

Az elektromobilitás és az autonóm járművekre épített mobilitási szolgáltatás tervezése és üzemeltetése

Csonka Bálint - Földes Dávid

tudományos segédmunkatárs - tudományos segédmunkatárs
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar
Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszék
e-mail: csonka.balint@mail.bme.hu - foldes.david@mail.bme.hu

A járműtechnológiai, az energetikai és az infokommunikációs fejlesztések következtében egyre inkább előtérbe kerülnek az elektromos meghajtású és az autonóm (önvezető) közúti járművek köré épített mobilitási szolgáltatások. Bár a technológiai fejlődés sok esetben választ ad a társadalmi és a fenntarthatósági kihívásokra, azonban gyakran újabb kihívásokat is előidéz. A közlekedési módok átalakulnak, a szokások megváltoznak, az épített környezet, a közlekedési, energetikai, telematikai infrastruktúra átalakul. A megjelenő változatos és kombinált szolgáltatási formák minden eddiginél összetettebb rendszertervezési és újszerű üzemeltetési módszereket igényelnek. A cikk rendszer- és folyamatszempontokban foglalja össze az elektromobilitás és az autonóm járművek köré épített mobilitási szolgáltatás tervezési és üzemeltetési alapelveit és megoldási módjait a várható legjelentősebb hatásokkal együtt. A tárgyalás során az üzemeltetői és az utazói szempontok is megjelennek. A cikk összeállítását az adott területeken elért kutatási eredmények tették lehetővé.

Kulcsszavak: elektromos jármű, töltésmenedzsment, információs szolgáltatás, autonóm jármű, mobilitási szolgáltatás, hatások

DOI 10.24228/KTSZ.2019.1.3

1. BEVEZETÉS

Mind az elektromos, mind az autonóm járművek alkalmazása átalakítja a közlekedési rendszer szerkezetét (infrastruktúra), működését (tervezés és üzemeltetés, forgalomirányítás) és hatást gyakorol a társadalomra, környezetre. A bonyolult külső kapcsolatrendszer miatt az átalakulás összefügg más területekkel is. Például az új technológiák csak rendszerszemléletű jogalkotási és szabályozási tevékenységet követően vezethetők be.

Az elektromos járművek már most sokak számára a hagyományos járművek alternatíváját jelentik, azonban a korlátozott hatótáv, és az emiatt gyakrabban jelentkező töltési folyamat továbbra is gátolja a széles körű elterjedést. Újszerű megoldásokkal segíthető elő a technológiai váltás.

Az autonóm járművek működtetéséhez számos hardver eszköz (szenzorok, nagyteljesítményű számítógép, stb.) és szoftver szükséges, amelyek energiaellátása a legegyszerűbben elektromos meghajtású járművekkel biztosítható. Az ilyen járművekben az önvezetéshez szükséges járműirányítási funkciók is könnyebben adaptálhatók.

A járműkutatások és -fejlesztések elsősorban magára a járműre és annak forgalmi folyamataira fókuszálnak [1]. Mindeközben a jármű tágabb „környezetbe” való helyezésére kevesebb hangsúlyt fektettek ezidáig. Ennek megfelelően arra keressük a választ, hogy hogyan lehet a járművet integrálni a közlekedési rendszerbe és a mobilitási szolgáltatásba, a felhasználói szempontokat szem előtt tartva. A kapcsolódó kutatási eredményeinkről [2] adunk a továbbiakban átfogó áttekintést.

2. ELEKTROMOBILITÁSI RENDSZER

Bár az elektromobilitási rendszer legfontosabb összetevője a jármű, mégis mindenki érintett, aki kapcsolódik a jármű üzemeltetéséhez. Az elektromos járműhasználat során a töltés jelenti a legnagyobb eltérést a hagyományos járművekhez képest. Emiatt a töltési folyamat által érintett legfontosabb szereplőkre fókuszálunk, akik az alábbiak:

- **Elektromos jármű használó:** a hagyományos jármű energiavételezéséhez képest a hosszabb töltési idő és az eltérő töltési technológiák újfajta döntési helyzetet teremtenek. Erre jelent megoldást a valós idejű adatokon alapuló döntéstámogató információs szolgáltatás.
- **Töltőállomás üzemeltető:** a töltési folyamat jellemzői jelentősen eltérnek a hagyományos belső égésű motorral szerelt jármű újratöltésétől. Emiatt a töltőállomások elhelyezése olyan feladatot jelent, ami összetett, több szakterületre kiterjedő megközelítést igényel.
- **Elektromos hálózat üzemeltető:** az elektromos járművek által a villamos hálózaton okozott többletterhelés kezelésére smart grid megoldásokat alkalmaznak, amelyek az energiaáramlatok és a hálózati kapacitás összerendezését segítik.

A szereplők együttműködésének szervezésében az információ szerepe felértékelődik; az érintettek egyszerre adatforrások és információfelhasználók is.

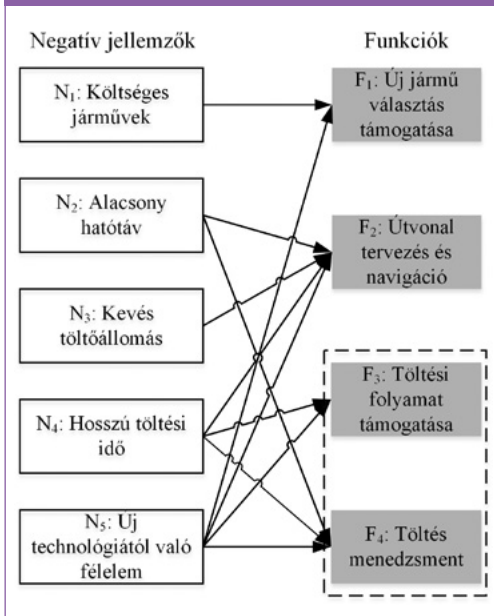
2.1. Elektromos járműhasználatot támogató információs rendszer

Az elektromos járműhasználatot támogató információs rendszer a járművásárlás és a használat során felmerülő újszerű döntési helyzetekben támogatja a felhasználót. Az információs szolgáltatási funkciók meghatározásának alapját az elektromos jármű negatív tulajdonságai jelentették.

A legfontosabb újszerű funkciókat az 1. ábra mutatja be.

Az új jármű választása funkció a felhasználói igényekhez leginkább illeszkedő jármű megválasztásában nyújt segítséget, amihez kidolgoztunk egy költségmodellt. A **költségmodell figyelembe veszi a jármű hosszú távú üzemeltetésének a költségeit**, amivel azonosítottuk azokat a pontokat, ahol a költségcsökkentés jelentősen javítja a technológia versenyképességét. Ezzel párhuzamosan **meghatároztuk a lehetséges ösztönzők rendszerét**

1. ábra: Információs rendszer funkciói

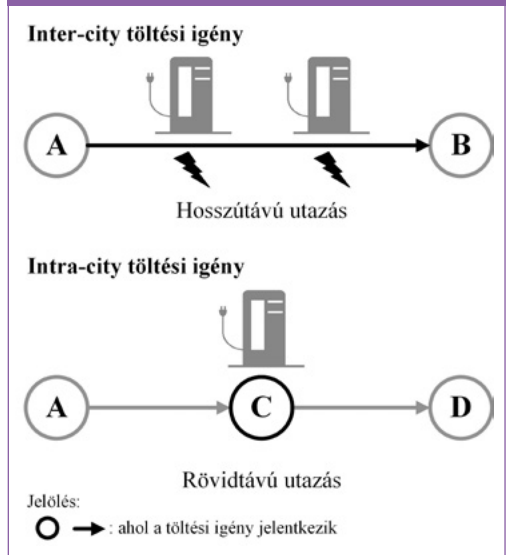


és azok várható hatását az elektromobilitásra. Az útvonaltervezés és navigáció funkció figyelembe veszi az elektromos járművek energiafogyasztását, a domborzati viszonyokat és a töltőállomások jellemzőit is. A töltési folyamat támogatása funkcióval a töltési folyamatok kezelhetősége javul azáltal, hogy lefedi a töltés indításától az elszámolásig a teljes folyamatot. A töltés menedzsment funkció a felhasználói elvárások szerinti optimális töltési terv meghatározását támogatja. A funkciók kiterjedt adatszükséglete miatt az elektromobilitás által érintett szereplők szoros együttműködésére van szükség.

2.2. Töltőinfrastruktúra telepítése

Az elektromos járművek elterjedésének egyik alapfeltétele a nyilvános töltőhálózat. A töltőtelepítést alapvetően az elektromos hálózat jellemzői (hozzáférhetőség, szabad kapacitás) és a közlekedési szokások (töltési igények) befolyásolják [3], amelyek közül az utóbbit vizsgáltuk meg. Az utazási szokások felmérése és elemzése alapján kétféle töltési igényt különböztetünk meg (2. ábra):

2. ábra: Töltési igények



- **Inter-city töltési igény:** a hosszú távú, a jármű hatótávját meghaladó utazások során, útközben felmerülő töltési igény. A töltési idővesztés jelent az utazó számára.
- **Intra-city töltési igény:** a rövid távú, városi utazások rendeltetési helyén felmerülő töltési igény. A jármű parkolási folyamatának a hasznosságát egészíti ki a töltési folyamat.

Az inter-city töltési igény jellemzően autópályák és országutak mentén jelentkeznek, tehát vonalszerű. Nagyteljesítményű villámtöltők alkalmazása és kiegészítő szolgáltatások biztosítása (pl.: mosdó, étterem) indokolt. A töltőtelepítés során a lebonyolítható utazások számának maximalizálása a cél, amihez ismerni kell a jellemző útvonalakat is. A töltőállomással való lefedettséget útvonalanként kell vizsgálni [4]. Az inter-city töltőhálózat az országos átjárhatóságot támogatja. Az intra-city töltési igény pontszerű. Ebben az esetben a rendeltetési hely befolyásolja a telepítést; az útvonalnak nincs jelentősége. Mivel a parkolás motivációja nem a töltés, ezért a töltési időtartam kevésbé jelentős, villámtöltő telepítése általában nem indokolt. Az intra-city töltőpontok telepítésekor azoknak a nyilvános pontoknak az azonosítása szükséges, ahol a járművek rendszeresen és hosszú ideig parkolnak [5]. Jellemzően ilyen

helyszíntípusok a bevásárlóközpontok, a P+R parkolók, és a sűrű beépítettségű lakóövezetek, ahol nincs lehetőség éjszakai töltésre privát parkolóhelyen. Az inter- és intra-city töltési igények kiszolgálására kétféle töltőtelepítést támogató módszert dolgoztunk ki, amelyeknek funkciói az alábbiak:

- a töltőállomás helyszín kijelölése, és
- a töltőpontok számának meghatározása az állomásokon az előrebecsült igények alapján.

Míg a személygépjárművek esetén a töltési igény nagyobb bizonytalansággal becsülhető előre, addig a közösségi elektromos autóbuzos szolgáltatás rögzített útvonalon és menetrend szerint zajlik, vagyis a töltési igény állandó és pontosan megadható. Az újszerű feladatot a töltési folyamatnak a fordákba való illesztése jelenti. Általában háromféle töltési stratégiát alkalmaznak:

- **Telephelyi töltés:** általában éjszaka.
- **Állomási töltés:** üzem közben, álló helyzetben.
- **Vonali töltés:** menet közben.

A töltési stratégiák értékeléséhez költségmodellt dolgoztunk ki, ami figyelembe veszi a szükséges töltőinfrastruktúra, a járműflotta és az akkumulátorkapacitás költségét. Mindezen tényezőket befolyásolja a viszonylathálózat jellege, az állomási és vonali tartózkodási idők és a fordák jellemzői.

A telephelyi töltés alacsony járműszám esetén indokolt a járművenkénti egy töltőállomás és a nagy akkumulátorkapacitás magas költsége miatt. Az állomási töltés elsősorban „csillag”-szerű vonalhálózat esetén indokolt, ahol egy közös végállomásra induló viszonylatok eltérő útvonalon közlekednek, míg a vonali töltés ott tud magas hatásfokkal üzemelni, amelyik útszakaszon több viszonylat járművei közlekednek.

2.3. Smart grid megoldások

A smart grid olyan villamos hálózat, ahol energia és információ áramlik a szereplők között

mindkét irányban. A smart grid megoldásokkal elérendő cél a kínálat és kereslet koordinálása térben és időben (3. ábra). Így lehetővé válik a megújuló energiaforrások hatékony felhasználása, és a decentralizált kis erőművek hálózatba kapcsolása [6]. Az elektromos jármű az igény ingadozása csökkentésének az eszköze, mivel:

- a felhasználói magatartás és a **töltési igény térben és időben rugalmas, befolyásolható,**
- a jármű akkumulátora energiatárolóként is működhet a hálózat szempontjából.

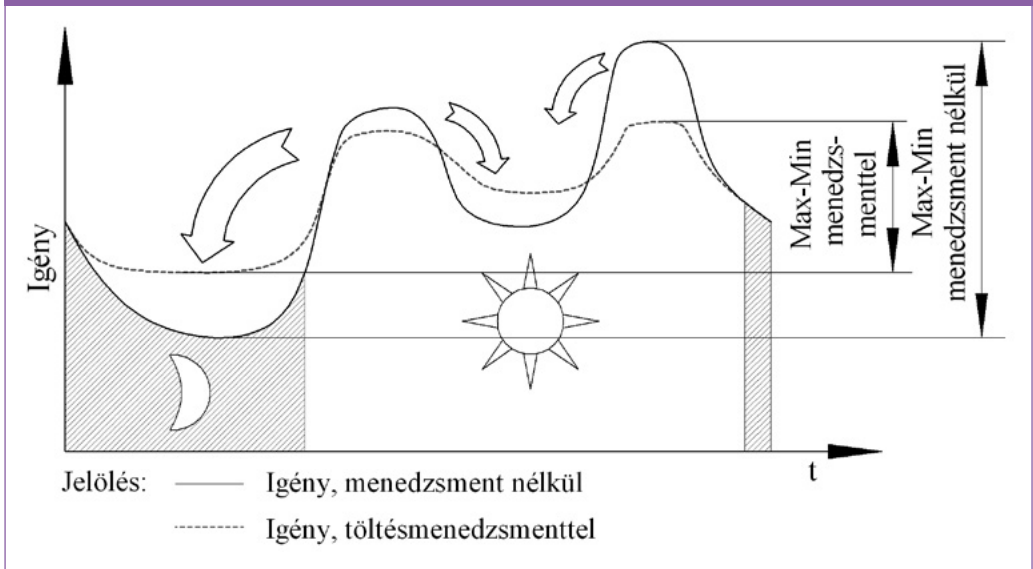
Így elérhető az elektromos hálózati lokális optimum, amikor az eladott energia fajlagos előállítás költsége minimális. Ugyanakkor az utazó a töltés folyamatainak tervezésénél a vételezett energia költségének minimalizálására törekszik. A két folyamat nem feltétlenül fedi egymást, de a felhasználói és az elektromos hálózat igényeit figyelembe véve a töltési igény befolyásolásával összhangba hozható, amit globális optimumnak hívunk. Ennek a folyamatnak hatékony eszköze a változó díjtétel. A változó díjtétel alkalmazása az elektromos hálózat – a parkolási díjhoz hasonlóan – térben és időben befolyásolja az igényeket. A felhasználó arra törekszik, hogy a számára leginkább kedvező helyen és időben töltsön, amit jelentősen befolyásol a töltés költsége. Ezzel a keresletingadozás csökkenthető az elektromos hálózaton [7].

A villamos hálózat kiterjedtsége és komplexitása miatt a smart grid központi töltésmenedzsment információs rendszerre alapul. A kezelt adatok:

- a felhasználó: utazási igény,
- az elektromos jármű: járműjellemzők (pl. energiafogyasztás és az akkumulátor mérete),
- az elektromos hálózat: szabad kapacitás.

A beérkező adatok alapján a töltésmenedzsment rendszer segítségével minden felhasználó számára meghatározható a személyre szabott töltési terv. A töltési terv kidolgozásakor figyelembe kell venni a jármű, az utazási igény, a töltőinfrastruktúra és a kétirányú

3. ábra: Elektromos hálózat terhelésének ingadoázsa



energiaáram jellemzőit. Az egyéni töltési terv alapján meghatározott változó díjtétel fokozza a töltési szokás befolyásolását a hatékonyságát.

3. AZ AUTONÓM JÁRMŰVEKRE ÉPÍTETT MOBILITÁSI RENDSZER

Az automata rendszerek előre programozott, egyértelműen definiált algoritmusok szerint működnek. Az autonóm megoldások már önálló döntéseket is hoznak kognitív és tanuló képességeiket felhasználva. A működés során fellépő valamennyi szituáció esetében érzékelik a környezetet, azonosítják az állapotokat (pl. elemeket, tulajdonságokat), megértik az összefüggéseket és arra megfelelő választ adnak. A járműirányítási funkciók fejlettsége alapján automatizálási szinteket különböztetnek meg. A legmagasabb szinten a járművek minden forgalmi szituációban önálló döntést hoznak, humán járművezetőre nincs szükség. Az elkülönített pályán futó járműveknél elegendő a kisebb automatizáltsági szint, míg a többi kötöttpályás és közúti eszköznel autonóm járművek alkalmazandók. Felmerül a kérdés, hogy az „intelligencia” a járműbe vagy

az infrastruktúrába kerüljön beépítésre. Automata járműveknél legtöbbször az infrastruktúra az „intelligens”. A jelenlegi autonóm járműfejlesztéseknél az „intelligenciát” a járműben helyezik el, jelentősen megnövelve azok árát.

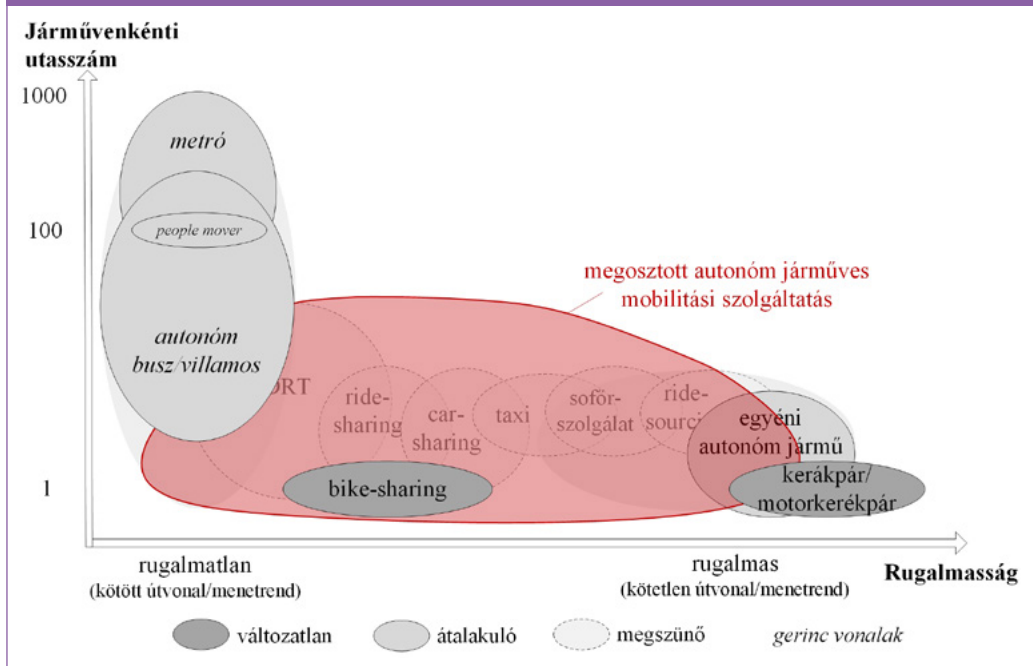
3.1. Átalakuló személyközlekedési módok

A jövőbeli „személyközlekedési paletta” jelentősen átalakul [8], [9] az automatizáció hatására megjelenő mobilitási szolgáltatástípusok hatására (4. ábra). Az ún. átmeneti közlekedési módokat és az egyéni járműhasználat egy részét is kiváltja egy új, **telematikai bázisú, többnyire igényalapú, megosztott, kiskapacitású autonóm járműves közlekedési mód**. Az új mód egyesíti a jelenlegi átmeneti közlekedési módok tulajdonságait. Típusai:

- a háztól házig szolgáltatást nyújtó megoldás férőhely megosztással, vagy anélkül, valamint
- a nagykapacitású eszközre ráhordó típus.

Cél a mobilitási igények magas színvonalú kielégítése, ami a korlátozott közúti kapacitások figyelembevételével megosztott és ráhordó jellegű szolgáltatásokkal valósítható meg. Ezt

4. ábra: Személyközlekedési „paletta”



a célt is szolgálja a dinamikus tarifarendszer alkalmazása a keresleti-kínálati helyzetnek megfelelően a szolgáltatási minőséget is figyelembe véve (pl.: magasabb díjtétel, ha az utazó nem hajlandó a járművet másvalaki megosztani vagy háztól házig szolgáltatást szeretne a ráhordó helyett).

Mivel a nagy volumenű igények gazdaságos kielégítése hagyományos közforgalmú eszközökkel lehetséges, szerepük a nagy forgalmú vonalakon továbbra is jelentős marad. A lágy mobilitási formák, így a gyaloglás, (közösségi) kerékpározás aránya, valamint szerepe jelentős marad. A városi logisztika és a nagy távolságú áruszállítás során is megjelennek az autonóm járműves szolgáltatások. A személy- és áruszállítási feladatok városi környezetben kombinálhatók is.

3.2. A jövő mobilitás szolgáltatása utasoldalról

Elsősorban az új, megosztott autonóm járműves mód kínál a jövőben magasan személyre

szabható szolgáltatást, ami mobil alkalmazáson, előzetes rendeléssel vehető igénybe.

A mobilitás tudatosabbá, tervezettebbé válik az előzetes rendelés következtében. Az utazó okos készülékének jelentősége felértékelődik az utazás előkészítésekor és lebonyolításakor, a jármű és az utazó közötti fizikai kapcsolat kialakításakor. A legfontosabb mobil alkalmazásfunkciók:

- információszerzés interaktív kommunikációval,
- szolgáltatás megrendelése,
- jármű nyitása/felhasználó azonosítása (jegykezelés),
- jogosultság ellenőrzése,
- fizetés (pl.: mobilfizetés vagy automatikusan helyadat alapján),
- véleményezés, panaszbejelentés.

A fedélzeti személyzet hiánya csökkentheti az utazó komfort- és biztonságérzetét. A személyes biztonság érzete intelligens távfelügyelettel növelhető. A szolgáltatási minőség fokozható:

- igény alapú mobilitási szolgáltatással (térbeli, időbeli rendelkezésre állás javítás),
- útitárs választásával (szimpátia szerint),
- fedélzeti szórakoztatással,
- személyre szabott, érték növelt és helyfüggő információk közlésével.

3.3. Tervezés és üzemeltetés

A mobilitási szolgáltatások tervezéséhez és üzemeltetéséhez újfajta módszerek szükségesek; különös tekintettel a dinamizmus fokozására. A valós idejű adatoknak az üzemeltetésen kívül, a tervezésben is egyre inkább meghatározó szerepük van. A legjelentősebb újdonság, hogy az előzetes rendelés alapján az igények és azok tulajdonságai előre ismertek, így a kereslet és a kapacitások összerendelési hatékonysága fokozható. A tervezés során fokozottan figyelembe veendő az utazói elvárások, például a jármű belső kialakítására vagy az információs szolgáltatásokra vonatkozóan. A jármű-utas összerendelése a jármű adatok (pl.: szabad férőhelyek, útirány), az utazó és utastársak elvárásai (pl.: hajlandó-e mással utazni, mekkora kitérő fogadható el számára) alapján történik. A magas színvonalú szolgáltatással fokozható az újszerű technológia, azaz az önvezető jármű elfogadottsága is.

Az autonómia egy relatív fogalom. Bár az autonóm járművek a forgalmi helyzetekben önálló döntéseket hoznak, a forgalom irányítása [10], a szolgáltatás tervezése, szervezése integrált megközelítést igényel. A járművek többféle szolgáltató (köz-, magáncég, magánszemély) tulajdonában is lehetnek; a működtetéshez egymással együttműködő központok szükségesek. Az integrált mobilitás menedzsment központ koordinálja a járművek mozgását és a többi központ működését. Szervezeti egységei:

- üzemirányító központ: szervezi és kezeli a közlekedéssel összefüggő feladatokat pl.: utas/csomag-jármű összerendezés, foglalások kezelése (parkolóhelyek, energiatöltő állomások), díjak beszedése.
- forgalomirányító központ: tervezi, szervezi és irányítja a forgalmat (tekintettel a többi motorizált és nem motorizált járműre is).

Az üzemeltetők (közlekedési hálózat, energia-vételezési pontok, flotta) irányító központjai adatokat gyűjtenek az aktuális jellemzőkről, működtetik a létesítményeket és a járműveket, valamint szervezik és ellenőrzik a javítási és karbantartási feladatokat.

Az autonóm járműves mobilitási formákkal megvalósított „Mobilitás, mint szolgáltatás” a következő szempontokban tér el a hagyományos járművekkal és módokkal megvalósított szolgáltatástól:

- bevont mobilitási szolgáltatások köre: kevesebb (nagykapacitású közforgalmú közlekedés, megosztott autonóm járműves szolgáltatás, közösségi kerékpár),
- szervezés: az autonóm járművek integrált irányítása elősegíti a szervezést,
- személyszállítási feladatok teljesítése: automatikusan; humán szereplők, elsősorban a járművezetők nélkül,
- utaskezelés: a funkciók (pl.: beszállás és fizetés) automatizálásával a tevékenységek egyszerűsödnek.

A személyzet jelentősége csökken, a szereplők átalakulnak, jellemzően felügyeleti funkciókat látnak el. Azonban néhány funkcionál (pl. vészhelyzetek kezelése) továbbra is szükséges a diszpécseri közreműködés.

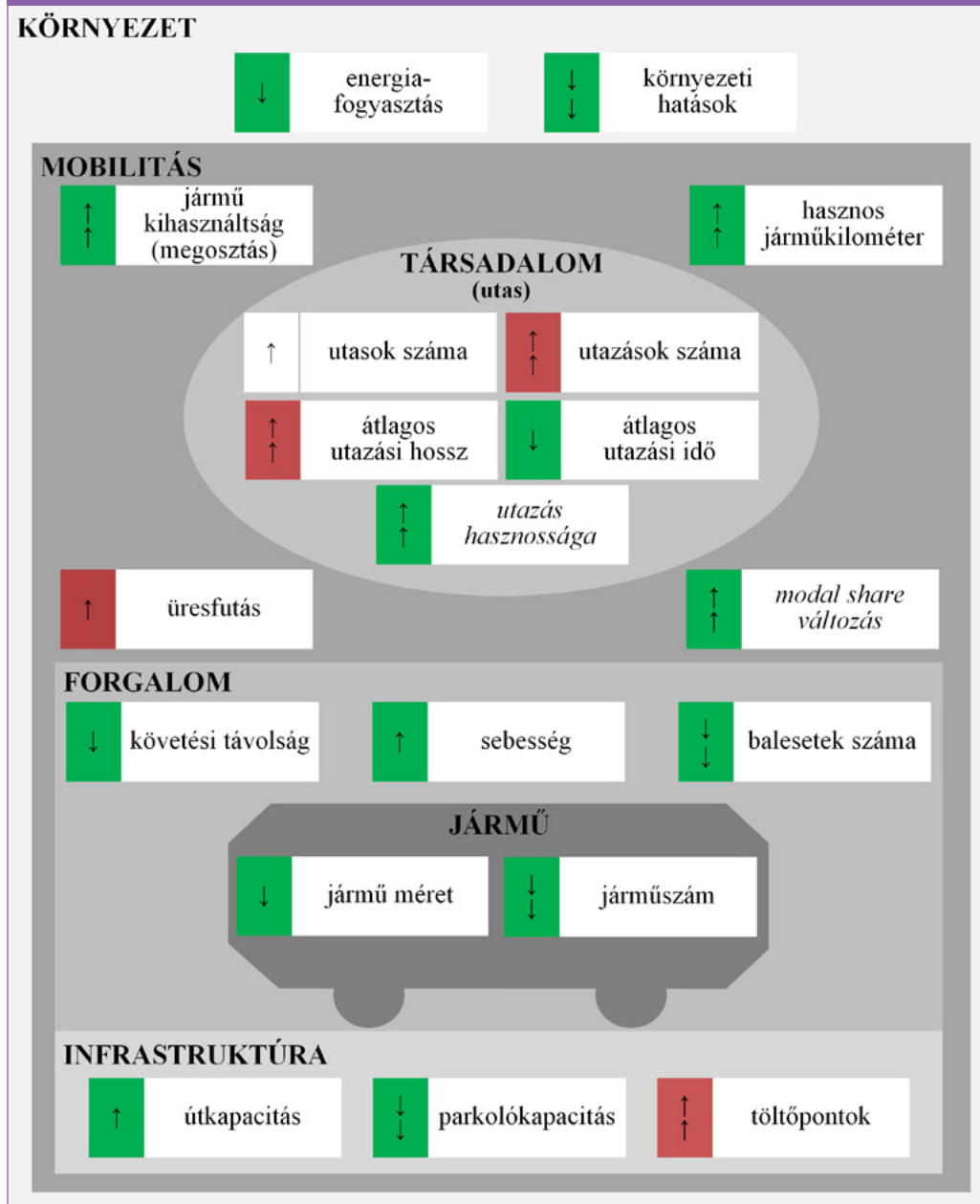
A személyzet szerepe a zavarok kezelésében kiemelt fontosságú lesz a jövőben is, elsősorban a biztonságkritikus helyzetekben. Újszerű, vezeték nélküli vagy pantográfós automata töltési technológia alkalmazásával a személyzet száma a töltési folyamatnál is csökkenthető. A személyzet számának csökkenése azonban társadalmi kihívásokhoz vezethet (munkahelyek megszűnése).

3.4. Hatások

Az autonóm járművek alkalmazásának legfőbb hatásai a következő területeken jelentkeznek: társadalom, mobilitási szolgáltatás, forgalom, infrastruktúra, környezet (5. ábra).

Az utazói csoportok átalakulnak (6. ábra). Az eddig járművezetők is utasokká válnak. Új fel-

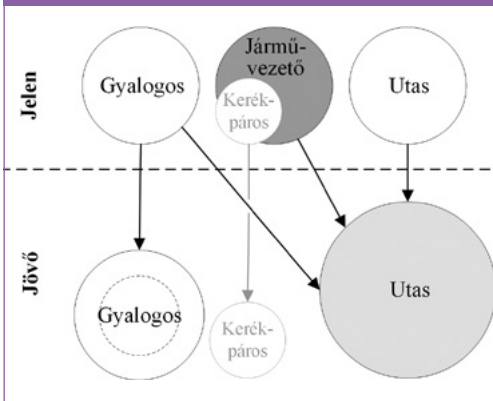
5. ábra: Autonóm járműves közlekedési rendszer kvalitatív hatásai



használói csoportok számára válik elérhetővé a személyes jellegű mobilitás (pl. fogyasztékkal élők). Az utazások hossza megnő, mivel az utazási idő hasznosabban és/vagy kellemesebben tölthető el, így nagyobb távolságokról is meg-

valósulnak napi ingázások. Ez a településszerkezet átalakulását is okozhatja. A járművek kialakítása (utastér) megváltozik. Az utazás teljes egyéni hasznossága növekszik. Az autonóm járműben végzett tevékenységek az ott-

6. ábra: Utazói csoportok átalakulása



honi vagy munkahelyi tevékenységeket részben helyettesíthetik. Ez az utazások számának növekedéséhez vezethet.

Az egyéni gépjárműhasználat csökkenthető; a jelenlegi módok használói közül az egyéni gépjárművet használók váltási hajlandósága a legnagyobb megosztott autonóm járműves szolgáltatásra [11]. Ennek oka, hogy hasonló szolgáltatási minőség biztosítható megosztott autonóm járműves szolgáltatással, aminek következtében a járművek száma csökken [12], kevesebb jármű is elegendő az igények kielégítéséhez. A járművek hasznos futásteljesítménye és kapacitáskihasználása növekszik.

A járművek egymással, az infrastruktúrával és más közlekedőkkel folyamatosan kommunikálnak. Ennek következtében:

- a balesetek száma csökken [13], a közlekedésbiztonság nő.
- a forgalmi jellemzők változnak: pl.: kisebb követési távolság, nagyobb sebesség.
- a forgalomirányítás változik [14]: pl. kevesebb közúti jelzés, de teljes eltűnésükre nem lehet számítani a „lány” (szerencsésebb jelző kellene) közlekedők miatt.

A területhasználat átalakul. Az infrastruktúra elemek és a funkciók közötti éles határok elmosódnak. Az infrastruktúra elemek időalapja a különböző funkciók között megoszlik:

- parkolóhelyek: városi logisztika, autonóm járművek be- és kiszállítási műveletei vagy az elektromos járművek töltési műveletei,
- forgalmi sávok: parkoló, haladó forgalom.

A kisméretű autonóm járművek be is hajthatnak az épületekbe. Ezen járművek tekinthetők úgy is, mint az épület tartozékainak térbeli kiterjesztése. Míg a liftek vertikálisan, addig a behajtó járművek horizontálisan kapcsolják össze a tevékenységi helyszíneket.

A járművek energiafelhasználása hatékonyabbá válik, így a környezetszennyezés mértéke csökken.

4. ÖSSZEGZÉS

Mind az elektromobilitás, mind az autonóm járművekre épülő mobilitási szolgáltatások sikeressége az utazói elégedettségtől függ. Az utazót meg kell tanítani az új technológiával kapcsolatos alapvető ismeretekre, a szolgáltatások igénybevételére, a tudatos döntésekre/viselkedésre és a várható következményekre. Ennek fontos eszközei a fejlett információs szolgáltatások, amihez a mobilitási rendszerek sajátosságainak folyamatszemléletű feltárása szükséges. Ebből következik, hogy az információ jelentősége megnő, és a résztvevők szorosan együttműködnek. Mindez egyre nagyobb feladatokat ró a kutatási, valamint az ismeretterjesztő és az oktatási tevékenységre. Kiemelt figyelmet fordítunk a kutatási eredmények gyakorlati alkalmazhatóságára, mivel az egy ország hosszú távú fejlesztési stratégiájának az alapja.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Szalay, Zs., Nyerges, Á., Hamar, Zs., Hesz, M. (2017) Technical Specification Methodology for an Automotive Proving Ground Dedicated to Connected and Automated Vehicles. Periodica Polytechnica Transportation Engineering. Vol. 45. No. 3. pp. 168-174. DOI: <http://doi.org/cxk3>
- [2] Csiszár, Cs., Csonka, B., Földes, D. (2019) Innovative Passenger Transportation Systems könyv, Akadémia Kiadó, Budapest, ISBN 978 963 059 941 2

- [3] Gong, L., Fu, Y., Li, Z. (2016) Integrated planning of BEV public fast-charging stations. *The Electricity Journal*. Vol. 29. No. 10. pp. 62-77. DOI: <http://doi.org/ch7s>
- [4] Upchurch, C., Kubly, M. (2010) Comparing the p-median and flow-refueling models for locating alternative-fuel stations. *Journal of Transport Geography*. Vol. 18. pp. 750-758. DOI: <http://doi.org/d9pk5x>
- [5] Shirmohammadli, A., Vallée, D. (2017) Developing a location model for fast charging infrastructure in urban areas. *International Journal of Transport Development and Integration*. Vol. 1. No. 2. pp. 159-170. DOI: <http://doi.org/cxk4>
- [6] Zhuangli, H., Canbing, L., Yijia C., Baling, F., Lina, H., Mi, Z. (2014) How Smart Grid Contributes to Energy Sustainability. *Energy Procedia*. Vol. 61. pp. 858-861. DOI: <http://doi.org/cxk5>
- [7] Sulabh, S., Nadia, A. (2018) Stochastic charging of electric vehicles in smart power distribution grids. *Sustainable Cities and Society*. Vol. 40. pp. 91-100. DOI: <http://doi.org/cxk6>
- [8] Csepinsky, A., Giustiniani, G., Holguin, C., Parent, M., Falment, M., Alessandrini, A. (2017) Safe Integration of Fully Automated Road Transport Systems in Urban Environments: The Basis for the Missing Legal Framework. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. Vol. 2489. DOI: <http://doi.org/cxk7>
- [9] Krueger, R., Rashidi, T.H., Rose, J.M. (2016) Preferences for shared autonomous vehicles. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. Vol. 69. pp. 343-355. DOI: <http://doi.org/f84c8b>
- [10] Zhang, R., Spieser, K., Frazzoli, E., Pavone, M. (2015) Models, algorithms, and evaluation for autonomous mobility-on-demand systems. *American Control Conference (ACC)*, July, Chicago, USA. DOI: <http://doi.org/cxk8>
- [11] Csiszár, Cs., Földes, D. (2018) Operational Model and Impacts of Mobility Service based on Autonomous Vehicle. *International Conference on Traffic and Transport Engineering (ICTTE)*, 17-28 September, Belgrade, Serbia
- [12] Gruel, W., Stanford, M. (2016) Assessing the long-term effects of autonomous vehicles: a speculative approach. *Transportation Research Procedia*. Vol. 13. pp. 18-29. DOI: <http://doi.org/gdgzxs>
- [13] Waldrop, M.M. (2015) Autonomous vehicles: no drivers required. *Nature*. Vol. 518. No. 7537. pp. 20-23. DOI: <http://doi.org/gfgq87>
- [14] Pereira, A.M., Anany, H., Pribyl, O., Prikryl, J. (2017) Automated Vehicles in Smart Urban Environment: A Review. *Smart City Symposium (SCSP)*, 25-26 May, Prague, Czech Republic. DOI: <http://doi.org/cxk9>



The Planning and Operation of Electromobility and Mobility Services based On Autonomous Vehicles

The mobility services supporting the use of electric and autonomous (driverless) vehicles are getting more and more attention because of the developments



Planung und Betrieb der Elektromobilität und Mobilitätsdienstleistungen basierend auf autonomen Fahrzeugen

Mobilitätsdienstleistungen basierend auf elektrische und autonome (fahrerlose) Fahrzeuge rücken durch die fortschreitenden Entwicklungen in den

in the field of vehicle technology, energetics and infocommunication. Technology development is often the tool of tackling social and sustainability challenges; however, it also generates other challenges. Transport modes, travel behaviour, built environment and the infrastructure of transport, energetics and telematics are altering. The emerging various and combined forms of services require more complex and novel approaches in the field of system planning and operation more than ever. The paper summarizes the principles and best practices of planning and operation of electric and autonomous vehicle related mobility services with a system approach focusing on the processes and the estimated most significant effects. Operational and user aspects are also considered. The paper is based on the recent scientific results.

Bereichen Fahrzeugtechnologie, Energietechnik und Telematik zunehmend in den Vordergrund. Technologischer Fortschritt dient häufig als Mittel gegen soziale und nachhaltigkeitsbedingte Herausforderungen, wobei dieser selbst neuartige Herausforderungen mit sich bringt. Die Verkehrsarten, die Reisegewohnheiten, die bebaute Umwelt, die Verkehrs-, Energie- und Telematikinfrastruktur ändern sich. Die neu aufkommenden vielfältigen und kombinierten Dienstleistungsarten erfordern komplexere Methoden in den Bereichen Systemplanung und Betrieb als jemals zuvor. Dieser Artikel fasst Grund- und Lösungsansätze für die Planung und den Betrieb von Mobilitätsdienstleistungen basierend auf elektrische und autonome Fahrzeuge mit einem prozessorientierten Systemansatz zusammen. Die bedeutendsten Auswirkungen sowie relevante Aspekte für Betreiber und Reisende werden ebenfalls angesprochen. Die Inhalte dieses Artikel basieren auf Forschungsergebnissen, die in den entsprechenden Bereichen erzielt wurden.

**A MAGYAR
TUDOMÁNY
ÜNNEPE**



**Magyar Tudományos
Akadémia**