működési modellt a vállalati struktúrába illeszthetjük. Tekintettel arra, hogy a sziget- vagy csomópontszerűen működő vállalatban belüli rendszerek összekapcsolásának egyik eszköze az „Ipar 4.0” lehetőségeinek kihasználása lehet, az általunk választott módszertant is a legújabb ipari forradalom működési logikájának alapul vételével ismertetjük. A modellnek a Volánbusz Zrt.-re történő adaptálásakor a [2] témakörben megjelent publikációt vettük alapul.

2. AZ ÚJ MŰKÖDÉSI MODELL LOGIKÁJA

Az „Ipar 4.0” gazdasági szemlélete a közlekedési szektorban összekapcsolja a vállalkozás működési folyamatait az energiaszektoral,

ezen belül az erőművi szolgáltatásokkal, illetve az akkumulátor iparral. A vállalatban belül eddig szigetszerűen vagy egyáltalán nem működő gazdasági folyamatokat integrálja oly módon, hogy a vállalat alaptevékenysége ne sérüljön, ugyanakkor képes legyen egyéb bevételekre is szert tenni.

A gazdasági rendszerek integrációjának egyik feltétele az adatalapú vagy adatvezérelt vállalatirányítás (BI, business intelligence), amelynek első építőeleme a vállalati adattárház kiépítése. A valós idejű adatalapú vállalatirányítás segítségével lehetőség nyílik valós idejű gazdasági döntések meghozatalára, amelyek eszközként szolgálnak meglévő termelőeszközök hatékony allokációjához. Valós időben eldönthető, hogy adott esetben az elektromos buszokat szabályozó erőműként értékesítsük (V2G) vagy utasszállító eszközként használjuk. Szabályozni lehet, hogy a töltőállomásainkhoz mely időben és módon adunk hozzáférést a piaci felhasználóknak. Az áram valós idejű piaci árától függően lehetőség nyílik az üzemanyagtöltés és -értékesítés szabályozására. Pontosan szabályozható a buszok töltésének időpontja vagy épp az általuk megtermelt energia tárolása, esetleg piaci értékesítése. Olyan gazdasági döntéseket lehet meghozni valós időben, amelyek nem veszélyeztetik a közösségi szolgáltatói alaptevékenységet, vagyis a megrendelői igények kielégítését, ugyanakkor hozzájárulnak egy új vállalati működési modellhez, amelynek legfőbb célja a bevezetőben említett gazdasági nehézségek áthidalása. A modell célja tehát az alacsony üzemeltetési költség (OPEX) biztosítása és az alternatív bevételi lehetőségek kiaknázása.

A modell logikai felépítését a 7. ábrán szemlélhetjük.

A körkörös összekapcsolásban a modell az „Ipar 4.0” adta lehetőségekre támaszkodik. A Volánbusz Zrt. esetében kiemelten fontos, hogy a társaság folyamatosan fejleszti Big Data adatbázisát. Ez egyrészt validált adatokat biztosít a digitalizáció révén történő adathasznosításhoz, másfelől segít a vállalati döntések kialakításában.

7. ábra: Három szektoros körkörös logikai modell [3]. (saját átszerkesztés)



Az adatvezérelt vállalatirányítás és az „Ipar 4.0” Volánbuszra adaptált folyamatát a **8. ábra** foglalja össze.

A 8. ábra kiindulópontja a vállalaton belül önállóan vagy szigetszerűen működő gazdasági egységek integrációja. Ezek az egységek elsősorban az elektromos buszokhoz szükséges beruházások révén jönnek létre, működtetésüket pedig a vállalaton belül megalkotott adattárház (BI) segítségével, valós időn alapuló döntési mechanizmus alapján látjuk el.

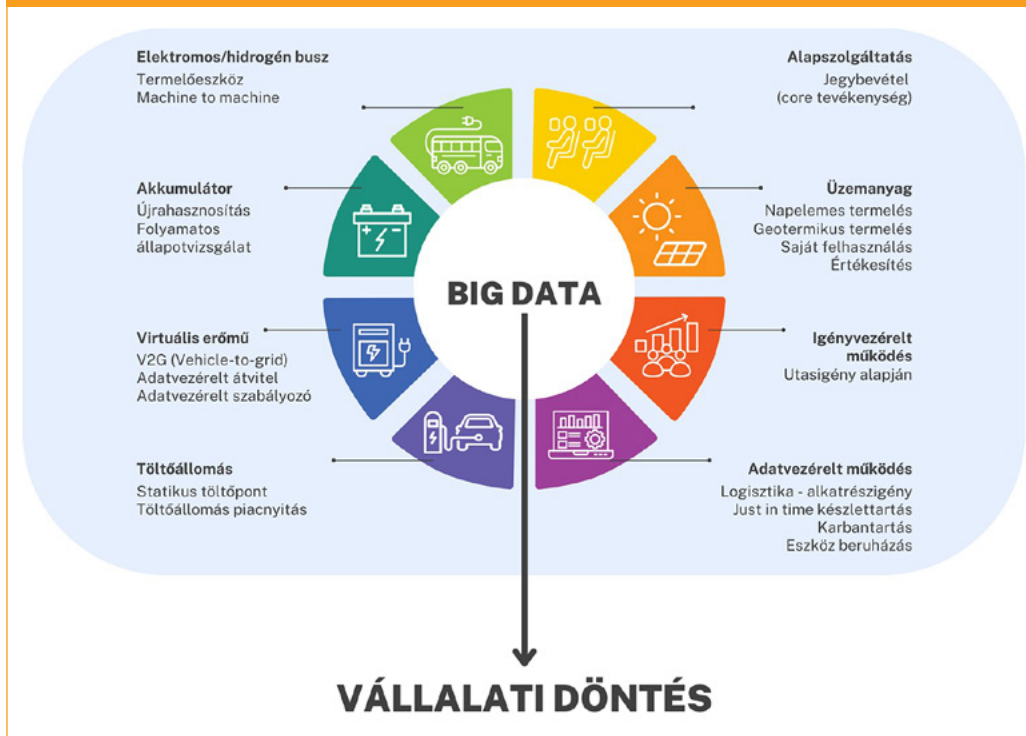
A bevezetőben abból indultunk ki, hogy a Volánbusz Zrt. jövőbeni hatékony üzemeltetése érdekében elektromos buszokat kell beszerezniük a vállalat számára. Beszerzési tapasztalataink azt mutatják, hogy az elektromos buszok beruházási költsége és a hozzá tartozó töltőinfrastruktúra kiépítése (együttesen CAPEX) körülbelül kétszer annyiba kerül, mint ugyan-

ez a hagyományos, belső égésű autóbuszok esetében. Ha csak ezt a szempontot vennénk figyelembe, akkor a tízéves teljes életútköltség (TCO) számításánál az elektromos buszokra fordított beruházás nem térülne meg, annak ellenére, hogy az üzemeltetés (OPEX) vonatkozásában jóval kedvezőbbek az elektromos buszok gazdasági mutatói.

Ezért is fontos a komplex modell alkalmazása és az elektromos buszok üzemeltetésében rejülő számos, a **8. ábrán** is bemutatott, említett üzleti lehetőség figyelembevétele:

- Az elektromos autóbuszainkhoz megfelelően kiépített töltőinfrastruktúra szabad áramkapacitásokat más felhasználók számára is értékesíthető.
- Az üzemanyag-ellátáshoz szükséges áramtermelő (így akár nap-, geotermi-

8. ábra: Az adatvezérelt vállalatirányítási rendszer logikai ábrája a Volánbusz Zrt.-nél. (saját átszerkesztés)



kus vagy gázmotoros) erőművek kiépítésével az autóbuszok által fel nem használt áram a piacon értékesítő.

- Szabad kapacitás esetén – az elektromos buszok akkumulátoraiban tárolt energia a villamosenergia-hálózatba piaci alapon betáplálható (V2G), ami 1000 db autóbusz esetében akár napi 330 megawattot is elérhet.
- Az akkumulátorok garanciális idejének lejártja után az azokban megmaradó energia hasznosítható.
- A fenti tevékenységekből összetett üzemeltetés esetén a vállalat – az adatalapú vállalatirányítás közreműködésével – jelentős bevételt realizálhat, a bevezetőben említett gazdasági és társadalmi kihívásokra is hatékonyabban tud válaszolni.

A megtermelt bevételek forrást jelenthetnek a szolgáltatás minőségi paramétereinek javítására, a járműpark korszerűsítésére (pl. hidrogénbuszok) és a valós idejű adatok révén irányított igényvezérelt közlekedés megvalósítására.

3. ÖSSZEFOGLALÓ, TANULSÁGOK

Az „Ipar 4.0” Nemzeti Technológiai Platform Szövetség hivatkozása szerint az „Ipar 4.0” fogalom a negyedik ipari forradalomra utal, amely a kiber-fizikai rendszereken, azaz a valós és virtuális valóság korábban nem létező integrációján alapulva a termékek teljes életciklusában az egész értéklánc új szintre emelt szervezését és szabályozását valósítja meg.” [4]

Az „Ipar 4.0” fogalmát először a termelő vállalatokra kezdték használni. Esetükben az egyedi vevői igények kielégítésére helyezik a

hangsúlyt a tömegtermelésnek megfelelő ke-retrendszerek meghagyása mellett, úgy, hogy nemcsak egy terméket, hanem hozzá tartozó szolgáltatást is értékesítenek. Az „Ipar 4.0” irányával egy ökoszisztémát alkotnak, ahol is a termelő vállalatok az ellátási láncban részt vevő gazdasági szereplőkkel és a vevőkkel digitális közösségben vannak [5]. A megrendelési információk, beszállítói kapacitások, készletgazdálkodási adatok, pénzügyi mutatók mind egy gazdasági ökoszisztémában helyezkednek el és valós időben kommunikálnak egymással, ennek segítségével pedig a termelő vállalat képes megtalálni a hatékony vállalatműködés optimumát.

Az általunk kialakított logikai modellben az alapvetően termelő vállalatokra megalkotott „Ipar 4.0” módszertant egy közlekedési közszolgáltató működési modelljére alkalmazzuk, abból kiindulva, hogy a bemutatott körkörös modellben összekapcsolódnak az ipari tevékenységek (energiaipar, akkumulátoripar) a szolgáltató szektorral (közlekedés).

A Volánbusz Zrt. működési modellje mutatja, hogy a magas komplexitású rendszerek integrálásával, az üzleti igények digitális összekapcsolásával és mindezeket egy intelligens vállalatirányítási rendszerrel kiegészítve a gazdasági kihívások kezelhetők. E célok eléréséhez a különböző termelőeszközök vertikális digitális integrációja elengedhetetlen. Az is látható, hogy az elektromos buszok önmaguk-

ban nem képesek javítani a vállalat működési eredményességét, amennyiben azonban ezeket a termelőeszközöket egy komplex rendszer integráns részévé tesszük, képessé válnak a teljes rendszerhatékonyság jelentős növelésére. Végezetül, meglátásunk szerint mind a digitális térben lezajló 21. századi forradalom, mind a termékek elektrifikációja egy jól megszervezet platform útján a Volánbusz Zrt. jövőbeni működését alapjában képes pozitívan befolyásolni és stabilizálni.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Kruchina, V.-Sárközi, Gy., Az elektrifikáció térnyerése és az elektromos autóbuszok kiemelt szerepe a fenntartható közösségi közlekedésben. 1. rész, 2023, Közlekedéstudományi Szemle, LXXIII. évf. 3. sz, 18-35. oldal DOI: <https://doi.org/10.24228/KTSZ.2023.3.2>
- [2] Kruchina, V.,: The possibility of electrification in bus public transport, 2023, Közlekedési Konferencia, Győr, ISBN száma: 978-615-6443-17-5,
- [3] WEF_A_Vision_for_a_Sustainable_Battery_Value_Chain_in_2030_Report.pdf (weforum.org)
- [4] Iddustrie 4.0_Definition.pdf (i40platform.hu)
- [5] Acatech (2011): Cyber-Physical Systems: Driving force for innovation in mobility, health, energy and production. acatech, Frankfurt am Main

E számunk lektorai

Csobay Balázs ■ Horváth Lajos
Dr. Katona András ■ Dr. Tóth László



The rise of electrification and the prominent role of electric buses in sustainable public transport (2. part)

In the second part of the article - through the example of passenger transport with electric buses - a complex economic model based on the statistical and financial data of vehicle operation, battery charging, fuel consumption and maintenance costs generated by Volánbusz Zrt. is presented. After processing the data used in the model with statistical methods, it promotes the efficient and sustainable operation of the business by applying optimization algorithms based on defined premises. The circular, data-driven ecosystem that forms the basis of the model connects energy production (e.g., solar parks), energy storage (e.g., batteries and storage), energy consumption (e.g., electric buses and fuel cells) and energy buying and selling processes (e.g., smart grid, V2V, night current, etc.).



Der Aufstieg der Elektrifizierung und die herausragende Rolle von Elektrobussen im nachhaltigen öffentlichen Verkehr (2. Teil)

Im zweiten Teil des Artikels wird am Beispiel der Personenbeförderung mit Elektrobussen ein komplexes Wirtschaftsmodell vorgestellt, das auf den von der Volánbusz Zrt. generierten statistischen und finanziellen Daten über Fahrzeugbetrieb, Batterieladung, Kraftstoffverbrauch und Wartungskosten basiert. Nach der Verarbeitung der im Modell verwendeten Daten mit statistischen Methoden fördert es den effizienten und nachhaltigen Betrieb des Unternehmens durch die Anwendung von Optimierungsalgorithmen auf Basis definierter Prämissen. Das zirkuläre, datengesteuerte Ökosystem, das die Grundlage des Modells bildet, verbindet Energieproduktion (z. B. Solarparks), Energiespeicherung (z. B. Batterien und Speicher), Energieverbrauch (z. B. Elektrobusse und Brennstoffzellen) und Energiekauf- und Verkaufsprozesse (z. B. Smart Grid, V2V, Nachtstrom usw.).

