

LXXII. ÉVFOLYAM 4. SZÁM
2022. AUGUSZTUS

KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI SZEMLE



A KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI EGYESÜLET SZAKLAPJA
ALAPÍTVÁ 1951-BEN

ALAPÍTÁSA 150 ÉVES JUBILEUMÁT ÜNNEPLI A GYSEV

Jubileumi logó, matricázott mozdony, GYSEV150 postabélyeg, egyedülálló GYSEV150 Sütijegy, történeti kronológia, nagyszabású ünnepségek – csak néhány példa arra, hogy méltó módon szeretné megünnepelni a GYSEV Zrt. alapítása 150 éves jubileumát. 2022-ben pontosan 150 éve annak, hogy 1872-ben kiadták a Győr-Sopron-Ebenfurti Vasút Engedély-okmányát, a zöld-sárga vasúttársaság így idén másfél évszázados jubileumot ünnepelhet.

A Győr-Sopron-Ebenfurti Vasút 1872-ben kiadott Engedély-okmánya rendelkezett arról, hogy vasútvonal épüljön Győrtől Sopronon át egészen Ebenfurtig. Az Engedély-okmány részleteit az 1872. évi XXVII. törvény tartalmazza, amelyet az akkori magyar király, Ferenc József látott el kézjegyével.

A 150-es jubileumi évet szeretné emlékeztetéssé tenni a GYSEV: matricázott mozdony készül, a motorvonatokat és a személykocsikat jubileumi logóval látják el, emellett „anno és most”, azaz a múltat és a jelent bemutató képpárok díszítik a naptárakat, plakátokat, falmatricákat.

A 150. GYSEV-születésnap alkalmából ajándéktárgyak, állomási installációk, postabélyeg is készül, a vasúttársaság közösségi oldalán játékokkal, aktivitásokkal várják az érdeklődőket.

A GYSEV területén működő, kijelölt cukrászdákban megalkották az egyedi GYSEV150 süteményeket. A különleges édességeket GYSEV150 Sütijegy váltásával kóstolhatják végig az érdeklődők - a lakóhelytől távoli cukrászdákat kényelmesen, vonattal érhetik el 2022. márciusától minden szombat és vasárnap.

„Nagyon sok minden történt vasúttársaságunkkal az elmúlt másfél évszázadban. A két világháború, a trianoni döntés, a vasfüggöny időszaka mind-mind része a 150 éves GYSEV történetnek is. Mi arra készülünk, hogy ezt a szép jubileumot úgy tegyük emlékeztetéssé, hogy minél több érdeklődőt, utast vonjunk be a közös ünneplésbe, hogy határon innen és túl értesüljenek történelmünkről, múltunkról, jelenünkről és természetesen jövőnkről is” – mondta el a 150 éves jubileumi év kapcsán Kövesdi Szilárd, a GYSEV Zrt. elnök-vezérigazgatója.

A 150-es évforduló alkalmából jelenik meg a vasúttársaság történetét bemutató, „A Győr-Sopron-Ebenfurti Vasút kronológiája képekben” című kötet.



KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI SZEMLE

A közlekedési szakterület tudományos lapja
VERKEHRSWISSENSCHAFTLICHE RÜNDSCHAU
Zeitschrift des Ungarischen Verein für Verkehrswissenschaft
REVUE DE LA SCIENCE DES TRANSPORTS
Revue de la Société Scientifique Hongroise des Transports
SCIENTIFIC REVIEW OF TRANSPORT
Publication of the Hungarian Society for Transport Sciences

Megjelenik kéthavonta
www.ktenet.hu

ALAPÍTOTTA:
a Közlekedéstudományi Egyesület

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG:
Kövesné Dr. Giliczé Éva elnök
Dr. Katona András főszerkesztő
Barlog Károly
Dr. Békési István
Berta Tamás
Bretz Gyula
Horváth Lajos
Mészáros Tibor
Dr. Prileszky István
Somogyi Marcell
Szűcs Lajos
Dr. Tánzos Lászlóné
Dr. Tóth János
Dr. Tóth László

SZERKESZTŐSÉGI TITKÁR:
Ráczné dr. Kovács Ágnes
Tel./Fax: 353-2005, 353-0562
E-mail: szemle@ktenet.hu
DOI szerkesztő: dr. Török Ádám

SZERKESZTŐSÉG:
1066 Budapest, Teréz krt. 38. II. 235.

FELELŐS KIADÓ:
Dr. Tóth János,
a Közlekedéstudományi Egyesület főtítkára

KIADJA:
Közlekedéstudományi Egyesület
1066 Budapest, Teréz krt. 38. II. 235.
www.ktenet.hu

MEGBÍZOTT KIADÓ:
Press GT Kft.
1139 Budapest, Úteg u. 49.
Tel.: 349-6135
E-mail: info@pressgt.hu

NYOMDAI KIVITELEZÉS:
Informax Millenium kft.
Felelős nyomdavezető: Bocskay Endre

TERJESZTŐ:
Magyar Posta Zrt. Központi Hírlap Iroda
Előfizethető a Közlekedéstudományi Egyesületnél
Egy szám ára: 1380 Ft, Éves előfizetés: 8280 Ft
Egyéni KTE tagnak tagdíjjal: 5140 Ft
Nyugdíjas és diák KTE tagnak tagdíjjal 4640 Ft

ISSN 0023 4362

A folyóiratunkban megjelenő cikkek egy év embargót követően nyíltan hozzáférhető digitális irodalomnak tekinthetők. A cikkeket a szerkesztőség az EPA-ban és a REAL-ban online elérhetővé teszi.



A cikkek tartalma nem minden esetben egyezik a szerkesztőség véleményével.
Kéziratot nem őrünk meg.

TARTALOM

**Dr. Csonka Bálint – Dr. habil. Csiszár Csaba
Dr. Földes Dávid**

Elektromos közúti gépjárművek beszerzését
támogató költségszámítási módszer és alkal-
mazás kidolgozása 4

**Szabó Ádám – Telekesi Tibor
Schváb Zoltán**

Gépjárművek körének szabályozása és
matricarendszer vizsgálata alacsony
emissziós zónában 20

Dr. Szászi Gábor – Lévai Zsolt

A védelmi felkészítés követelményeinek
érvényesülése a Budapesti Agglomerációs
Vasúti Stratégia által javasolt
új hálózati elemek esetében 29

Török Ádám – Horváth Balázs

Emlékeztető az MTA Közlekedés- és
Járműtudományi Bizottságának üléséről 46

Melléklet

*Közlekedésbiztonság -
Közlekedési környezetvédelem*

Tomaschek Tamás Attila

Az intelligens infrastruktúra szerepe
a közlekedésbiztonság, és
az autonóm járművek fejlesztésében 53

Tisztelt Előfizető! Tisztelt Olvasó!

A Közlekedéstudományi Szemle nem csak nyomtatott, hanem digitális változatban is olvasható. Digitális változat megrendelése csak egyéni előfizetőknek lehetséges a Közlekedéstudományi Szemle szerkesztőségénél (szemle@ktenet.hu). A nyomtatott változat 8280 Ft-os előfizetési díjával szemben a digitális változat előfizetési díja csak 6000 Ft évente, KTE egyéni tagnak 4140 Ft. A könnyebb elérhetőség és az előfizetők jobb kiszolgálását biztosítandó, egyszerűsítettük az eddigi terjesztési formát. Így a jövőben az aktuális lapszámokat már a nyomtatott változat megjelenés előtt elküldjük előfizetőink e-mail címére pdf formátumban. Reméljük, hogy hamarosan üdvözölhetjük Önt is a digitális előfizetőink között.

Elektromos közúti gépjárművek beszerzését támogató költségszámítási módszer és alkalmazás kidolgozása

A hagyományos üzemanyaggal működő járműflotta fokozatos lecserélése alternatív energiaforrásokkal működő járművekre jelentős lépés a közlekedési rendszerek fenntartható fejlesztése és a hatékony energiagazdálkodás irányába. A jelenlegi technológiai fejlettség mellett az elektromos közúti gépjárművek széles körű elterjedését többféle intézkedéssel lehet elősegíteni.

DOI: <https://doi.org/10.24228/KTSZ.2022.4.1>

Dr. Csonka Bálint – Dr. habil. Csiszár Csaba – Dr. Földes Dávid

tudományos munkatárs egyetemi docens tudományos munkatárs
 Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar,
 Közlekedéstechnológiai és Közlekedésgazdasági Tanszék
 e-mail: csonka.balint@kjk.bme.hu, csiszar.csaba@kjk.bme.hu, foldes.david@kjk.bme.hu

1. A KUTATÁS ELŐZMÉNYEI, AKTUALITÁSA, CÉLKITŰZÉSEI ÉS MÓDSZERE

A hagyományos járművektől jelentősen eltérő üzemeltetési jellemzőkkel rendelkező elektromos közúti gépjárművek újszerű döntési helyzeteket idéznek elő a felhasználók és az elektromobilitási rendszer többi szereplője számára. Kutatócsoportunk hosszú évek óta foglalkozik az elektromos meghajtású járművek köré „épített” közlekedési rendszer tervezési és üzemeltetési kérdéseivel, amelyekre a gyakorlatban is jól hasznosítható tudományos igényességű válaszokat igyekszünk adni.

Az elektromos járművek piaci ára jelenleg még viszonylag magas; valamennyi költségelemet, azok egymásra hatását, értékét és jövőbeli változását nem látják át és nem ismerik teljes mértékben a vásárlók, ami gyakran pénzügyi-

leg nem átgondolt döntéseket eredményez. További nehézséget jelent, hogy a technológiai fejlődés hatásai nehezen becsülhetők előre. Ezért a beszerzési ár mellett a teljes élettartam alatt felmerülő költségek (TCO=Total Cost of Ownership) vizsgálандók. Kutatásunk célja az elektromobilitás elterjedését az utazók döntéseinek megkönnyítésével elősegítő költségszámítási módszer és felhasználóbarát információs alkalmazás fejlesztése. A téma jelentőségét mutatja, hogy a vásárlói döntések alapjaiban befolyásolják egy-egy olyan innovációs megoldás, mint az elektromobilitás sikerességét.

Olyan modellt kidolgozását tűztük ki célul, amely támogatja a hagyományos benzin és dízel, valamint hibrid és tisztán elektromos járművek összehasonlítását és ennek érdekében a következő gyakorlati kérdések megválaszolását:

- milyen kapcsolat van a futásteljesítmény és a TCO között?
- mekkora éves futásteljesítmény esetén térül meg a járművek magasabb beszerzési ára?
- hogyan befolyásolja az éves futásteljesítmény a fajlagos üzemeltetési költségeket (pl. km-re vetítve)?
- hogyan befolyásolják a járműhasználati jellemzők a TCO-t és károsanyag-kibocsátást?
- melyik járműtípust érdemes választani adott használati (üzemeltetési) jellemzők mellett?
- milyen ösztönzőkkel lehet az elektromos járművásárlást fokozni?
- milyen hatásai vannak a pénzügyi ösztönző rendszer egyes elemeinek a TCO-ra?
- milyen hatásai vannak a technológiai változásoknak?

A kutatás során összegyűjtöttük és rendszereztük az elektromobilitással kapcsolatos műszaki és pénzügyi alapfogalmakat. Áttekintettük az elektromobilitás jelenlegi helyzetét, várható tendenciáit, valamint rendszerbe foglaltuk az elterjedést ösztönző tényezőket. Ezt követően a beszerzési, az üzemeltetési, a karbantartási és egyéb költségtényezőket figyelembe vevő költségmodellt és számítási módszert dolgoztunk ki. A módszer segítségével a különböző jellemzőkkel rendelkező autók költségeit gyakorlati példákon keresztül szemléltettük. A számítási módszer alkalmazásával meghatározható, hogy milyen üzemeltetési körülmények között éri meg elektromos autót vásárolni, illetve az elterjedést ösztönző pénzügyi támogatások hatásai is számszerűsíthetők.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Az elektromos járművek piacát egyrészt a költségek, másrészt az ösztönző intézkedések együttesen alakítják. Az áttekintett irodalmi forrásokat is ebben a tagolásban foglaljuk össze.

2.1. TCO kutatási eredmények

A TCO-val foglalkozó irodalmakban elsősorban a költségek és a CO₂ kibocsátások számí-

tását tűzték ki célul. Emellett több kutatás során vizsgálták a felhasználói preferenciákat, illetve becsléseket adtak a jövőbeli járműpiaci összetételre vonatkozóan. A kutatások térbeli érvényességi területe és az előrebecslési időhorizontok is eltérőek. A legrészletesebb kutatások az Amerikai Egyesült Államokra, az Európai Unióra, Németországra, az Egyesült Királyságra, Franciaországra, Hollandiára és Norvégiára vonatkozóan állnak rendelkezésre. Általában 2030-2050-ig terjedő előretekintéseket alkalmaznak. A legtöbb tanulmány a személyautókra fókuszál, mindössze néhány esetben fordulnak elő a kisáruszállítók. A járműtípusok száma (mérete) általában 1 és 6 között változik (pl. small, compact, medium, executive, SUV, minivan); míg a felhasználói típusok száma jellemzően 3, a városi és a távolsági utazások aránya szerint. A vizsgálatok általában a következő meghajtási módokra terjednek ki: belső égésű motoros járművek (ICEV=Internal Combustion Engine Vehicle), hibrid elektromos járművek (HEV=Hybrid Electric Vehicle), külső áramforrásról is tölthető elektromos járművek (PHEV=Plug-in Hybrid Electric Vehicle), tisztán elektromos akkumulátoros járművek (BEV=Battery Electric Vehicle), üzemanyagcellás elektromos járművek (FCEV=Fuel Cell Electric Vehicle). Az emisszió számításnál a tágabb megközelítésű, az energiaforrás kitermelésétől a mozgási energiává alakításig terjedő (WTW=Well-To-Wheel) számítási mód a gyakoribb, de előfordulnak szűkebb megközelítésű, a járműben tárolt energiától a mozgási energiává alakításig terjedő (TTW=Tank-To-Wheel) számítások is. Ezek egy jelentős része a légszennyezésre, azon belül is a CO₂ kibocsátásra fókuszál. A fenntarthatóság szempontjából azonban fontos figyelembe venni a jármű életciklusa alatt – beleértve az előállítás és újrahasznosítást – okozott teljes környezetterhelést.

A TCO értékét nagyon sok tényező befolyásolja közvetlenül vagy közvetve és eltérő mértékben [8]. Mindemelllett, a költségelemek jövőbeli értékének meghatározása is számos bizonytalanságot rejt. Ezért gyakran jövőképeket készítenek és az abban rögzített paraméterekből vezetik le a teljes költséget. A jövőképeket

jellemzően az elektromos járműpiac trendjei alapján határozzák meg. Például, a németországi 2030-as jövőkép meghatározásakor feltételezték, hogy a járművásárlási „promóciók” jelentősen hozzájárulnak az elektromos járművek piaci részesedésének növeléséhez [3]. A belső égésű motorral hajtott járműveknek az elektromosra cserélése által elért kedvező környezeti és egészségügyi hatások becsülésével foglalkozó, a teljes Európai Unióra kiterjedő kutatásban a hatásokat externális költségként számolták az európai ExternE módszertan alapján. Figyelembe vették a felhasznált energia előállításának országonként eltérő és időben változó technológiai jellemzőit és az eltérő nyersanyagokat [2].

A járműgyártók profitrészt általában alábecsülik a TCO-val foglalkozó irodalmakban, miközben a gyártók a befektetéseik megtérülésére és a jövőbeni fejlesztéseik finanszírozásának biztosítására törekednek. Hipotézisünk szerint ennek következtében az elektromos járművek TCO-ja várhatóan nem lesz lényegesen alacsonyabb a hagyományos belső égésű motorral hajtott járművéhez (ICEV) képest. Mindez azt is jelenti, hogy az intézkedések egy részének az ICEV járművek teljes költségének növelését (pl. új adók bevezetésével) kell célul tűzniük [11]. További lehetőség, hogy ezen hagyományos járművek esetében eltérő térbeli, időbeli stb. érvényességű tiltásokat, korlátozásokat vezetnek be „népszerűségük” csökkenése céljából.

Az alkalmazott modellek egy része ún. technológiai-gazdasági (techno-economic) kombinált megközelítésre épül. Ezen modellek esetén a valós vezetési körülmények között végzett mérési eredmények alapján validálják a technológiai összefüggéseket, amelyekre épül a költségszámítás. Így megbízhatóbb értékek számíthatók, mint a járműgyártók által szolgáltatott elméleti értékekre épülő TCO modellek esetében, ugyanis az elméleti értékek többnyire a belső égésű motorral hajtott járművek irányában térnek el a valóságtól. Mindemellett azt is megállapították, hogy általában a gazdasági jellegű változóknak erősebb a TCO-ra gyakorolt hatása, mint a műszaki változóknak [4].

A hidrogén üzemanyagcellás járművekre vonatkozó TCO számítások számos sajátossággal rendelkeznek, amelyek részben az eltérő technológiából és annak kevésbé kiforrott jellegéből adódnak. További nehézség, hogy kevés a rendelkezésre álló használati, üzemeltetési adat, tapasztalat. Ezek a TCO modellek összetett előrejelzési eljárásokat is tartalmaznak a költségelemek értékének meghatározása érdekében. A sajátosságok között szerepel az utazási költség a legközelebbi töltőállomásig, hiszen e technológiánál lényegesen ritkább a töltőhálózat. Továbbá, ezen új technológiánál nehezebben számíthatók a karbantartási és javítási költségek (pl. meghibásodási rátákat vesznek figyelembe), illetve nehezebben becsülhetők előre az energiahordozók fajlagos árai [13].

A költségszámítások csak kevés esetben terjednek ki a járművek teljes életciklusára. Ezért néhány kutatásban olyan életciklus költségmodelleket dolgoztak ki, amelyek magukban foglalják a nem járműhasználatnál jelentkező költségeket, valamint a lokális és globális hatású emisszió értékeket (externáliák). Ezek a modellek többféle járműtechnológia és üzemanyag esetében is alkalmazhatók elemzések és összehasonlítások készítéséhez. A számítási eredmények jelentősen javítják a döntések és az intézkedések hatékonyságát [9].

2.2. Ösztönző intézkedések

Az ösztönző intézkedésekkel foglalkozó irodalmak arra keresik a választ, hogy milyen jellegű intézkedésekkel, milyen hatásokat lehet elérni a hagyományos járművekről az elektromos járművekre és a kapcsolódó energiamenedzsment megoldásokra (pl. vehicle to the grid technology – jármű mint energiaforrás) való átállás elősegítése és gyorsítása érdekében. Az ösztönző intézkedések alapvetően a pénzügyi és a nem pénzügyi intézkedések csoportjába sorolhatók. Az ösztönző intézkedések egy jelentős része a TCO-ra gyakorolt hatásán keresztül segíti az elektromos járművek piaci térnyerését. Számos kutatás megállapította, hogy míg a hibrid járművek egy jelentős részénél a magasabb beszerzési ár nem hátráltatja jelentő-

sen a piaci növekedést, addig a plug-in hibrid és a tisztán elektromos járművek esetében jelentős támogatás szükséges a versenyképesség fokozásához [1].

Az ösztönző intézkedések azonosítása és a hatások becslése érdekében gyakran alkalmaznak kérdőíves kikérdezéseket vagy mélyinterjúkat. Ez utóbbiak esetében általában bevonják a közlekedési és energetikai szakértőket, valamint a döntéshozókat is. Az elemzések azt mutatják, hogy a vélemények gyakran országoként, régióként, városoként és az elektromos járműpiac érettsége szerint is jelentősen eltérnek az intézkedések előnyeit és hátrányait tekintve. A megállapítások között szerepel, hogy stabil és következetesen kezelt, országokénti célértékek és vételárkezdvevények szükségesek, amit a tudatosságot fokozó kampányokkal érdemes kombinálni [7]. Az országos intézkedéseket kiegészítő, regionális vagy helyi érvényességű ösztönzőket esettanulmányokon keresztül mutatják be és értékelik [6]. A városokkal kapcsolatos vizsgálatok kiterjednek az elektromos járművekkel összefüggő építési szabályozásokra, az energiahálózathoz való kapcsolódási lehetőségekre, a társadalmi méltányossággal összefüggő kérdésekre stb. is. Megállapították, hogy a városi ösztönzők tekintetében nagyon jelentős mértékű eltérések figyelhetők meg a szabályozó eszközök hiányától kezdve a nagyon részletes és kiterjedt szabályozásig bezárólag. A városi járműflottákra vonatkozó ösztönzőkre általában nagyobb hangsúlyt fektetnek, miközben a töltőállomások telepítésére vonatkozó előírásokra kevesebb figyelmet fordítanak [12]. A kikérdezésekre adott válaszok alapján nem csupán az elektromos járművek előnyeit és a kihívásokat azonosították, hanem feltárták azokat az ismereti hiányosságokat, tévhiteteket, amelyek a potenciális használók körében előfordulnak. Például a felhasználók gyakran nem ismerik a konkrét környezeti előnyöket, hiszen azok az országoként eltérő energia-mixek miatt nehezen átláthatók, követhetők.

3. AZ ELEKTROMOBILITÁS HELYZETELMZÉSE, AZ ELTERJEDÉSÉT ÖSZTÖNZŐ TÉNYEZŐK

Az egyes országok (területi egységek) elektromobilitási helyzetének jellemzésére a következő indikátorok a legelterjedtebbek:

- az adott időszakban értékesített elektromos hálózatra csatlakoztatható járművek száma, aránya,
- az elektromos járműflotta mérete, összetétele, a járművek jellemzői,
- a töltőinfrastruktúra kiterjedtsége és jellemzői (térbeli lefedettség, darabszám, teljesítmény, díjszabás, egységesítés),
- az elektromobilitást támogató információs rendszer és szolgáltatások jellemzői,
- politikai célok, kormányzati támogatások, ösztönző intézkedések megléte.

Azonban az elektromobilitás elterjedését számos jellemző befolyásolhatja, például a vásárlóerő és a jellemző utazási távolságok, amelyeket érdemes figyelembe venni az egyes területi egységek összehasonlításakor.

Az elmúlt években az elektromos autók ára jelentősen csökkent, miközben az új modellek technológiailag fejlettebbé, felszerelté váltak, a gyártók pedig egyre hosszabb idejű és szélesebb körű garanciát vállalnak. Az elektromobilitás gyors terjedése csak akkor lehetséges, ha a fogyasztók elfogadják az új technológiát és racionális pénzügyi döntéseket hoznak. Az elfogadást befolyásoló legfontosabb tényezők:

- komfortérzet,
- biztonság és megbízhatóság,
- környezetvédelem,
- hatótávolság,
- költségek,
- töltési idők és lehetőségek.

Az első három tényező tekintetében a jelenlegi elektromos járművek már versenyképesek, sőt, sok esetben jobbak hagyományos társaiknál. A beszerzési költség azonban még kedvezőtlen, illetve a hatótávolság és a töltőinfrastruktúra kiépítettsége sem eléggé vonzó.

A hazai jogszabályi környezet¹ elektromos járművekre vonatkozó kedvezményei a következők:

- a kizárólag elektromos meghajtású gépjárművek után nem kell regisztrációs adót fizetni,
- forgalomba helyezési illeték, gépjármű átírási illeték nincs,
- gépjármű adót, cégautó adót és helyi adót sem kell fizetni,
- a visszerthes vagyonszerzési illeték alól a kizárólag elektromos hajtómotorral működő gépjárművek szintén mentesek.

Ezen kedvezmények a járművásárlás szempontjából csak csekély mértékben tekinthetők érdemi ösztönzőknek, mert ezek teljes összege 10 éves üzemeltetési idő esetén sem haladja meg a néhány száz ezer, cégautó esetén az egymillió forintot. Ezért a széles körű elterjedéséhez további támogatások, engedmények, adókedvezmények és használatot könnyítő feltételek adhatók. A további ösztönző intézkedéseket tekintve fő kategóriákat határoztunk

meg, amelyek között összetett kapcsolatrendszer azonosítható:

- e-járművek vásárlásának ösztönzése,
- e-járművek használatának ösztönzése (ingyenes parkolás, korlátozott behajtási övezetek megnyitása, elkülönített forgalmi sávok használata stb.),
- töltőinfrastruktúra telepítés (és a kapcsolódó villamosenergia-rendszer fejlesztésének) ösztönzése (otthon, közterületen),
- töltőinfrastruktúra üzemeltetés ösztönzése,
- egyéb ösztönzési módok (kommunikáció, oktatás, tudatformálás, kutatás-fejlesztés-innováció, elektromos car-sharing szolgáltatások támogatása stb.).

Az 1. és a 2. táblázatban az elektromos járművekre vonatkozó intézkedéseket foglaltuk össze. Az ösztönző lehetőségek mellett feltüntettük, hogy az adott intézkedés pénzügyi, avagy egyéb módon támogatja az elektromos járművek használatát, illetve jelöltük az adott kedvezmény, intézkedés által támogatott felhasználói csoportokat is.

A vásárlás főleg pénzügyi eszközökkel támogatható (ÁFA csökkentése, kedvezmények, támogatások), mérsékelve ezzel az elektromos

1 2003. évi CX. törvény a regisztrációs adóról.
 URL: http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A0300110.TV
 1990. évi XCIII. törvény az illetékekről.
 URL: http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=99000093.TV
 1991. évi LXXXII. törvény a gépjárműadóról.
 URL: http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=99100082.TV

1. táblázat: Az elektromos járművek vásárlását ösztönző intézkedések [6, 3,10]

Jel	Ösztönző intézkedés	Típus		Érintettek köre		
		Pénzügyi	Nem pénzügyi	Vállalatok	Lakosság	Közintézmények
1	ÁFA mérséklés	x		x	x	x
2	Adóalap csökkentési kedvezmény	x		x		x
3	SZJA kedvezmény	x			x	
4	Államilag támogatott és kedvező hitel/lizing megoldások e-jármű beszerzésre	x		x	x	x
5	Központi költségvetési szervek és állami tulajdonban lévő gazdasági társaságok gépjármű beszerzésekor az elektromos járművekre vonatkozó előírások		x			x
6	E-járművek közbeszerzési eljárásokba emelése és prioritások nyújtása		x			x
7	Speciális feladatokat (kommunális szemétszállítás, taxi szolgáltatás stb.) ellátó e-járművek beszerzésének támogatása	x		x		x
8	Régi belsőgésű járművek selejtezésének támogatása	x		x	x	x
9	Az e-járművek tulajdonosainak állami támogatás nyújtása lokális villamosenergia-rendszerek fejlesztéséhez (pl. napelemek alkalmazása)	x		x	x	x

2. táblázat: Az elektromos járművek használatát ösztönző intézkedések [6, 3,10]

Jel	Ösztönző intézkedés	Típus		Érintettek köre		
		Pénzügyi	Nem pénzügyi	Vállalatok	Lakosság	Közintézmények
I	Elektromos energia árának csökkentése az e-járművek számára	x		x	x	x
II	A hagyományos üzemanyagok árának emelése	x		x	x	x
III	Felmentések egyes közlekedési korlátozások alól az e-járművek számára		x	x	x	x
IV	Buszhasználatának engedélyezése az e-járművek számára		x	x	x	x
V	Elektromos autósávok kijelölése		x	x	x	x
VI	Dedikált parkolóhelyek (rakodóhelyek) e-járművek számára, töltőinfrastruktúrával		x	x	x	x
VII	Zöld emissziós területek kijelölése, e-járművek behajtásának engedélyezése		x	x	x	x
VIII	Ingyenes vagy kedvezményes parkolás (vagy idősavó díjmérték) e-járműveknek	x		x	x	x
IX	Útdíj/városi behajtási díj fizetése alóli mentesség vagy kedvezmény	x		x	x	x
X	Ingyenes vagy kedvezményes közforgalmú közlekedés az e-jármű tulajdonosoknak	x			x	
XI	Környezetterhelési adó kivétele a nem elektromos járművekre	x		x	x	x

járművek beszerzési költségeit, és megkönnyítve megjelenésüket a mobilitási szolgáltatásokat végző vállalatok (pl. taxi társaságok, kommunális szemét szállítók) flottáiban [5]). Az elektromos járművek számának növekedése a szervezetek (pl. önkormányzatok, központi költségvetési szervezetek, állami tulajdonban lévő gazdasági társaságok) gépjármű beszerzéseinek szabályozásával is elősegíthető.

A járműhasználatot ösztönző és könnyítő lehetőségek között egyaránt találhatók pénzügyi (különböző díjak alóli mentesség vagy kedvezmény) és egyéb (kivételes jogok, megkülönböztetett parkolóhelyek biztosítása) beavatkozások is. Ezen intézkedésekkel a legtöbb esetben valamennyi használói réteg támogatható.

4. A KÖLTSÉGMODELL KIDOLGOZÁSA

A modell meghatározásakor a következő lehatárolásokat tettük:

- csak új járművek értékelhetők maximum 15 éves időtartamra,
- az üzemanyag és energiaár időbeli változásától eltekintettünk, a vizsgált időtar-

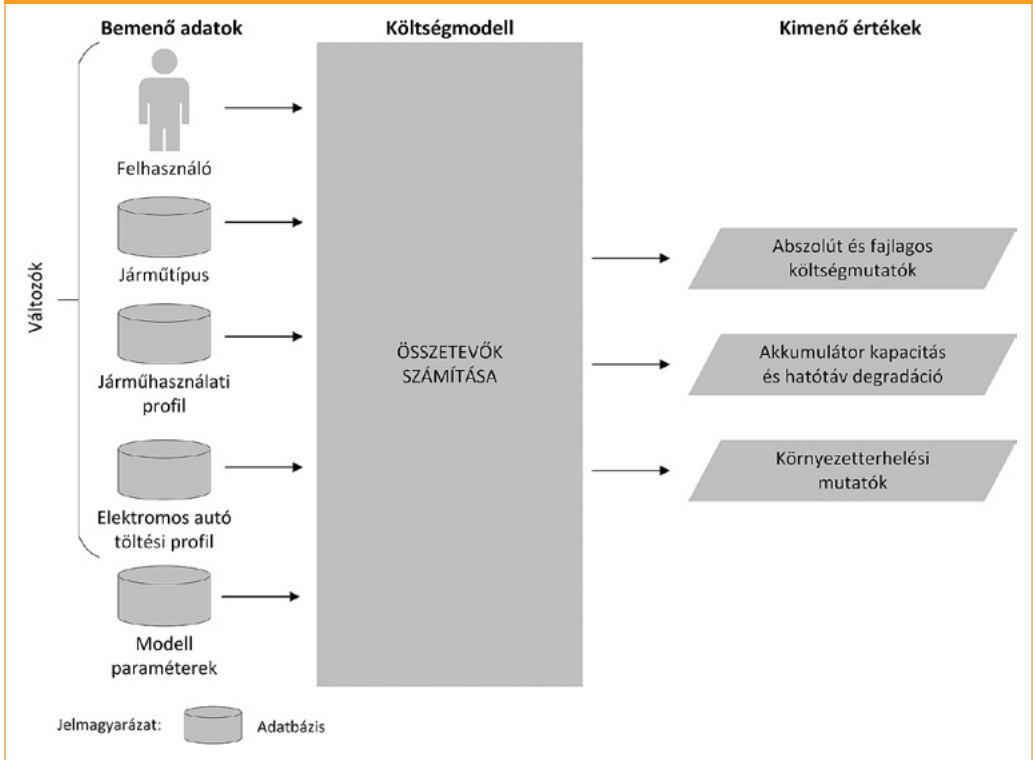
tamra vonatkozó átlaggal számoltunk,

- a jármű amortizációs költségét az idő és az átlagos futásteljesítménytől való eltérés alapján határoztuk meg; az átlagos futásteljesítmény figyelembevételkor nem különböztettünk meg járműkategóriákat,
- a Magyarországon érvényes kötelező költségelemeket vesszük figyelembe (pl. adó és műszaki vizsgadíj),
- a vizsgált időtartam végén az amortizációval csökkentett értéket tekintettük; vagyis a beszerzési ár csak közvetetten, az amortizáció költségén keresztül szerepel a teljes költségben.

A modell felépítését, a bemenő és kimenő adatokat az 1. ábra mutatja. A számítás bemenő értékeit két csoportra osztottuk:

- **változók:** számításonként eltérő értékek, a felhasználó módosíthatja,
- **modell paraméterek:** számításonként állandó értékek, amelyek hosszútávon állandók. A paraméterek értékét rendszeres időközönként szükséges felülvizsgálni, amit az alkalmazás üzemmentartója végez el.

1. ábra: Költségmodell bemenő és kimenő adatai



4.1. Változók

A változók értékeinek a forrása lehet a felhasználó, illetve egyes változók esetében adatbázisból is beolvashatók az értékek; így a felhasználói adatbevitel támogatható. Például egy elektromos járműtípusra jellemző értékek eltárolhatók, így a felhasználónak nem szükséges megadnia az összes értéket. A járművásárláshoz, üzemben tartáshoz és használathoz kapcsolódó változókat a 3. táblázatban, míg az energiafogyasztáshoz, töltéshez és környezetterheléshez kapcsolódó változókat a 4. táblázatban foglaltuk össze.

A modellben figyelembe vettük az úthasználat díját. Bár jelenleg Magyarországon az úthasználati díjkategóriák függetlenek a meghajtás módjától, a jövőben várhatóan ez változni fog. Járműhasználat szempontjából a következő útkategóriákat különböztettük meg:

- autópálya,
- országút,
- városi út.

Az útkategóriák használatának az arányát a megtett távolságok szerint lehet megadni. Útkategóriánként eltérő lehet az elektromos meghajtás részaránya ($r_{E,x}$), az energiafogyasztás ($c_{E,x}$ és $c_{F,y}$) és a károsanyag-kibocsátás. Az elektromos meghajtás részaránya hagyományos jármű esetén 0, tisztán elektromos jármű esetén 100%, hibrid járművek esetén 0 és 100% közötti. Az alábbi elektromos töltőállomás helyszín kategóriákat különböztettük meg:

- otthoni,
- munkahelyi,
- nyilvános fizetős, normálteljesítményű,
- nyilvános fizetős, nagyteljesítményű,
- egyéb fizetős,
- egyéb ingyenes.

3. táblázat: Modell változók – járművásárlás, üzemben tartás, használat

Kategória	Jelölés	Megnevezés	Mértékegység
Járművásárlás	B	Jármű akkumulátor kapacitása	[kWh]
	C_v	Jármű vételára	[Ft]
	I	Vásárlásnál a legmagasabb önerő, a jármű vételárától függetlenül	[Ft]
	P	Jármű teljesítménye (zöld rendszámú járművek esetében 0, a vagyonszerzési illeték kedvezménye miatt)	[kW]
	$r_{\%}$	Befektetés során elérhető éves kamat. Értéke 0, ha a felhasználó nem kívánja befektetni az önerőt	[%]
	THM	Hitel THM értéke	[%]
	T_{THM}	Hitel futamideje	[hónap]
	T_0	Jármű üzemeltetésének időtartama	[év]
Üzemben tartás	C_{CASCO}	CASCO biztosítás éves díja	[Ft/év]
	$C_{KGF\&B}$	Kötelező gépjármű felelősségbiztosítás éves díja	[Ft/év]
	C_M	Tervezett karbantartás díja	[Ft/alkalom]
	C_{ST}	Nyári gumi garnitúra díja	[Ft]
	C_{WT}	Téli gumi garnitúra díja	[Ft]
	C_{12V}	12V feszültségű akkumulátor díja belsőégésű motorral szerelt jármű esetén	[Ft]
	f_M	Tervezett karbantartás gyakorisága	[alkalom/év]
	T_{ST}	Nyári gumi garnitúra élettartama	[év]
	T_{WT}	Téli gumi garnitúra élettartama	[év]
	T_{12V}	12V feszültségű akkumulátor élettartama	[év]
Használat	C_P	Parkoláshoz kapcsolódó kiadások	[Ft/hónap]
	C_R	Úthasználathoz kapcsolódó kiadások	[Ft/év]
	M	Éves futásteljesítmény	[km/év]
	$r_{E,L}$	Elektromos hajtás részaránya autópályán	[%]
	$r_{E,M}$	Elektromos hajtás részaránya országúton	[%]
	$r_{E,S}$	Elektromos hajtás részaránya városban	[%]
	$r_{T,L}$	Autópályás utazások megtett távolság alapú részaránya	[%]
	$r_{T,M}$	Országúti utazások megtett távolság alapú részaránya	[%]
	$r_{T,S}$	Városi utazások megtett távolság alapú részaránya	[%]

Az egyes helyszín kategóriába tartozó töltő-állomások használatának az arányát a töltött energiamennyiség alapján lehet megadni. Töltőállomás helyszín kategóriánként eltérő lehet a töltés díja ($C_{CH,x}$) és a töltött áram előállításának fajlagos károsanyag-kibocsátása ($e_{CH,x}$).

A felhasználó a változók értékeit szabadon beállíthatja, azonban az adatbevitt előre eltárolt értékek beolvasásával segítheti, amihez a következő adatbázisokat határoztuk meg:

- járműtípus adatbázis: járműtípusonként a következő változók értékei adhatók meg: $B, C_v, P, F, r_{E,i}, c_{E,j}, c_{F,k}, e_{F,l}$.
- járműhasználati profil adatbázis: profilonként a következő változók értékei adhatók meg: $M, r_{T,x}$.
- elektromos autó töltési profil adatbázis: profilonként a következő változók értékei adhatók meg: $r_{CH,y}$.

A változók csoportjait az i, j, k, l, x és y általános indexekkel jelöltük. Vagyis például az $r_{E,i}$

4. táblázat: Modell változók – járművásárlás, üzemben tartás, használat

Kategória	Jelölés	Megnevezés	Mértékegység
Energia-fogyasztás	$c_{E,L}$	elektromosenergia-fogyasztás autópályán	[kWh/100km]
	$c_{E,M}$	elektromosenergia-fogyasztás országúton	[kWh/100km]
	$c_{E,S}$	elektromosenergia-fogyasztás városban	[kWh/100km]
	$c_{F,L}$	üzemanyagfogyasztás autópályán	[liter/100km]
	$c_{F,M}$	üzemanyagfogyasztás országúton	[liter/100km]
	$c_{F,S}$	üzemanyagfogyasztás városban	[liter/100km]
Töltés	$C_{CH,H}$	Otthoni töltés díja	[Ft/kWh]
	$C_{CH,W}$	Munkahelyi töltés díja	[Ft/kWh]
	$C_{CH,AC}$	Nyilvános fizetős, normál teljesítményű töltés díja	[Ft/kWh]
	$C_{CH,DC}$	Nyilvános fizetős, nagyteljesítményű töltés díja	[Ft/kWh]
	$C_{CH,O}$	Töltés díja egyéb fizetős helyszínen	[Ft/kWh]
	C_F	Üzemanyagköltség	[Ft/liter]
	F	Energiaforrás típusa (összes megtett távolság energiaigényének számításához)	[-]
	$r_{CH,H}$	Otthoni töltés részaránya	[%]
	$r_{CH,W}$	Munkahelyi töltés részaránya	[%]
	$r_{CH,AC}$	Nyilvános fizetős, normál teljesítményű töltés részaránya	[%]
	$r_{CH,DC}$	Nyilvános fizetős, nagyteljesítményű töltés részaránya	[%]
	$r_{CH,O}$	Egyéb fizetős töltés részaránya	[%]
$r_{CH,FREE}$	Egyéb ingyenes töltés részaránya	[%]	
Környezet-terhelés	$e_{CH,H}$	Otthoni töltés károsanyagkibocsátása	[gCO ₂ eq/kWh]
	$e_{CH,W}$	Munkahelyi töltés károsanyagkibocsátása	[gCO ₂ eq/kWh]
	$e_{CH,O}$	Egyéb fizetős töltés károsanyagkibocsátása	[gCO ₂ eq/kWh]
	$e_{CH,FREE}$	Egyéb ingyenes töltés károsanyagkibocsátása	[gCO ₂ eq/kWh]
	$e_{E,L}$	Károsanyagkibocsátás autópályán	[gCO ₂ eq /km]
	$e_{F,M}$	Károsanyagkibocsátás országúton	[gCO ₂ eq /km]
	$e_{E,S}$	Károsanyagkibocsátás városban	[gCO ₂ eq /km]

az elektromos hajtás részaránya autópályán ($r_{E,L}$), országúton ($r_{E,M}$) és városban ($r_{E,S}$) változókat jelöli. Az elektromos hajtás részaránya egyaránt függ a járműtechnológiától és a járműhasználati jellemzőktől. Ezért az eltárolt érték átlagos, amit a felhasználó módosíthat. Az irodalomkutatás és korábbi felmérések eredményei alapján meghatároztunk járműhasználati (5. táblázat) és elektromos autó töltési profilokat (6. táblázat). A járműhasználati profilok között az éves futásteljesítmény és az útkategóriánként megtett távolságok arányai eltérőek. Az elektromos autó töltési profiljának meghatározásánál figyelembe vettük, hogy jelentős eltérés van a töltési szokásokban

a rendelkezésre álló infrastruktúra szerint:

- otthoni töltés a jellemző,
- rövid távolságú utazások és a célállomási töltés a jellemző,
- hosszú távú utazások a jellemzők és a korlátozott hatótáv miatt menet közbeni töltés szükséges.

Továbbá a felhasználói adatbevittelt támogathatják a változók alapértelmezett értékeinek definíálása, a már meglévő kalkulátorok integrálása, mint például az MNB saját hitelkalkulátora és a biztosítók biztosítási költség kalkulátora. Ezen módszerek vizsgálata és bemutatása nem része a tanulmánynak.

5. táblázat: Járműhasználati profilok

Profil neve:		Városi közlekedő	Agglomerációs ingázó	Utazó ügynök
M	[km]	13 000	19 000	25 000
r_{TL}	[%]	10	25	60
r_{TM}		10	25	20
r_{TS}		80	50	20

6. táblázat: Elektromos autó töltési profilok

Profil neve:		Jellemzően otthon	Jellemzően a célállomáson	Jellemzően útközben
$r_{CH,H}$	[%]	70	0	0
$r_{CH,W}$		0	0	0
$r_{CH,AC}$		5	65	25
$r_{CH,DC}$		10	20	70
$r_{CH,O}$		0	0	0
$r_{CH,FREE}$		15	15	5

4.2. Modell paraméterek

Paraméterként rögzítettük az amortizáció mértékét (értékvesztést az újkori vételárhoz viszonyítva) az eltelt idő és az átlagos futásteljesítménytől való eltérés függvényében (7. táblázat). Az amortizáció mértékét és az átlagos

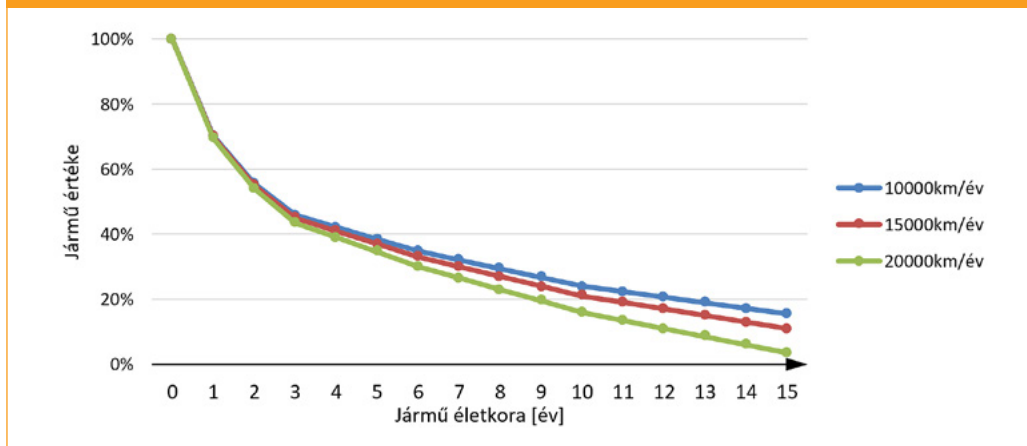
7. táblázat: Amortizációs költséget befolyásoló paraméterek

Paraméter neve	Értéke
Értékvesztés az 1. évben	30%
Értékvesztés a 2. évben	15%
Értékvesztés 3. évben	10%
Értékvesztés a 4-6. évben	4%
Értékvesztés a 7-10. évben	3%
Értékvesztés a 11-15. évben	2%
Átlagos futásteljesítmény	15 000 km
Átlagosnál nagyobb futásteljesítmény korrekció	0,5%/5000 km
Átlagosnál kisebb futásteljesítmény korrekció	0,3%/5000 km

futásteljesítményt a hagyományos járművekre jellemző értékek és az Eurotax alapján határoztuk meg.

Például egy jármű amortizációja 2 év után (évi 15 000 km futásteljesítmény esetén) $30\%+15\%=45\%$, ha 20 000 km/év a futásteljesítménye akkor évi 0,5%-kal több, azaz 45,5%. Míg 5000 km/év futásteljesítmény esetén az amortizáció 3 év után az eredeti érték 54,1%-a ($30+15+10-3(0,3)$). A jármű amortizációval csökkentett értékét a 2. ábrán mutatjuk be az idő függvényében eltérő futásteljesítményekre vonatkozóan.

2. ábra: Jármű amortizációval csökkentett értéke az idő függvényében



8. táblázat: Amortizációs költséget befolyásoló paraméterek

Paraméter neve	Értéke
Akkumulátorgyártás károsanyagkibocsátása	120 kgCO ₂ eq/kWh
Akkumulátorkapacitás degradációja	3%/100 töltés
Átlagosan elhasznált akkumulátorkapacitás két töltés között	60%
Elhasználható akkumulátor kapacitás a megmaradt hatótáv számításakor (biztonsági tartalék esetén kisebb, mint 100%)	90%
Nyilvános fizetés, normál- és nagyteljesítményű fizetés töltéshez kapcsolódó károsanyagibocsátás	200 gCO ₂ eq/kWh
1 liter benzin üzemanyag energiataralma	8,7 kWh/liter
1 liter dízel üzemanyag energiataralma	9,9 kWh/liter
Egy fa által megkötött CO ₂ mennyisége	22 kg/év

Paraméterként rögzítettük a vagyonszerzési illetéket, gépjárműadót, műszaki vizsga költségét és gyakoriságát, mivel ezeknek az értékét jogszabály írja elő. Az akkumulátor degradáció és a környezetterhelés mértékét befolyásoló paramétereket a 8. táblázatban foglaltuk össze.

4.3. Költségmodell és kimenő értékek

A felhasználói döntést támogatja a:

- TCO számítás,
- az akkumulátorkapacitás és eltérő útkategóriákra vonatkozó hatótáv számítása a vizsgált időtartam végén,
- a környezetterhelési mutatók.

A költségelemeket a következő kategóriákba soroltuk:

- **Járműbeszerzés költsége:** a vásárláshoz kapcsolódó kiadások. Ide soroltuk az amortizációhoz, a hitelhez és a vagyonszerzési illetékhez kapcsolódó kiadásokat, valamint az önerő hozam veszteségét.
- **Járműfenntartás költsége:** ide soroltuk a jármű üzemben tartásához kapcsolódó kiadásokat, vagyis a biztosításhoz, a karbantartáshoz, a műszaki vizsgáztatáshoz és gépjárműadóhoz kapcsolódó költségeket.
- **Járműhasználat költsége:** ide soroltuk a parkoláshoz, az úthasználathoz és az energiafogyasztáshoz kapcsolódó költségeket.

A hitel költségét a futamidő, THM és a felvett hitel összege alapján határoztuk meg. A vagyonszerzési illetéket a jogszabályban leírtak szerint számoltuk a jármű teljesítménye alapján. Az önerő hozam veszteség alatt a járművásárlás miatt meghíusult tőkebefektetésből a jármű üzemeltetési ideje alatt származó várható hozamot értettük (kamatos kamatszámítás az önerő, üzemeltetési időtartam és éves kamat alapján). Vagyis, ha valaki 10 millió forint önerővel járművet vásárol, amit 5 évig használ, akkor veszteségnek vettük azt az összeget, amit 10 millió forint befektetésével 5 év alatt realizálhat.

A biztosítás költsége az üzemeltetési idő és a kötelező, valamint a CASCO biztosítások díja alapján számítható. A jármű karbantartásának költségét a tervezett karbantartás díja és gyakorisága, a gumibroncsok ára és élettartama, valamint a 12V-os akkumulátor ára és élettartama alapján számítottuk. Feltételeztük, hogy az első nyári gumi garnitúra költségét tartalmazza a jármű vételára. A jármű karbantartásához kapcsolódó tevékenységek függhetnek az eltelte időtől és a megtett távolságtól. Ez alapján a karbantartás költsége részben a járműfenntartáshoz és részben a járműhasználathoz is kapcsolódhat, hiszen a magasabb futásteljesítményű jármű több karbantartást igényel. Egyszerűsítésképp a teljes karbantartási költséget a járműfenntartáshoz soroltuk. A műszaki vizsgáztatás és gépjárműadó költségét a jogszabályban előírtak szerint számítottuk.

A parkolás és úthasználat költségét a fajlagos díjak és az üzemeltetési idő alapján számítottuk. Az energiafogyasztás költségének számításához meghatároztuk, hogy az egyes útkategóriákban mekkora a megtett távolság az éves futásteljesítmény és az utazások megoszlása alapján. Ezután útkategóriánként számítottuk az egyes hajtástechnológiával megtett távolságokat az elektromos hajtásra vonatkozó részarányok alapján. Ezután figyelembe véve az útkategóriánként és hajtástípusonként megadott fajlagos energiafogyasztás értékeket, meghatároztuk hajtástípusonként az energiafogyasztást. Ez alapján számítható a hagyományos üzemanyag-fogyasztás költsége. Az elektromos energiafogyasztás költségének meghatározásához a teljes elektromos energiaigényt szétszortottuk a töltési helyszínek között, és a helyszínekre jellemző energiadíjak alapján számítottuk az elektromos energia költségét. A hagyományos üzemanyag és az elektromos energia költségének összege az energiafogyasztás költsége.

A megadott időtartamra érvényes TCO a járműbeszerzés, -fenntartás és -használat költségek összege. A felhasználói döntés támogatása miatt meghatároztuk a megadott időtartamra és a teljes megtett távolság [Ft/km] és időtartam [Ft/hónap] alapú fajlagos TCO-t. Vagyis a teljes költséget elosztottuk a futásteljesítménnyel és a hónapok számával. Így mind a megtett távolság és idő alapú fajlagos mutatók is tartalmazzák az összes költségelemet.

A megmaradt akkumulátorkapacitást az (1) alapján számítottuk. Felhasználtuk az akkumulátorkapacitás degradációja (3%/100 töltés) és az átlagosan használt akkumulátorkapacitás két töltés között (60%) paramétereit.

$$B' = B \cdot (0,97)^{\frac{E'_E}{60B}} \quad (1)$$

Ahol:

B' megmaradt akkumulátorkapacitás,
 E'_E összes töltött elektromos energiarmennyiség a vizsgált időtartam alatt.

A hatótávot a megmaradt akkumulátorkapacitás, az energiafogyasztás alapján számoltuk, 90%-os kapacitás kihasználtságot feltételezve.

A járműnek a vizsgált időszakra vonatkozó környezetterhelését az akkumulátor gyártáshoz és az energiafogyasztáshoz kapcsolódó károsanyag-kibocsátás összegeként határoztuk meg. A jármű akkumulátorainak az újrahaználásával (például statikus energiatárolóként, ami csökkenti az akkumulátor fajlagos környezetterhelését) és az újrahazsnosításával (ami növeli a környezetterhelést) nem foglalkoztunk, mert úgy tekintettük, hogy a két hatás hosszútávon kiegyenlíti egymást vagy csökkenti az akkumulátor környezetterhelését. Továbbá meghatároztuk, hogy a járművek károsanyag-kibocsátását hány élő fa semlegesíti.

5. A MÓDSZER ALKALMAZÁSA

A módszerrel hagyományos benzines, hibrid és tisztán elektromos meghajtású járműveket hasonlítottunk össze. A módszer alkalmazásának nem a konkrét járműtípusok összehasonlítása volt a célja, hanem a hajtástechnológiákra

9. táblázat: Összehasonlított járművek adatai

Változók	Hagyományos	Tölthető hibrid	Tisztán akkumulátoros
B	0	15	40
C_V	8 000 000	9 500 000	12 000 000
P	100	0	0
F	1	1	0
$r_{E,L}$	0	10	100
$r_{E,M}$	0	25	100
$r_{E,S}$	0	90	100
$c_{E,L}$	0	24	23
$c_{E,M}$	0	18	19
$c_{E,S}$	0	15	16
$c_{F,L}$	7	7	0
$c_{F,M}$	6	5,5	0
$c_{F,S}$	7	3	0
$e_{E,L}$	150	155	0
$e_{F,M}$	130	110	0
$e_{F,S}$	150	60	0
C_M	100 000	90 000	60 000
f_M	1	1	1

vonatkozó általános megállapításokat kívánunk tenni. Ezért az adatokat a hajtástechnológia sajátosságai alapján határoztuk meg egy feltételezett közép kategóriás jármű esetében. A járművek adatait a 9. táblázat tartalmazza.

A hagyományos jármű karbantartási költsége alkalmanként 100 000 forint. Az elektromos jármű karbantartási költségét a hagyományoshoz képest a tapasztalatok alapján határoztuk meg. A járműhasználati profilok közül az agglomerációs ingázót, az elektromos autó töltési profilok közül a „jellemzően otthon” kategóriát választottuk. A töltőállomás-helyszín kategóriákra jellemző költség és károsanyag-kibocsátás értékeket saját tapasztalat alapján becsültük (10. táblázat). Otthoni töltésnél lokálisan telepített napelemek feltételeztünk, ezért alacsony költség és károsanyag-kibocsátás értéket határoztunk meg. A többi helyszínre vonatkozó fajlagos károsanyag-kibocsátás értéket a magyarországi villamosenergia-hálózat jellemzői alapján becsültük. A publikus és egyéb fizetős helyszínek költségeit a magyarországi fizetős töltőállomások jellemző értékei alapján számoltuk.

A THM értéke 5,75%, a futamidő 60 hónap volt. Feltételeztük, hogy a tulajdonos az önerő

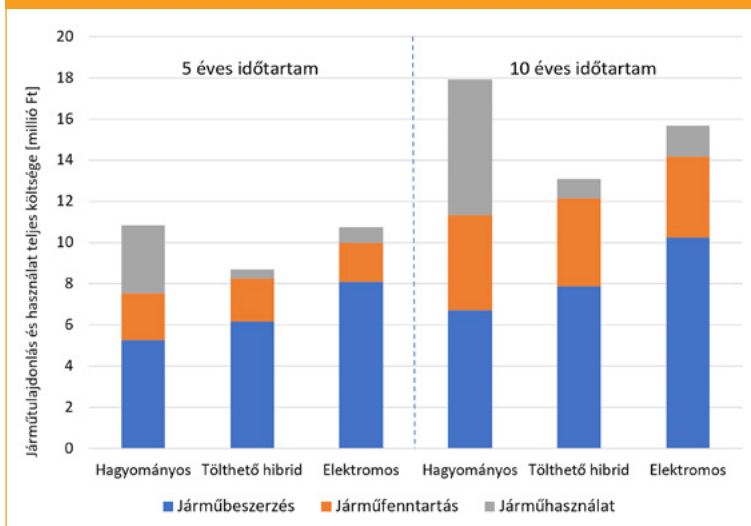
10. táblázat: Töltési helyszín kategóriák jellemzői

	$C_{CH,x}$ [Ft/kWh]	$e_{CH,x}$ [gCO ₂ eq/kWh]
Otthoni	10	45
Munkahelyi	0	200
Publikus fizetős, normálteljesítményű	90	200
Publikus fizetős, nagyteljesítményű	120	200
Egyéb fizetős	150	200
Egyéb ingyenes	0	200

vételáron felüli részét nem fekteti be. Az éves biztosítás összegét egységesen 300 000 forintnak vettük (CASCO és KGFB együttesen). A nyári gumi, téli gumi garnitúra, valamint a 12V feszültségű akkumulátor költsége rendre 85 000 Ft, 75 000 Ft és 35 000 Ft volt. Egy gumi garnitúra élettartamát 7 évnek vettük, a 12V feszültségű akkumulátorét 8 évnek. A parkoláshoz kapcsolódó kiadás 3000 Ft/hónap volt a hagyományos és 0 Ft a tölthető hibrid és tisztán elektromos jármű esetén. Az úthasználat éves költsége egységesen 45 000 Ft volt. A hagyományos üzemanyag költségét 450

Ft/liternek vettük. Az összehasonlítást 5 és 10 éves időtartamokra végeztük el.

3. ábra: Járműtulajdonlás és használat teljes költségének változása



6. AZ EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

A járműbeszerzés, -fenntartás és -használat költségei változását a 3. ábra mutatja be.

A járműbeszerzés költsége az amortizáció miatt eltérő az 5 és 10 éves időtartamokra. Megállapítottuk, hogy a megadott bemenő értékek esetén 5 és 10 éves időtartamra

egyaránt a tölthető hibrid jármű költsége a legalacsonyabb. 5 éves időtartam esetén a hagyományos jármű körülbelül 25%-kal drágább, mint a tölthető hibrid, viszont nincs jelentős különbség a hagyományos és tisztán elektromos jármű teljes költsége között annak ellenére, hogy az utóbbinak jelentősen magasabb a vételára és így az amortizációs költsége. Megállapítottuk, hogy a hagyományos jármű esetén a teljes költségnek körülbelül csak a fele a járműbeszerzés költsége. 10 éves időtartamot vizsgálva a hagyományos jármű teljes költsége körülbelül 35%-kal és 15%-kal magasabb, mint a tölthető hibrid és tisztán elektromos jármű költsége. Vagyis a részben vagy teljesen elektromos járművek magasabb beszerzési költsége akár 5 év alatt is megtérülhet a hagyományos járműhasználattal összehasonlítva. A tölthető hibrid költsége alacsonyabb, mint a tisztán elektromosé, aminek részben oka az alacsonyabb vételár, valamint az alacsonyabb járműhasználati költség. A tisztán elektromos járműnek a használati költsége a minél magasabb arányú városi használat esetén alacsony. Vagyis elmondható, hogy városi használatra jellemzően a tisztán elektromos jármű a leginkább kedvező, rendszeres ingázáshoz a tölthető hibrid, míg a rendszeres és nagytávolságú utazások esetén várhatóan a hagyományos jármű költsége a legalacsonyabb. A számítás további eredményeit a 11. táblázatban foglaltuk össze.

A járművek km alapú költsége 5 éves időtartam esetén 92-114 Ft/km, 10 éves időtartam

esetén 69-94 Ft/km közötti érték. Vagyis a minél hosszabb használati idő csökkentheti a jármű fajlagos költségét. Megállapítottuk, hogy 5 és 10 év után a megmaradt akkumulátorkapacitás körülbelül 77% és 57%. A vizsgálati időtartamtól függetlenül a hagyományos jármű környezetterhelése a legmagasabb és a tisztán elektromos járműé a legalacsonyabb. Vagyis az akkumulátorgyártással járó környezetszennyezést már akár 5 év alatt is ellensúlyozhatja a környezetbarát üzemeltetés. 10 éves vizsgálati időtartam esetén a hagyományos jármű környezetterhelése több mint háromszorosa a tisztán elektromos és kétszerese a tölthető hibrid jármű környezetterhelésének.

7. KONKLÚZIÓ

Az innovatív technológiák és a változó társadalmi, környezeti stb. elvárások közlekedési rendszerre gyakorolt hatásának kutatásával foglalkozva a közúti elektromobilitás pénzügyi kérdéseinek területén értünk el elméleti és a gyakorlatban hasznosítható eredményeket. A téma terület egyre fokozódó komplexitása, valamint a folyamatos változás miatt időtálló modellek és módszerek kidolgozására törekedtünk; különös figyelmet fordítva a bevezetett paraméterek és változók értékeinek gyors változására. A kutatás során az elektromobilitás elterjesztésének lehetőségeivel és a vásárlói döntéseket támogató módszerekkel, alkalmazásokkal foglalkoztunk.

A járművásárlók pénzügyi döntéseinek megkönnyítése érdekében olyan költségmodellt és

11. táblázat: Legfontosabb részeredmények

	5 éves időtartam			10 éves időtartam		
	Hagyományos	Tölthető hibrid	Tisztán elektromos	Hagyományos	Tölthető hibrid	Tisztán elektromos
Amortizáció [millió Ft]	5,2	6,18	7,8	6,64	7,89	9,97
Km alapú teljes költség [Ft/km]	114	92	113	94	69	83
Megmaradt akkumulátorkapacitás [kWh]	0	11	31	0	8	23
Kibocsátott károsanyag [tonna eqCO ₂]	14	8	6	28	14	8

számítási módszert fejlesztettünk ki, amely a beruházási ráfordítások mellett az üzemeltetés során felmerülő egyéb költségtényezőket is figyelembe veszi. Fontos tanulság, hogy a járművek teljes költségét nagyon sok tényező befolyásolja, ami miatt szükségesek a döntéstámogató alkalmazások. A módszer alkalmazása alapján megállapítottuk, hogy városi használatra jellemzően a tisztán elektromos, rendszeres ingázáshoz a tölthető hibrid a leginkább kedvező, míg a rendszeres és nagy-távolságú utazások esetén várhatóan a hagyományos jármű költsége a legalacsonyabb. Továbbá megállapítottuk, hogy 40 kWh akkumulátorkapacitás esetén az akkumulátorgyártással járó környezetszennyezést akár 5 év alatt is ellensúlyozhatja a környezetbarát használat.

A kutatás során tapasztalt legfőbb kihívást a technológia újszerűsége és gyors változása jelentette. A fejlődés irányainak előrebecslése rendkívül nehéz, az elektromos autók alkatrészeinek (pl. akkumulátor) előregedéséről gyakorlati tapasztalatok pedig még nem állnak rendelkezésre széles körben. Az üzemeltetéssel és a karbantartással kapcsolatos költségelemek azonosítására és meghatározására vonatkozóan az autóiipari szereplők, márkakereskedők is gyakran csak feltételezésekkel élnek.

A kutatást több irányban is tervezzük folytatni, amelyek közül a közeljövőben a flottaszerzésekkkel kapcsolatos pénzügyi döntések támogatását tűztük ki célul. További kutatási célok:

- felhasználói csoportok képzése több szempont szerint,
- jövőképek felállítására rendszerszemléletű megközelítéssel,
- járműtípusok és járműhasználati szokások szerinti jellemző esetek vizsgálata,
- a karbantartási és javítási költségek becslése műszaki számítások alapján (pl. meghibásodási valószínűség számítása), a változók értékeire vonatkozó érzékenységi vizsgálatok,
- a modellek és módszerek adaptálása adott helyszínekre.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikk a Magyar Nemzeti Bank és a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem között létrejött Együttműködés keretében és finanszírozásával készült a Zöld Pénzügyek, Zöld Gazdaság Műhelyben.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Bubeck, S. - Tomaschek, J. - Fahl, U. (2016). Perspectives of electric mobility: Total cost of ownership of electric vehicles in Germany. *Transport Policy* 50: 63–77. DOI: <https://doi.org/f83j8h>
- [2] Buekers, J. - Holderbeke, M. V. - Bierkens, J. - Panis. L. I. (2014) Health and environmental benefits related to electric vehicle introduction in EU countries. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 33: 26-38. DOI: <https://doi.org/f6sbw8>
- [3] Bühne, J-A. - Gruschwitz, D. - Hölscher, J. - Klötze, M. - Kugler, U. - Schimeczek, C. (2015). How to promote electromobility for European car drivers? Obstacles to overcome for a broad market penetration. *European Transport Research Review*, 7(3). DOI: <https://doi.org/f79cxw>
- [4] Desrevaux, A. - Hittinger, E. - Bouscayrol, A. - Castex, E. - Sirbu, G. M. (2020). Techno-Economic Comparison of Total Cost of Ownership of Electric and Diesel Vehicles. *IEEE Access*, 8: 195752-195762. DOI: <https://doi.org/gm5xm4>
- [5] Figenbaum, E. - Fearnley, N., et al. (2015). Increasing the competitiveness of e-vehicles in Europe. *European Transport Research Review*, 7(28). DOI: <https://doi.org/f79dw3>
- [6] ICCT: the international council on clean transportation (2016). Comparison of leading electric vehicle policy and deployment in Europe. URL: <https://theicct.org/publications/comparison-leading-electric-vehicle-policy-and-deployment-europe> Letöltés ideje: 2021.08.18
- [7] Kestera, J. - Noel, L. - De Rubens, G. Z. - Sovacool, B. K. (2018). Policy mechanisms to accelerate electric vehicle adoption: A qualitative review from the Nordic region.

- Renewable and Sustainable Energy Reviews. 94: 719–731. DOI: <https://doi.org/gfgbzs>
- [8] Letmathe, P. - Soares, M. (2020). Understanding the impact that potential driving bans on conventional vehicles and the total cost of ownership have on electric vehicle choice in Germany. Sustainable Futures 2: 100018 DOI: <https://doi.org/gnbwpx>
- [9] Mitropoulos L., K. - Prevedouros, P. D. - Kopelias P. (2017). Total cost of ownership and externalities of conventional, hybrid and electric vehicle. Transportation Research Procedia 24C: 267–274. DOI: <https://doi.org/gf8t4s>
- [10] Pauer Gábor. (2015). Az elektromobilitással összefüggő utazói döntéseket támogató módszer és alkalmazás koncepciójának kidolgozása. Diplomaterv, BME
- [11] Velzen, A. - Annema, J. A. - Kaa, G. - Wee, B. (2019). Proposing a more comprehensive future total cost of ownership estimation framework for electric vehicles. Energy Policy 129: 1034–1046. DOI: <https://doi.org/h3cj>
- [12] Wood, J. - Jain, A. (2020). Raceways, rebates, and retrofits: an exploration of several American cities' policies to facilitate electric vehicle purchase and usage. International Journal of Urban Sustainable Development. DOI: <https://doi.org/h3ck>
- [13] Wróblewski, P. - Lewicki W. - Drożdż, W. - Dowejko, J. (2021). Total cost of ownership and its potential consequences for the development of the hydrogen fuel cell powered vehicle market in Poland. Energies 14(8), 2131; DOI: <https://doi.org/gmj9f6>



Development of a costing method and application to support the purchase of electric road vehicles

The gradual replacement of the traditional fossil fuel fleet with alternative energy vehicles is a significant step towards the sustainable development of transport systems and efficient energy management. Given the current state of technological development, the widespread uptake of electric road vehicles can be promoted through a variety of measures. The cost model and calculation method developed to support vehicle purchase decisions, as well as the information application that incorporates it, will contribute directly and significantly to the uptake of electromobility.



Entwicklung einer Kalkulationsmethode und Anwendung zur Unterstützung der Beschaffung von elektrischen Straßenfahrzeugen

Der allmähliche Ersatz der mit konventionellen fossilen Brennstoffen betriebenen Fahrzeugflotte durch Fahrzeuge, die mit alternativen Energiequellen betrieben werden, ist ein wichtiger Schritt in Richtung einer nachhaltigen Entwicklung von den Verkehrssystemen und von dem effizienten Energiemanagement. Die flächendeckende Verbreitung von elektrischen Straßenfahrzeugen kann nach dem derzeitigen Stand der technologischen Entwicklung durch verschiedene Maßnahmen gefördert werden. Das zur Unterstützung von Fahrzeugkaufentscheidungen entwickelte Kostenmodell und Berechnungsverfahren sowie die Anwendung der darin enthaltenen Informationen tragen direkt und maßgeblich zur Verbreitung der Elektromobilität bei.

Gépjárművek körének szabályozása és matricarendszer vizsgálata alacsony emissziós zónában

A Levegőminőségi Irányelv (2008/50/EK) megköveteli, hogy a levegőszennyezés megengedett határértékeit túllépő városok akcióterveket dolgozzanak ki és hajtsanak végre a szükséges intézkedések megvalósításával a légszennyezettség határértékek eléréséhez. Az alacsony kibocsátású zóna (LEZ) egy olyan intézkedés, amelyet Európában egyre több település vezet be a szennyező járművek számának csökkentésére.

DOI: <https://doi.org/10.24228/KTSZ.2022.4.2>

Szabó Ádám – Telekesi Tibor – Schváb Zoltán

KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft.

e-mail: szabo.adam@kti.hu, telekesi@kti.hu, schvab.zoltan@kti.hu

1. BEVEZETÉS

A világ lakosságának több mint a fele jelenleg városi területeken él, és ez az arány az emberiség üvegházhatású gázkibocsátásának 80%-áért felelős. Emellett a légszennyezés világszerte komoly gondot okoz az emberi egészség és jólét szempontjából [1]. A sűrűn lakott városi területeken a közlekedésből származó kibocsátások jelentik a környezeti levegő szennyezésének fő forrását [2]. Az Egészségügyi Világszervezet szerint évente körülbelül hétmillió korai haláleset, valamint számos egészségügyi veszély, különösen légúti-, illetve szív- és érrendszeri betegségek tudhatók be a rossz levegőminőségnek. Az előrejelzések szerint 2050-re a fejlődő világ 64%-a, a fejlett világ 86%-a lesz urbanizált. Ráadásul a növekvő urbanizáció negatívan befolyásolhat mindent – a szántóterületek és a létfontosságú zöldfelületek hozzáférhetőségétől az ivóvíz- és egészségügyi

hulladéklerakó létesítményekig. A közlekedési járművek nagy sűrűsége szintén jelentős probléma a városi területeken, mivel ezek a járművek szinte kizárólag fosszilis tüzelőanyaggal üzemelnek. A fosszilis tüzelőanyagok szénhidrogének keverékei, amelyek hatással vannak az emberi egészségre, és égéskor káros anyagokat bocsátanak ki a környezetbe. A városokban, agglomerációkban és a forgalmas utak közelében a részecskekibocsátás egyértelműen a légszennyezés 50%-át teszi ki. Az Európai Unió közlekedésről szóló, 2011-ben kiadott Fehér könyve hangsúlyozza, hogy olyan új közlekedési rendszereket kell kifejleszteni, amelyek kevesebb energiát fogyasztanak, és ezáltal kevesebb szennyezést okoznak. A Fehér könyv célja a fenntarthatóbb közlekedés elérése, különösen azokon a városi területeken, ahol a környezeti fenntarthatósági problémák számottevőbbek a súlyosabb antropogén hatások miatt [3]. Az Európai Környezetvédelmi Ügy-

nökség (2017) szerint Európában körülbelül 430 000 ember hal meg idő előtt a kisméretű részecskének ($PM_{2,5}$) való kitettség következtében, és körülbelül 78 000-re tehető ez a szám a nitrogén-dioxid (NO_2) -expozíció következtében. A Levegőminőségi Irányelv (2008/50/EK) megköveteli, hogy a levegőszennyezés megengedett határértékeit túllépő városok akcióterveket dolgozzanak ki, és hajtsák végre a szükséges intézkedéseket a határértékek eléréséhez. Az alacsony kibocsátású zóna (LEZ) létrehozása egy olyan intézkedés, amelyet Európában egyre több település vezet be a szennyező járművek számának csökkentésére. A LEZ-eket elsősorban a városok levegőminőségének javítására használják. Azok a városok, amelyek LEZ-t vezettek be, általában azért teszik ezt, mert nehezen teljesítik az EU-s részecske- és/vagy nitrogén-dioxid határértékeket [4]. A kutatás célja ezáltal a gépjárművek körének meghatározása és matricarendszer vizsgálata a legjobb külföldi gyakorlatok figyelembevételével, amely iránymutatásul szolgál az önkormányzatoknak a LEZ szabályozásával és ellenőrzésével, hozzájárulva hatékonyságának növeléséhez.

2. LÉGSZENNYEZŐ ANYAGOK

2.1. Kisméretű részecskék

A kisméretű részecskék (PM) fémek, korom, nitrátok, kloridok, szulfátok, por, talaj és egyéb szilárd vagy folyékony részecskék gázban szuszpendált apró töredékeinek összetett keveréke. A fő tényezők a járművek kipufogógáza, a porrészecskék (járművek és természeti jelenségek által okozott) újraszuszpendálása, az ipar és az egyének által okozott égetés, valamint más természetes források, mint például a tengeri aeroszol és a pollen. A részecskéket méretük alapján különböző formákra osztják. Európában a részecskék két legfontosabb és így a legjobban szabályozott formája a PM_{10} (azaz a részecskeanyag kisebb, mint 10 mikron átmérőjű) és a $PM_{2,5}$ (azaz a 2,5 mikronnál kisebb átmérőjű részecskeanyag). A PM_{10} és a $PM_{2,5}$ a tüdőn keresztül a véráramba képes átdiffundálni, és a leghalálosabb légszennyező anyagként említik. A részecskék anyagát összefüggésbe hozták szív- és tüdő-

betegségekkel, akut légúti fertőzéssel, valamint a légcső, a hörgők betegségeivel, illetve a tüdőrákkal [5]. A tanulmányok egyértelműen azt is mutatják, hogy a részecskék hosszú távú expozíciója krónikus légúti megbetegedésekhez vezet és gyermekeknél csökkentik a tüdőnövekedést [18].

2.2. Nitrogén-oxidok

A nitrogén-dioxid (NO_2) fosszilis tüzelőanyagok, például szén, olaj és gáz elégetése során keletkezik. A városokban a nitrogén-dioxid fő forrása a gépjárművek kipufogógáza (akár 80 százaléka). A nitrogén-dioxid hozzájárul a fotokémiai szmog kialakulásához, amely jelentős hatással lehet az emberi egészségre. A nitrogén-oxidok gyakran az orr és a torok irritációját okozzák, és fokozzák a légúti fertőzések iránti érzékenységet. Reagál ammóniával, nedvességgel és más vegyületekkel, salétromsavat képezve, amely súlyos légúti problémákat, légzési nehézségeket okoz a tüdőnyálkahártyájának gyulladásával [2]. A kis részecskék mélyen behatolhatnak az érzékeny tüdőszövetbe és károsíthatják azt, extrém esetekben korai halált okozva [15].

3. LEVEGŐMINŐSÉGI IRÁNYELV

Az Európai Unió (akkor EGK) az 1990-es évek óta dolgozik a levegőszennyezés leküzdésén olyan irányelvek révén, amelyek szabványokat határoznak meg a levegő minőségére, és védelmet nyújtanak az európai polgárok számára a szennyezés ellen. Ezt először a 96/62/EK levegőminőségi keretirányelv tette meg, amely szabványokat állapított meg a részecskék és gázok széles skálájára, például az ózonna, a szálló porra (PM_{10} és $PM_{2,5}$) és a nitrogén-dioxidra (NO_2). 2008-ban a 96/62/EK irányelvet felváltotta egy átfogóbb intézkedési keret, az úgynevezett Környezeti Levegőminőségi Irányelv (a Tanács és az Európai Parlament irányelve, 2008/50/EK, 2008). Ez az irányelv meghatározza azt a felső határt, amelyet jelenleg a levegőszennyezés határértékeként használnak az Európai Unióban. Fontos, hogy a környezeti levegő minőségéről szólók irányelvként jelennek meg, meghatározzák a légszennyezettség határértékeit az Európai Unióban, és

kötelező érvényű az elérendő eredmények tekintetében. A tagállamoknak maguknak kell konkrét intézkedéseket létrehozniuk (ha szükséges), hogy megfeleljenek a környezeti levegő minőségéről szóló irányelvben meghatározott határértékeknek. Az Európai Unión kívül az Egészségügyi Világszervezet (WHO) is elkészítette saját irányelveit a légszennyezésre vonatkozóan. Ezeket az irányelveket úgy alakították ki, hogy útmutatást nyújtsanak a levegőszennyezés káros egészségügyi hatásainak csökkentésére. A WHO irányelvei jogilag nem kötelező erejűek. Ezért ezeket olyan célokként kell értelmezni, amelyek elérése esetén olyan egészségügyi levegőminőséget kell nyújtani, amely biztosítja a levegőt anélkül, hogy az állampolgárok egészségére negatív hatással lenne. A WHO irányelvei szigorúbbak, mint az EU szabványai. Ez azt jelenti, hogy a WHO irányelveinek való megfelelés érdekében egy város vagy régió levegőjének tisztábbnak kell lennie, mint az EU által meghatározott szabványok szerinti [7].

Számos európai város nem tudta betartani az EU környezeti levegőminőségi határértékeit a PM₁₀ és NO₂ tekintetében a városi közlekedési helyszíneken. Ezeket 2005-re, illetve 2010-re kellett teljesíteni. A PM_{2,5}-re vonatkozó határértéket (éves átlagos 25 µg/m³) 2015-ig be kellett betartani, és a 2020-ra

vonatkozó alacsonyabb indikatív határérték (éves átlagos 20 µg/m³) kötelezővé vált a Bizottság általi levegővédelmi szakpolitika folyamatos felülvizsgálatának eredményeként. Hat országból álló csoport (Franciaország, Németország, Magyarország, Olaszország, Románia és az Egyesült Királyság) nem teljesítette az EU levegőminőségi követelményeit a PM-re és NO₂-re vonatkozóan [7]. Magyarország a PM₁₀ értékekre vonatkozó éves megengedett napok számát lépte túl többször. Az Európai Bizottság a kötelezettségszegési eljárást indított Magyarország ellen, hogy megfeleljen a EU levegőminőségi követelményeinek. A helyzet megoldásának céljából készült és került elfogadásra PM₁₀ csökkentés ágazatközi intézkedési programjáról szóló 1330/2011. (X.12.) Korm. határozat. Az intézkedések ellenére a napi átlagos részecskeszennyezés továbbra is meghaladta az át-lépési napok (35 nap) megengedett számát évente, így a 2020 májusában a 1231/2020. (V.15.) Korm. határozattal elfogadott Országos Levegőterhelés-csökkentési Programmal további intézkedéscsomagok kerültek meghatározásra. A közlekedési szektor – a környezetvédelmi célú közlekedési szabályozási eszközök alkalmazása intézkedéscsomag részeként – többek között az alacsony kibocsátású zónák létrehozásának támogatását tűzte ki célul.

1. táblázat: Az Európai Unió kibocsátási szabványai és a WHO kibocsátási irányelvei [7, kiegészített]

Szennyezőanyag	WHO irányelvei 2021 szeptembertől	Európai Unió szabványok	EU-s kivételek
NO ₂	10 µg/m ³ (éves átlag)	40 µg/m ³ (éves átlag)	-
	200 µg/m ³ (órás átlag)	200 µg/m ³ (órás átlag)	max 18 napos túllépés évente
PM ₁₀	15 µg/m ³ (éves átlag)	40 µg/m ³ (éves átlag)	-
	45 µg/m ³ (napi átlag)	50 µg/m ³ (napi átlag)	max 35 napos túllépés évente
PM _{2,5}	5 µg/m ³ (éves átlag)	2020. január 1-jétől 20 µg/m ³	-
	15 µg/m ³ (napi átlag)	Nincs napi átlagos szabvány	-
SO ₂	40 µg/m ³ (napi átlag)	125 µg/m ³ (napi átlag)	max 3 napos túllépés évente
O ₃	100 µg/m ³ (8 órás átlag)	120 µg/m ³ (8 órás átlag)	max 75 napos túllépés 3 évente

4. ALACSONY EMISSZIÓS ZÓNA

A LEZ-ek kialakítása egy olyan intézkedés, amelyet számos önkormányzat vezet be a rendkívül szennyező járművek számának csökkentésére. A LEZ egy meghatározott terület, ahol a leginkább szennyező járművek bejutását szabályozzák:

- a leginkább szennyező járművek zónába való behajtásának megtiltásával,
- vagy a szennyező járművek övezetbe történő behajtásakor díj felszámításával [4].

A LEZ-t az EU különböző tagállamaiban számos városban vezették be. Ezzel párhuzamosan a technológiai fejlődés a hagyományos járművek motor- és üzemanyag-környezeti paramétereinek jelentős javulásához, valamint a hibrid- vagy elektromos járművek bevezetéséhez vezetett [6]. A LEZ európai légszennyezés-kezelési stratégiájának végrehajtása Svédországból ered, ahol a három legnagyobb városban – Stockholmban, Göteborgban és Malmöben – 1996-ban kezdődtek a „Környezeti zónák” elnevezésű kísérleti programok. Kifejezetten dízelüzemű tehergépjárműveket és 3,5 tonnát meghaladó tömegű autóbuszokat céloz meg [5]. Jelenleg több mint 260 alacsony kibocsátású zóna van az EU tagállamaiban, amelyek közül 250 személygépkocsikat érint. A legtöbb LEZ-t Európában hozták létre. Legtöbbjük Olaszországban (106 LEZ) és Német-

országban (86 LEZ), továbbá Hollandiában, Franciaországban, Belgiumban és Nagy-Britanniában stb. található. Az EU-n kívül LEZ-ek Tokióban (Japán), Haifában (Izrael) vagy Pekingben (Kína) található [8].

5. ÉRINTETT JÁRMŰVEK

Lényeges, hogy a járműveknek az LEZ-ből való kizárására vonatkozó kibocsátási kritériumok az EU Euro emissziós szabványain alapuljanak. Az Euro-szabványok egyformán vonatkoznak az EU-tagállamokban értékesített vagy nyilvántartásba vett összes járműre [6].

A LEZ-kibocsátási osztályok meghatározzák a LEZ területére behajtható járművek Euro-osztályait minden egyes kibocsátási osztály esetében. A LEZ szakaszait az egyes kibocsátási osztályok bevezetésének ütemezésével határozzák meg, hogy fokozatosan kizárják az alacsonyabb Euro-szabványú (magasabb kibocsátású) járműveket. Ajánlatos, hogy az egymást követő LEZ-osztályok ütemezését nemzeti szinten határozzák meg, de az egyes települések eldönthetik, hogy mely járműtípusokat korlátozzák a LEZ-ben [6].

5.1. Utólagos felszerelés

Az utólag beépíthető emissziócsökkentő berendezések (REC) a régebbi járműveket meg-

2. táblázat: A járművek emissziós kritériumai és a szennyezőanyag kibocsátási osztályokra vonatkozó utólagos felszerelési követelmények az Euro kibocsátási szabványok és az utólagos beépítési egyenértékűségek alapján [6, módosított]

Kategória	Tüzelőanyag	Szennyezőanyag kibocsátási osztály					
		2	3	4	5	6	Z
Személygépkocsik és könnyű haszongépjárművek <3500 kg	benzin			Euro 1,2	Euro 3	Euro 4,5,6	
	gázolaj	Euro 2 Euro 1 + R* IIB	Euro 3 Euro 2 + R IIB	Euro 4 Euro 2,3 + R IIB	Euro 5 Euro 3,4 + R IV	Euro 6 Euro 4,5 + R IV	
Nehézgépjárművek ≥ 3500 kg	gázolaj	Euro II Euro I + R IIB	Euro III Euro II + R IIB	Euro IV Euro II,III + R IIB	EEV, Euro V Euro II,III + R IV	Euro VI EEV IV,V + R IV	
Nulla kibocsátás							Összes

* R=REC utólag beépített kibocsátáscsökkentő berendezés, amely megfelel az ENSZ-EGB REC előírásának

** kiemelten környezetbarát jármű

feleltethetik egy magasabb Euro-szabványnak bizonyos szennyező anyagok – különösen a PM és a nitrogén-oxidok (NO_x) – tekintetében. A 2. táblázatban bemutatott harmonizált szennyezési kibocsátási osztályok lehetővé teszik a jóváhagyott REC használatát a következő magasabb kibocsátási osztályba sorolt dízelmotoros járműveken. A magasabb szennyezőanyag-kibocsátási osztályba való besorolás engedélyezése a járművek utólagos felszereléssel megkönnyítheti a szigorúbb LEZ-szabvány elfogadását, mint az utólagos felszerelések nélkül, mivel az utólagos felszerelés költsége általában alacsonyabb, mint a jármű cseréje. Fontos, hogy az utólagos felszereléssel nem lehet egy járművet teljesen egyenértékűvé tenni egy magasabb Euro fokozattal, mert az Euro-szabványok a károsanyag-kibocsátási határértékeken kívül más járműspecifikációt is tartalmaznak. 2013 novemberében az ENSZ-EGB új szabályozást fogadott el a nehéz teherbírású dízeljárművek és nem közúti munkagépek REC típusjóváahagyásáról. A rendelet a REC-re vonatkozik a PM és az NO_x esetében. Olyan módosítást javasoltak, amely egy második osztályt vezet be szigorúbb követelményekkel [6].

3. táblázat: A javasolt REC-rendelet négy REC-osztályt határoz meg [6, módosított]

Osztály	REC csökkentés
I. osztály	PM-csökkentés, közvetlen NO ₂ -növelés nélkül
II. osztály (IIA)	PM-csökkentés, közvetlen NO ₂ -növelés korlátozott mértékben
II. osztály (IIB)	PM-csökkentés, közvetlen NO ₂ -növelés korlátozott mértékben
III. osztály	NO _x -csökkentés
IV. osztály	kombinált PM- és NO _x -csökkentés

A rendelet értelmében egy REC-nek meg kell felelnie a következő magasabb kibocsátási osztályba tartozó PM és/vagy NO_x Euro kibocsátási határértékeinek, valamint meg kell felelnie a minimális százalékos csökkentési követelményeknek és NO₂-korlátozásoknak. A módosítás a II. osztályt IIA és IIB osztályokra osztja fel, hogy szigorúbb korlátozást tegyen lehetővé az NO₂ növekedésben. Jelentős vita folyik a IIA

osztályú NO₂ korlátozásról, mivel ez lényegesen bonyolultabb és költségesebb részecske-szűrőt igényelhet. Ha az utólagos felszerelés megengedett, akkor szükség van egy tanúsítási rendszerre, amelyet össze kell kapcsolni az Euro-szabványok szerinti kibocsátásvizsgálattal. A tanúsítást körültekintően kell elvégezni, hogy a kívánt eredményt el lehessen érni. Az UNECE REC előírása csak a nehéz tehergépjárművekre vonatkozik. A rendelet alapot adhat a személygépkocsikra és könnyű haszongépjárművekre vonatkozó nemzeti REC-szabályozás kidolgozásához is. Számos ország rendelkezik olyan REC-jóváahagyási előírásokkal is, amelyek a személygépkocsikra és/vagy könnyű haszongépjárművekre vonatkoznak. A nemzeti szabályozásnak meg kell határoznia a REC típusjóváahagyását megadó illetékes hatóságot, valamint a jóváhagyott REC beszerelésére, ellenőrzésére és beszerelésének tanúsítására jogosult hatóságot vagy vállalkozásokat. Ki kell adni egy tanúsítási formanyomtatványt, amely dokumentálja a jóváhagyott REC tanúsított telepítését, amelyet a LEZ matricák megszerzéséhez használnak. A beszerelőket és az ellenőröket fel kell hatalmazni arra, hogy az utólagos felszereléssel kapcsolatos információkat bejegyezzék, és frissítsék a nemzeti járműkibocsátási nyilvántartási adatbázisban. Valamennyi LEZ-tanúsítási rendszernek gyakorlati és uniós jogi okokból is a lehető legtöbb információt el kell fogadnia más tanúsítási rendszerekből. A külföldi járművek számára uniós jogi okokból lehetővé kell tenni, hogy bármilyen tanúsított szűrővel rendelkezzenek. Számos meglévő LEZ-rendszer ezt teszi [6].

6. ELLENŐRZÉS

Egyes országok kamerás megfigyelést (automatikus rendszámfelismeréssel) vagy kézi vezérlést alkalmaznak a LEZ-ek érvényesítésére. Léteznek olyan városok, amelyek a kettő kombinációját használják. A kameravezérlés egyik fő előnye, hogy többé-kevésbé minden járművet lehet ellenőrizni. A közel 100 százalékos észlelési arány azonban a kamerák számától és a kamerák elhelyezkedésétől függ. London kamera alapú megfigyelőrendszert használ fix és mobil kameraegységekkel egyaránt. A rögzített kamerák általában a LEZ külső ha-

tárán helyezkednek el, míg a mobil egységek a zónán belüli nagy forgalmú utakon használatosak. A kamerás megfigyelés automatikus rendszámfelismeréssel történő alkalmazásának egyik hátránya több adatbázis fejlesztésének szükségessége, valamint a különböző adatvédelmi kérdések. A kézi vezérlés csak korlátozott számú mintát ellenőriz a zónákban korlátozott hozzáféréstű járművekből. A LEZ-előírások kézi vezérlésével rendelkező városok közül többnek is komoly problémái voltak a kezdetekben mind a megfeleléssel, mind az ellenőrzési tevékenység mértékével (hiányával). Az erre irányuló fokozott figyelemnek köszönhetően a végrehajtás javult. A legtöbb esetben a rendőrségnek egyedül nincs kapacitása (vagy akarata) az ilyen típusú ellenőrzési tevékenység prioritásainak megadására. A megfelelés javítása érdekében a kézi vezérlésű városok gyakran kombinálják a rendőrség által végzett kézi vezérlést más szabályozók által végzett kézi vezérléssel. Például mind Berlinben, mind Párizsban a forgalomirányítók szabják ki a bírságok nagy részét. A rendőrség a bírságok teljes összegének csak kis százalékáért felelős. Németország és Franciaország egyaránt matricákat használ a zónán belüli kézi vezérlés megkönnyítésére. Ez a megközelítés különösen előnyös, ha egynél több járműtípusnál vannak korlátozások. Az ellenőrzést végző hatóságnak meg kell vizsgálni, hogy a járműben van-e matrica vagy nincs, és hogy a matrica megfelelő-e az adott járműhöz. A matricán fel kell tüntetni a jármű rendszámát és néhány egyéb jelölést a hamisítás esélyének csökkentése érdekében. Ha a matrica tartalmazza a rendszámot, akkor ellenőrizhető, hogy a jármű megfelelő kategóriájú matricával rendelkezik-e, és hogy a jármű rendszáma az ellenőrzött járműhöz tartozik-e [4]. A

nemzeti jogszabályokban meg kell határozni az illetékes hatóságokat:

- a matricák és mentességek kiadása,
- a REC típusjóváahagyása, beszerelése és ellenőrzése,
- a nemzeti járműkibocsátási osztály-adatbázis létrehozása, elérése és frissítése,
- a LEZ-szel kapcsolatos panaszok meghallgatása [6].

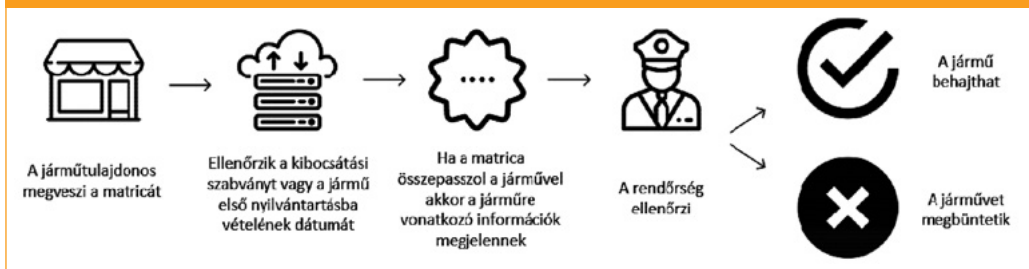
6.1. Matricarendszer

Németország Hollandiától eltérő rendszert alkalmaz az alacsony kibocsátású zónák érvényesítésére. Automatikus rendszer helyett a német rendszer analóg, matricák segítségével azonosítja, hogy egy jármű behajthat-e egy alacsony károsanyag-kibocsátású zónába. A járműtulajdonosoknak maguknak kell beszerezniük egy matricát a járművükhöz. A matrica vásárlásakor ellenőrzik az első regisztráció dátumát vagy a jármű károsanyag-kibocsátási normáját, és megadják az ennek megfelelő matricát. Azok a járművek, amelyek matrica nélkül vagy rossz matricával lépnek be egy alacsony kibocsátású zónába, pénzbírsággal sújthatók. Mivel a rendszer analóg, nincs automatikusan kiszabott bírság a zónába való belépéskor, ha megsértik az alacsony kibocsátású zóna hozzáférési rendszerét [7].

6.2. Adatbázis

Az illetékes hatóság járműadatbázist fog üzemeltetni, amely információkat tartalmaz a LEZ-hozzáférésre regisztrált járművek emissziós jellemzőiről, nemzeti matricáról és/vagy jóváhagyott utólagos felszerelésekre regisztrált járművekről. Az adatbázis célja,

1. ábra: Matricarendszer [7, módosított]



hogy járműadatokat biztosítson az ellenőrző rendszer számára. Az adatbázis "elektronikus LEZ-tanúsítványként" is szolgál majd, amely tartalmazza a jármű regisztrált kibocsátási jellemzőit, és a matricák vásárlásakor dokumentációként, valamint a jármű jellemzőinek online megerősítésére használható a kézi végrehajtás során. Az adatbázis legalább a következőket tartalmazza:

- a jármű azonosító száma (vonalkódszám a matricán),
- a szennyezőanyag-kibocsátási osztálya,
- a jármű rendszáma, nemzetiség és az első nyilvántartásba vétel dátuma,
- a jármű tulajdonosa és elérhetősége,
- járműtípus, üzemanyag- és motortípus, valamint Euro-szabvány,
- a beszerelt utólagos kibocsátáscsökkentő berendezések hitelesített kibocsátási jellemzői [6].

Az adatbázisba az adatokat a matrica megszerzéséhez szükséges regisztrációs folyamat során a nemzeti felhatalmazással rendelkező intézmények adják meg. Ezek az adatok egyidejűleg bekerülnek a járműadatbázisba, amelyhez a LEZ-hatóságok hozzáférnek. A járműadatbázisba érkező és onnan származó információk számára adatszere-szabványt kell létrehozni XML formátumban, megfelelő biztonsági megfontolások mellett. Az adatbázist védeni kell a csalás és a jogosulatlan hozzáférés ellen [6].

6.3. Szélvédő jelvények

A tényleges (nem virtuális) matricákat a német matricák mintájára ajánlatos elkészíteni, azzal a kiegészítéssel, hogy a színes kör alatt egy vonalkód vagy QR-kód mező található. Ez egy egyedi matrica-azonosító számmal lenne kódolva. A vonalkód lehetővé teszi a végrehajtó hatóságok számára, hogy hordozható vonalkóddolvasókkal gyorsan beolvassák a matrica azonosító számát, hogy a járműadatbázisban megkapják és megerősítsék a regisztrációt. A matricák színei: 3 - sárga, 4 - zöld, 5 - kék, 6 - lila, Z - fehér [6].

A jármű nemzetiségét és rendszámát a matricát kiállító illetékes hatóságnak a fehér mezőben kell feltüntetni. A matrica azonosító

2. ábra: Koncepcionális matrica megjelenése [6]



száma a jármű regisztrációjának egyedi azonosító számaként szolgál a járműadatbázisában. A matricáknak nem újrafelhasználhatónak, nem fakulónak és hamisíthatatlannak kell lenniük, és úgy kell kialakítani azokat, hogy a szélvédőről való eltávolításakor önmegsemmisítőek legyenek. A mentességi matrica a fenti koncepció szerinti matricához hasonló lehet, fekete vagy piros "X"-szel. A mentességi matricán adott esetben fel kell tüntetni a lejárat dátumát is. A matricákat a jóváhagyott nemzeti hatóságok, valamint a járművizsgálatok és a kibocsátási vizsgálatok elvégzésére jogosult intézmények vagy vállalkozások adják ki [6].

7. KÖVETKEZTETÉS

A rendelkezésre álló szakirodalmakból megállapítható, hogy a LEZ hatékony intézkedés, amellyel egyszerre lehet serkenteni a járműállomány megújulását és csökkenteni a járművekkel kapcsolatos szennyezőanyag-kibocsátást [9]. A tanulmányok megállapították, hogy a LEZ-ek városközpontokban történő megvalósítása előnyös volt a lakosság általános egészségügyi állapota szempontjából. Ez országoként különböző társadalmi-gazdasági csoportokat érintett. A szennyezettségi szintek hatásának vizsgálatát diszperziós modellezéssel feltárták és kiderült, hogy minden vizsgálatban csökkentek a kismé-

retű részecskék (PM₁₀, PM_{2,5}). Míg a NO_x szintjében enyhe csökkenést tapasztaltak. A mortalitást vizsgáló tanulmányok közül azt találták, hogy a LEZ kismértékben javította a populációban megszerzett életéveket a felnőtteknél, illetve a gyermekek légúti/allergiás tüneteivel kapcsolatos különböző egészségügyi paramétereket vizsgálva a levegőszennyező anyagok csökkenése enyhén javított egyes tüneteket [10]. Mivel a LEZ-eket a helyi légszennyező anyagok koncentrációjának csökkentése érdekében vezetik be, vitatható, hogy e politikai eszközökből származó bevételt előnyösebb lenne-e közegészségügyre fordítani [13]. A LEZ-nek a gépjárművek károsanyag-kibocsátására vonatkozó minimumkövetelményeket nem teljesítő járművek behajtásainak – belépés esetén azok jelentős bírsággal való sújtása – korlátozásán túl további közvetett hatásai vannak: [11]

- Az alacsony kibocsátású zóna célja, hogy a járműállomány megújításának felgyorsításával csökkentse a közlekedés hozzájárulását a légszennyezőanyag-koncentrációhoz [12].
- A helyi járműállomány összetétele a közlekedési ágazat szén-dioxid-mentesítésében is fontos, és hozzájárulhatnak az éghajlatváltozás kezeléséhez is [12].
- A járműállomány megújulásának felgyorsulását a társadalmi-gazdasági kritériumok nagymértékben befolyásolják [12].
- A hatékonyság megőrzése érdekében a követelményeket időszakonként szigorítani kell [9].
- Ha az ilyen intézkedéseket kellően korán végrehajtják és hatékonyan kommunikálják, hozzájárulhat a LEZ társadalmi és politikai elfogadottságának javításához, amely eddig a végrehajtásuk egyik fő akadályának bizonyult [13].
- Az alternatív közlekedési formák ösztönzése, beleértve a tömegközlekedést, a kerékpározást és az elektromos járműveket [14].
- Az elektromos járművek csak a kipufogócsőből származó levegőszennyezést csökkentik, a gumiabroncsok és a törési kopások vagy az útkopás által okozott levegőszennyezést nem [14].
- A forgalom lényegesen nem csökken, mert a helyi járműflották megújulási ütemét gyorsítják fel [8].

Az ideális LEZ-t be kell építeni a közlekedéstervezési stratégiákba, általában a közösségi közlekedés és az aktív közlekedési módok javára történő modális váltás előmozdítására, így a LEZ-ek összekapcsolhatók a fenn tartható közlekedéstervezéssel [8]. A LEZ-ek bevezetésének megkönnyítéséhez új közösségi járműmegosztó szolgáltatásokat vagy kerékpárbérlési rendszereket lehetne elhelyezni a potenciálisan sérülékeny területek közelében, hogy a lakosoknak alternatív eszközökkel biztosítsanak a városközpont elérésére. A javasolt megközelítések lehetővé teszik a LEZ-ek bevezetésének megkönnyítését, így a helyi önkormányzatok azonosítani és rangsorolni tudják azokat a szakpolitikai intézkedéseket, amelyek csökkentik a LEZ bevezetésének során felmerülő akadályokat [13].

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Schraufnagel DE, Balmes JR, Cowl CT, Matteis SD, Jung SH, Mortimer K, Perez-Padilla R, et al. (2019) Air Pollution and Noncommunicable Diseases: A Review by the Forum of International Respiratory Societies' Environmental Committee, Part 2: Air Pollution and Organ Systems. *CHEST* 155(2):417–426.
- [2] Pestel N, Wozny F (2019) Low Emission Zones for Better Health: Evidence from German Hospitals. *SSRN Electronic Journal*.
- [3] Obrecht M, Rosi B, Potrc T (2017) Review of low emission zones in Europe: Case of London and German cities. *Tehnički glasnik* 11(1-2):55–62.
- [4] Amundsen A, Sundvor I (2018) Low Emission Zones in Europe. Requirement, enforcement and decreasing health inequalities - ProQuest. A171-A172. air quality. *Transportøkonomisk institutt*.
- [5] Ezeah C, Finney K, Nnajide C (2015) A Critical Review Of The Effectiveness Of Low Emission Zones (LEZ) As A Strategy For The Management Of Air Quality In Major European Cities. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST)* 2:3159–40.
- [6] ECORYS Nederland B.V. (2014) Feasibility study: European city pass for Low Emission

- Zones. Annex A: Standards and Guidance Document
- [7] Gruiters J (2018) Improving Air Quality in Border Regions. A case study of effective implementation of a low emission zone in Maastricht. *Studenttheses.uu.nl*.
- [8] Roncière M (2020) Addressing a large-scale implementation of low-emission zones in France. *DIVA*.
- [9] Leonhart M (2017) Environmental and Social Effect of the Rotterdam Low Emission Zone. *Business Economics*.
- [10] Campbell A, André M, Carteret M, Pasquier A, Liu Y (2017) Methodology for characterizing vehicle fleet composition and its territorial variability, needed for assessing Low Emission Zones. *Transportation Research Procedia* 25:3286–3298. DOI: <https://doi.org/h3mt>
- [11] Ellison R, Greaves S, D. Hensher (2012) Medium-Term Effects of London's Low-Emission Zone. *undefined*.
- [12] Pasquier A, Andre M (2017) Decomposition of Low emission zone strategies into mechanisms and methodology for assessing their impacts on air pollution. *Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering* 7(1):pp. 241-261.
- [13] Morton C, Mattioli G, Anable J (2018) A Framework for Assessing Spatial Vulnerability to the Introduction of Low Emission Zones: A case study of Edinburgh, Scotland - White Rose Research Online. *Whiterose.ac.uk*.
- [14] Quarmby S, Santos G, Mathias M (2019) Air Quality Strategies and Technologies: A Rapid Review of the International Evidence. *Sustainability* 11(10):2757. DOI: <https://doi.org/gkb5dz>
- [15] Dias (2018) Methodology for air pollution impact assessment of low emission zones in urban areas of Brazil - the case study of Fortaleza. *Repositorio.ufc.br*.



Regulating the range of motor vehicles affected and evaluating a sticker scheme in a low emission zone

The Ambient Air Quality Directive (2008/50/EC) requires cities that exceed air pollution limit values to develop and implement action plans to take the necessary measures to achieve the air pollution limit values. Establishing Low Emission Zones (LEZ) is a measure that is being introduced by a growing number of European municipalities to reduce the number of polluting vehicles. There is no uniform legislation on LEZs in the different EU Member States, so Hungary does not currently have a policy instrument for the establishment of such zones and no legal framework to facilitate their implementation which would give local governments authority and clear guidance. The aim of this research is to define the range of vehicles covered by the regulation and to investigate a sticker scheme, taking into account best practices abroad, which will help to improve the efficiency of the regulation and control of a Hungarian LEZ.



Regelung des Umfangs der betroffenen Kraftfahrzeugen und Prüfung eines Plaketten-systems für Umweltzonen

Die Luftqualitätsrichtlinie (2008/50/EG) verpflichtet die Städte, die die Luftschadstoffgrenzwerte überschreiten, Aktionspläne zu entwickeln und umzusetzen, um die notwendigen Maßnahmen zur Erreichung der Luftschadstoffgrenzwerte zu ergreifen. Die Umweltzone (LEZ) ist eine Maßnahme, die von einer wachsenden Zahl europäischer Kommunen Europa eingeführt wird, um die Anzahl umweltschädlicher Fahrzeuge zu reduzieren. Es gibt keine einheitliche Gesetzgebung für die Umweltzonen in den verschiedenen EU-Mitgliedstaaten, so verfügt Ungarn derzeit auch nicht über ein politisches Instrument für die Einrichtung solcher Zone, es fehlt an Rechtsrahmen zur Erleichterung ihrer Umsetzung, was den lokalen Regierungen Autorität und Klarheit verleihen sowie Orientierungshilfe geben würde. Das Ziel der aktuellen Forschung ist es, den Bereich der von der Verordnung abgedeckten Fahrzeuge zu bestimmen und das Plaketten-system unter Berücksichtigung der besten ausländischen Praktiken zu untersuchen, was zur Effizienz und Kontrolle einer ungarischen FEZ-Regelung beiträgt.

A védelmi felkészítés követelményeinek érvényesülése a Budapesti Agglomerációs Vasúti Stratégia által javasolt új hálózati elemek esetében

Budapest vasúti szempontból az ország szűk keresztmetszete, a város-on átfutó vasútvonalakon sok szerelvény közlekedik. Az egyes elemek kapacitáskihasználása a maximumot közelíti, ami az ország fejlődésének gátja. A várhatóan létesülő új infrastruktúra-elemek védelme kiemelt jelentőségű.

DOI: <https://doi.org/10.24228/KTSZ.2022.4.3>

Dr. Szászi Gábor

mk. ezredes
egyetemi docens
Nemzeti Közszolgálati Egyetem, HHK
e-mail: szaszi.gabor@uni-nke.hu, levai.zsolt@kti.hu

–

Lévai Zsolt

senior kutató
KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft
NKE, HHK, Katonai Műszaki Doktori Iskola

1. BEVEZETÉS

Budapest az ország legjelentősebb vasúti csomópontja. A városba vezető és azon keresztül futó vasútvonalakat sokmillió ember használja, valamint naponta tehervonatok sokasága közlekedik.

A vasútvonalak nagy része már a 20. század elejére a mai vonalvezetéssel épült, így elmondható, hogy a hálózat szerkezete a múlt század eleji állapotokat tükrözi. A vasúti fejlesztések jelentős része a Budapesten kívüli vonalakra irányult és irányul, a főváros vasúti hálózata mára már inkább gátjává, mintsem elősegítőjévé vált a korszerű szállítási módok terjedésének. A vasúti infrastruktúra fejlesztése elmaradt, nem követte a forgalom változását. Az egyes szolgáltatási (menetrendi) fejlesztések a meglévő infrastruktúrán valósultak meg. A

rendszer átbocsátóképessége az infrastruktúra állapotának romlása miatt lecsökkent (nem valósultak meg állagmegóvó és kapacitásnövelő beruházások), ezért Budapest vált a magyarországi vasúti forgalom szűk keresztmetszetévé.

Ezt a negatív folyamatot ismerték fel a közlekedéspolitika irányítói és készítői. Így 2019-ben megkezdődhetett a budapesti vasúti infrastruktúra átalakításának koncepcionális, stratégiai kidolgozása annak érdekében, hogy ezt a szűk kapacitást fel lehessen oldani, és a vasúti közlekedés ismét motorja lehessen a gazdaság fejlődésének. A stratégia megalkotása során több olyan beruházás is szóba kerülhet, amelyek megépítése jelentős költségekkel járhat, ugyanakkor nagyon fontos szerepet tölthet be mind a Budapesten belüli, mind pedig az országos vasúti hálózatban. E nemzetgazdasági fontosság, valamint a várhatóan jelentősen

megemelkedő személy- és áruszállítási teljesítmény realizálhatósága szükségessé teszi, hogy a stratégia lehetséges új infrastrukturális elemek védelmi szempontból is elemezzük, mert az ország működésében betöltött szerepük jelentős lesz és kiesésük gazdasági károkat okozhat.

2007-ben, a Katonai Logisztika című tudományos folyóiratban megjelent cikksorozatának második részében jelen cikk társszerzője felhívta a figyelmet arra, hogy már a közlekedési infrastruktúrátervezés koncepcionális kidolgozása során meg kell, hogy jelenjenek a védelmi követelmények [1, 127-128. o.], hiszen az építendő közlekedési infrastruktúra-elemek nem csak polgári, hanem katonai (védelmi) célokat is szolgálnak. Ezért a felkészítés keretében már békeidőben szükséges a védelmet kialakítani, mert ez a veszélyeztetettség időszakában már aránytalanul nagy ráfordítással járhat, vagy nem is lenne lehetséges [2]. A katonai közlekedési rendszer egyes elemeit mindezeket túl védeni kell az esetleges támadásokkal szemben [3]. Budapest tervezett új vasúti beruházásainak esetében az előbbiek okán (mind a polgári, mind a katonai közlekedési rendszer része) szükséges vizsgálni a védelmi követelményeknek való megfelelést, ugyanis azok jelentős része létfontosságú nemzeti közlekedési rendszerelem lesz [4].

Amint az az előzőekből látható, a védelmi célú felkészítés elemzésének szükségessége két irányból is megközelíthető. A cikkben ezt így elemezzük, elősegítve a védelmi szakemberek munkáját. Bemutatjuk a stratégia által javasolható új vasúti elemeket, meghatározzuk helyüket a kritikus infrastruktúra rendszerben, javaslatot teszünk az elemek védelmére, illetve a velük szemben támasztott védelmi követelmények teljesíthetőségére.

2. A KÖZLEKEDÉSI RENDSZER ÉS AZ ORSZÁG VÉDELMI FELKÉSZÍTÉSÉNEK KAPCSOLATA

2.1. A vasúttal szemben támasztott infrastruktúrávédelmi követelmények

A kritikus infrastruktúra-elemek védelméről az ország védelmi felkészítésének keretében

kell gondoskodni. A védelmi felkészítés egyrészt jelenti a meghatározott védelmi követelmények teljesítését, másrészt az infrastruktúra-elemek helyettesíthetőségét. Terjedelmi okokból most csak a védelmi követelményeket vizsgáljuk.

A közlekedési rendszerrel szemben támasztott védelmi követelményeket már több szerző, különböző aspektusból vizsgálta. Az alábbiakban az általuk írt publikációk legfőbb megállapításait foglaljuk össze.

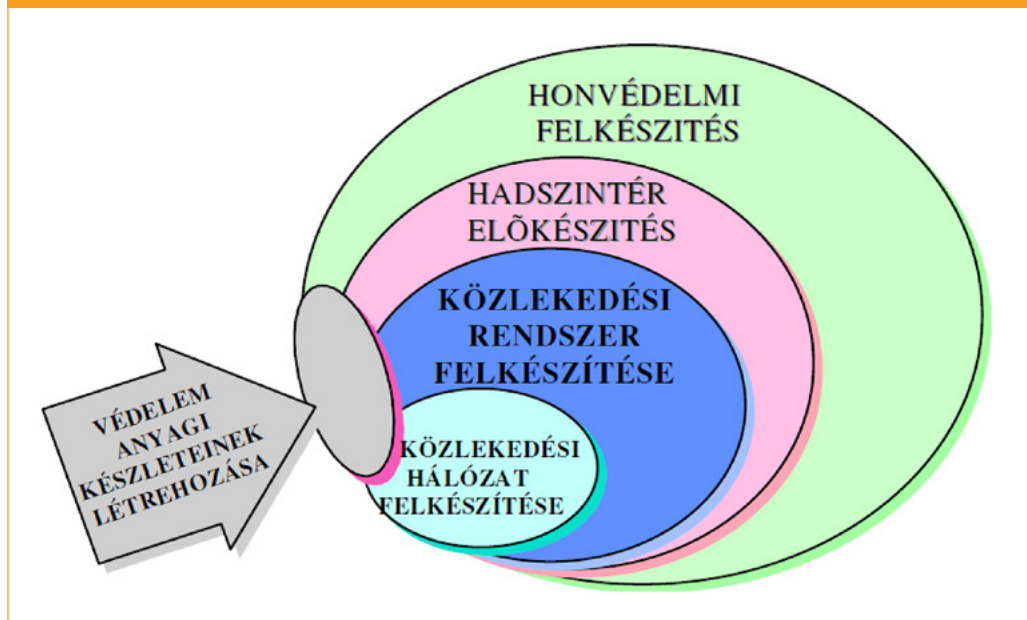
Duchaj I. még 1997-ben fogalmazta meg katonai szempontból a „közlekedési biztosítás” definícióját [5; 115. o.], amelyből a közlekedési rendszerek védelmi felkészítése levezethető: *„A közlekedési biztosítás azon tevékenységek és rendszabályok összessége, amelyek a közlekedési hálózat katonai célokra történő előkészítésével, üzemeltetésével, a rombolások után a forgalom helyreállításával kapcsolatosak és az ehhez szükséges feltételrendszerének megteremtésére irányulnak.”*

A definíció szerint a közlekedési biztosítás a közlekedési hálózatra irányul, és azt készíti fel a védelmi feladatokra. Az 1. ábra mutatja, hogy a közlekedési hálózat védelmi felkészítése csak egy részét képezi az ország honvédelmi felkészítésének. Miután a közlekedési hálózatot egyszerre használja a honvédelmi és a civil szféra, a hálózatok védelme egyben gazdaságvédelmi feladat is, hiszen közlekedés nélkül nem működik a gazdaság.

Ezt erősíti meg a Magyar Honvédség Közlekedési Támogatás Doktrínája is, ugyanakkor a katonai szállítási feladatokat és igényeket kiegészíti a szövetségi kötelezettségekkel is [3; 12. o.].

Horváth A. 2009-ben írt tanulmányában [6; 7. o.] kijelenti, hogy a közlekedési rendszerek megfelelő felkészítése érdekében védelmi szempontból egységes, a terrorizmus elleni védelem és katasztrófavédelem feladataival összehangolt katonai koncepciót kell kialakítani. A terrorizmus számára a közlekedés kedvelt célpont. Ennek vasúti vonatkozásait elemezte a [7]. A katasztrófavédelem területén a közle-

1. ábra: A honvédelmi felkészítés elemei (forrás: [5], 116. o.)



kedési pályák rendelkezésre állása szükséges a mentőerők gyors felvonulása érdekében a vasút területén is.

A [8] megfogalmazza, hogy a kritikus infrastruktúrák védelmi költségei alacsonyabbak, mint a kiesésükből származó gazdasági bevételek elmaradása. Mi is aláhúzzuk e megállapítás fontosságát. Egy kritikus közlekedési elem ellen intézett sikeres terrortámadás nem csak gazdasági (helyreállítási) költségekkel jár, de veszteségeket okoz nemzetgazdasági és össz társadalmi szinten is, amelyeknek szintén költségei vannak, például adott közlekedési ágban megrendült társadalmi bizalom visszaállítása.

A kritikus vasúti infrastruktúrákkal szembeni védelmi követelményeket a [9; 43-45. o.], illetve a [10; 78. o.] határozza meg. Az első a vasúti alágazattal szembeni követelményrendszert törzshálózati és nem törzshálózati vonalakra bontva mutatja be. A budapesti vasúti infrastruktúra stratégia szerinti új elemek a törzshálózat részei lesznek, így most csak azokat a védelmi követelményeket mu-

tatjuk be, amelyek ezekre a vonalakra érvényesek:

- napi 15-30 katonavonat közlekedtetésének lehetősége,
- az ország központi részében hat be- és kirakóállomás üzemeltetése és a nehéztechnikai szállításához megfelelő vasútállomások kijelölése,
- repülőtéri vasúti rakodókapacitás biztosítása napi 6-10 vonat rakodásához,
- a be- és kirakóhelyeken megfelelő rakodókapacitás biztosítása,
- állomásépületek katonai célú igénybevehetőségének biztosítása (ivóvízhasználattal együtt),
- közúti átjárók nagy teherbírásra való kiépítése,
- szabványos, a NATO követelményeknek is megfelelő ürszervények kialakítása a vasútvonalak teljes hosszában,
- vasúti helyreállítóképesség fenntartása az infrastruktúra sérüléseinek felszámolására.

A hivatkozott írásokban Szászi G. ezeket a követelményeket az alábbiakkal egészíti ki:

- az irányítási információs rendszer biztonságának növelése,
- a túlélőképességet növelő műszaki megoldások alkalmazása (elsősorban a műtárgyak esetében van jelentősége),
- a helyettesíthetőség feltételeinek a megteremtése:
 - o más alágazatra történő áttérelés,
 - o alternatív útvonalak biztosítása,
 - o mobil hídszerkezetek rendszerbe állítása, az üzemeltetésükhöz szükséges humán erőforrás békeidőszakban történő felkészítése.

A fenti védelmi követelményeket érdemes megvizsgálni vasútüzemi (forgalmi és kereskedelmi) szempontból. A vasúti közlekedés európai szintű szétválasztása infrastruktúra-kezelőkre és vasútállomásokra magával hozta a nyereségorientáltságot. Mindez igaz a pályavasúti és a vasútállomási oldalra egyaránt. A pályahasználati díjak bevezetése arra ösztönözte az infrastruktúra kezelőit, hogy a lehető legkevesebb költség mellett a maximális bevételt szedjék be a vasúti pályát igénybe vevő vasútállomásoktól. A személyszállítási piac ugyan még nem nyitott Magyarországon, de várhatóan a közeljövőben azzá válik. Így a profitorientáltság ebben a szektorban is hamarosan megjelenik. Mindez a vasúti piac szereplői részéről a fokozottan felelős gazdálkodás időszakát hozta, illetve hozza el. Mit jelent ez? Elsősorban a vállalatok erőforrásainak optimális felhasználását. Minden cég elemi érdeke versenyképességének megőrzése, mert a piacgazdaságban csak így lehet hosszútávon érvényesülni. A vasúti pályák, mint erőforrások és kapacitások terén az infrastruktúra-kezelők számára az egyik legfontosabb kérdés az élők munkája kiváltása. Az informatika vasúti alkalmazásának rohamos terjedése egyre kevesebb munkavállaló jelenlétét teszi szükségessé. Ez azt jelenti, hogy a vasútállomások egyre inkább személyzet nélkülivé válnak. A forgalom lebonyolítása távolról, egy irányítóközpontból történik. A [10]-ben megfogalmazott követelmények egyik legfőbb terepe tehát a vasúti informatika világa, ahol az adatvédelem kiemelt jelentőségű. A témával bővebben a [11] foglalkozik.

A hivatkozott példa alapján az állomásépületek feleslegessé válnak, fenntartásuk költséges, ami arra ösztönzi a pályavasutakat, hogy költségmegtakarítás címén elbontsák azokat, amelyek ezt követően, értelemszerűen a különleges jogrendi időszakban már katonai célra sem lehet igénybe venni. Ebből a példából is látszik, hogy a védelmi érdek és a versenyképességi érdek egymással ellentétben állhat, ezért alaposan meg kell fontolni milyen védelmi követelményeket fogalmazunk meg. A jelenleg érvényes honvédelmi törvény is kimondja, hogy „A honvédelmi kötelezettségek teljesítése az érintettek számára békében nem okozhat aránytalan megterhelést vagy hátrányt” [12]. Nem várható el a vasúti szektor szereplőitől, hogy számukra felesleges kapacitásokat tartsanak fenn. Mindezek jelzik, hogy amennyiben ez a cél, akkor ennek anyagi forrásait részükre biztosítani kell.

Ugyancsak kiemelt jelentőségű a védelmi érdekek megjelenése már a közlekedési beruházások stratégiaalkotási szintjén is.

3. AZ AGGLOMERÁCIÓS VASÚTI STRATÉGIA ÁLTAL JAVASOLT ÚJ INFRASTRUKTÚRA-ELEMEK

A „Bevezetésben” említett szűkös fővárosi vasúti áteresztőképesség emelése érdekében készült el 2019-2020-ban a Budapesti Agglomerációs Vasúti Stratégia (BAVS) [13]. A Stratégia készítésének célja egy olyan vasúti közlekedési koncepció kidolgozása, ami megfelel Európa, Magyarország és Budapest vasútfejlesztési és üzemeltetési célkitűzéseinek. Egyik legfontosabb feladata, hogy választ adjon a fővárosi vasúti áteresztőképesség szűk keresztmetszetének feloldására. Ez gyakorlatban a Duna átjárhatóságának növelését jelenti, de emellett hasonlóan fontos feladat az elővárosi vasútvonalak teljesítőképességének növelése, illetve a Liszt Ferenc repülőtér vasúti elérésének kialakítása is. E célok elérésére ad a dokumentum stratégiai szintű javaslatokat. A javasolt új vasúthálózati elemeket a katonai és kritikus infrastruktúravédelmi szempontok alapján vizsgáljuk. A stratégiai szint nem fogalmaz meg javaslatokat az elvégzendő feladatok prioritását illetően, illetve nem garan-

tálható valamennyi elem megépülése, ezért a vizsgálatot az összes javasolt elemre elvégezzük.

3.1. A Déli vasúti összekötő híd kapacitásbővítése

Budapesten a Dunán két vasúti híd ível át. A Déli (2. ábra) és az Újpesti összekötő hidak. Ezek közül a Déli összekötő híd bír hálózati jelentőséggel, az Újpesti híd a közelmúltban villamosított Esztergom felőli vasútvonalat vezet át a folyón, hálózati szerepe csekély. A Duna átjárhatóságának növelése tehát a Déli vasúti összekötő híd kapacitásbővítését jelenti. Erre három lehetőség kínálkozik:

- a hídon (a Ferencváros – Kelenföld állomásközben) a követési idő csökkentése,
- a mértékadó térköz foglaltsági idejének csökkentése,
- a hídon átvezető vágányok számának növelése.

Az első két lehetőség összefügg egymással, mert a követési időt meghatározza az, hogy mekkora a mértékadó térköz foglaltsági ideje. Ugyanakkor a pálya és a környezet kiépítése olyan, hogy nehezen emelhető fel a sebesség a jelenlegi 80 km/h-ról, így a követési idő és a foglaltsági idők csökkenésével nem

lehet számolni. A jelenlegi vasúti szabályok (bővebb levezetés nélkül) 5 perces követést tesznek lehetővé.

A harmadik megoldás a híd bővítése egy harmadik vágány építésével lehetséges az északi oldalon a jelenlegi vágányok és a Rákóczi-híd között. A beruházás jelenleg is zajlik.

3.2. A Duna keresztezése alagút létesítésével

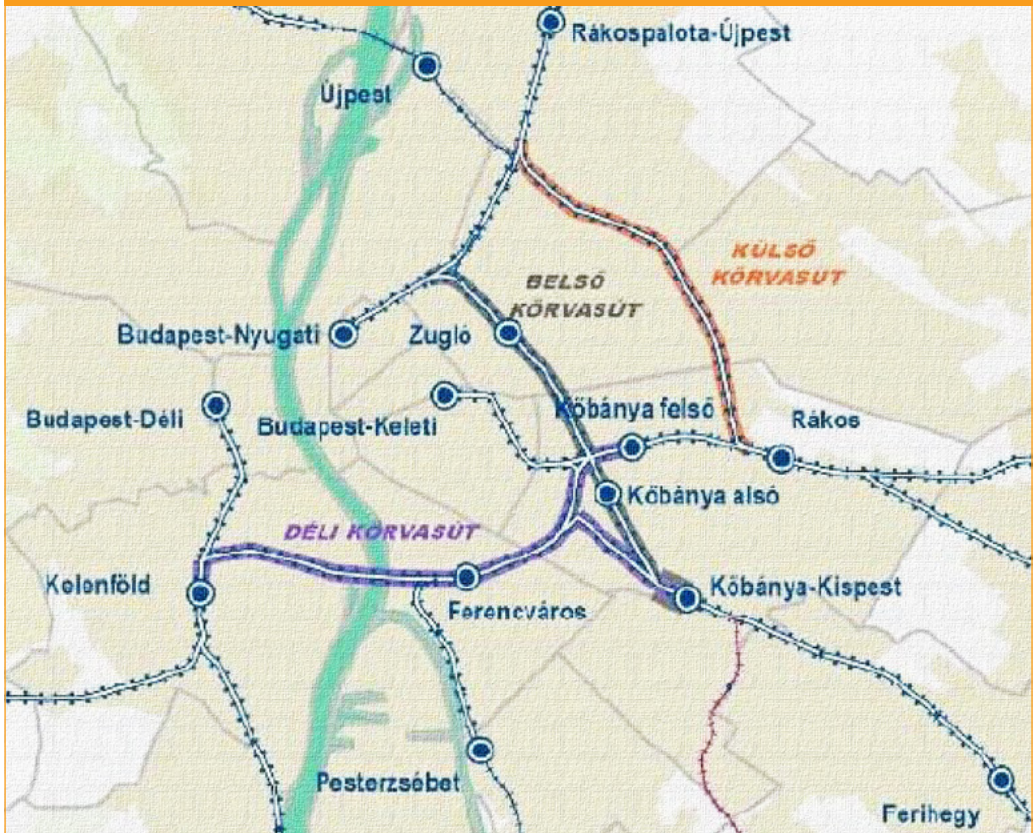
A Déli vasúti összekötő híd alapvetően a kelet-nyugati irányú átjárhatóságot biztosítja, de alkalmas a délnyugat – északi irány átvezetésére is. Ennek realizálásához szükséges igénybe venni a külső körvasutat is Kőbánya felső és Rákospalota-Újpest állomások között (3. ábra). Az átkelés így jelentős kerülővel jár, személyszállításra csak korlátozottan használható, mert elkerüli a belvárost.

Ezen utasforgalmi igények kielégítésére fogalmazódott meg a Duna keresztezése a folyó alatt vezetett vasúti pályával. Az egyik első ilyen tárgyú tanulmányt 1939-ben publikálta [16], és a koncepció azóta sem változott. A vasúti alagút a budai és a pesti oldalon fekvő vasútvonalakat kötné össze. A nyomvonalra már több változat készült, az egyik lehetséges változatot mutatja a 4. ábra.

2. ábra: Déli vasúti összekötő híd (forrás: https://www.wikiwand.com/hu/%C3%96sszek%C3%B6t%C5%91_vas%C3%BAti_h%C3%ADd)



3. ábra: A budapesti körvasút elemei (forrás: [14], 5. o.)



A legfontosabb azon közlekedési igény kielégítése, hogy az alagútból lehetőleg minden irányba vezessen vágány a pesti oldalra: elérhető legyen a 70. és a 100. sz. vasútvonal is. Az alagútban két vasútállomás létesítése van tervben (Széll Kálmán tér–Déli pályaudvar, Nyugati pályaudvar). Az alagút terveit a FÖMTERV Zrt. mutatta be 2021-ben [17].

3.3. A teherforgalom leválasztása a V0 vasútvonallal

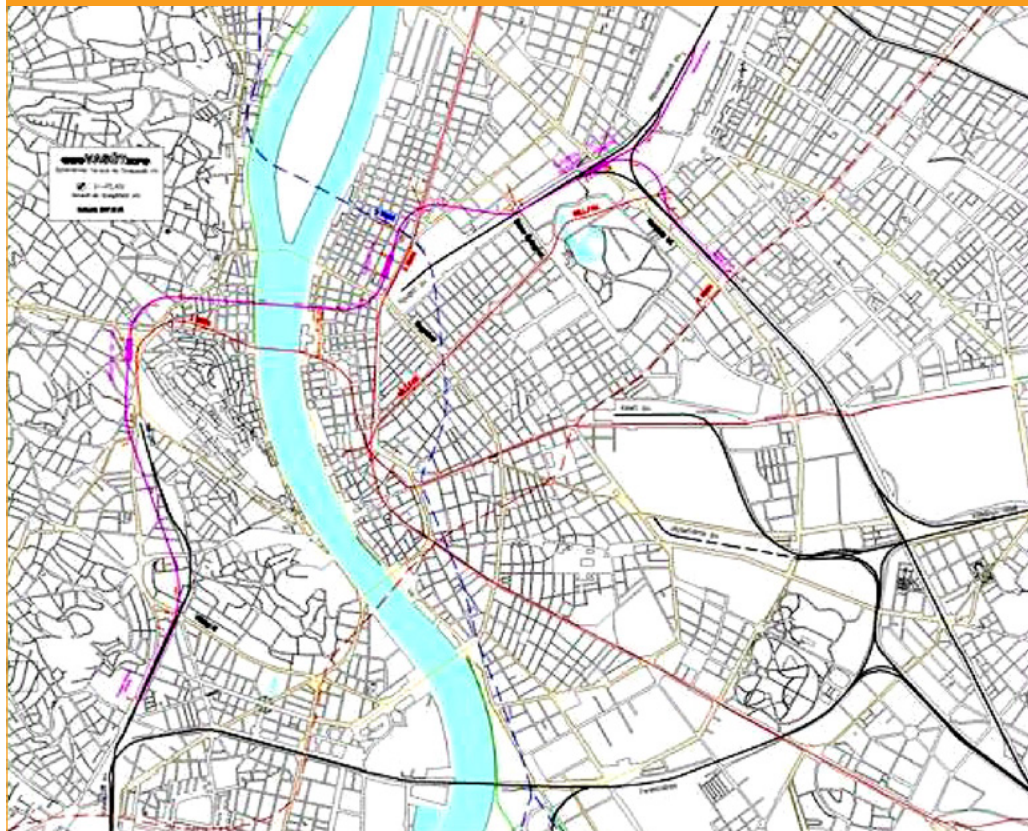
A Budapestet elkerülő V0 vasútvonal vizsgálata az országos vasúti árufuvarozási koncepció kidolgozásának része. A V0 vonal mellett szóló egyik legfőbb érv, hogy az átmenő vasúti teherforgalom ne terhelje a városi vasútvonalakat és az amúgy is szűkös kapacitásokkal rendelkező Déli összekötő

hidat. A vasútvonal délről kerülne el Budapestet, ezért szükséges új vasúti híd létesítése a Dunán. A vonal személyszállítási szempontból nem releváns, annak mentén valós személyszállítási igény nem indukálódik, így csak tehervonatok számára használható. A vasútvonal a tervek szerint kétvágányú, villamosított, 160 km/h sebességre alkalmas pálya lenne. Az eredeti tervek lehetséges alternatíváiként a vonal kiváltására alkalmas barnamezős beruházási lehetőségeket vizsgálta meg [18].

3.4. Az M5 metró alapjai a H6 és H7 HÉV vonalak Belvárosba vezetésével

A budapesti HÉV vonalak közül a H6 és H7 vonalak nem rendelkeznek közvetlen metró kapcsolattal, így az ezekkel utazók számára a

4. ábra: A Duna alatti vasúti alagút egy lehetséges nyomvonala (forrás: [16])



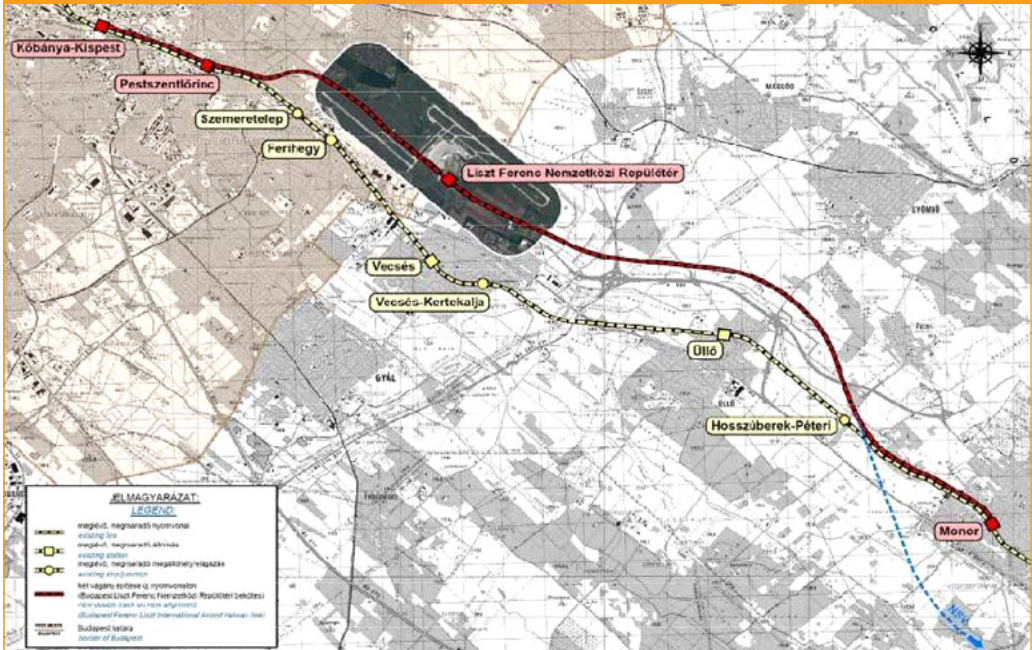
belváros elérése a felszíni közösségi közlekedés igénybevételének szükségessége miatt hosszabb időt vesz igénybe.

A szükséges kapcsolat létrehozása céljából alakítanának ki egy földalatti szakaszt, amellyel elérnék a Kálvin teret (egyes tervek szerint az Astoria állomást). A két HÉV vonal találkozása után közösen haladna az alagútban a belvárosba. A legújabb tervek szerint ugyanezen a pályán vezetnék a 150. sz. vonal vonatait is, így egy közös nagyvasúti-HÉV végállomás létesülne belvárosi metrócsatlakozással. A tervek szerint ezt kötnék össze a H5 HÉV Batthyány téri állomásával és jönne létre az M5 metró. Hasonló javaslatot tesz Tumik P. e folyóiratban 2021-ben megjelent szakkikében [19; 40. o.].

3.5. A Liszt Ferenc repülőtér integrálása a vasúti közlekedésbe

Nem lehet budapesti vasúti stratégiát készíteni a Liszt Ferenc repülőtér vasúti csatlakozási javaslata nélkül. A kérdés régóta napirenden van, mert a repülőtér utasforgalmi előrejelzései indokolják a vasúti kapcsolatot. A legutóbbi tervek nem repülőtéri gyorsvasutat tartalmaznak, hanem a 100. sz. vonalból kiágazó és oda visszatérő kétvágányú villamosított vonalat [20], így minden, arra közlekedő személyszállító vonat megállhat a repülőtérnél, közvetlen kapcsolatot adva a Nyugati pályaudvarra és a belváros elérésére (5. ábra), illetve lehetővé válna az elővárosi forgalom fejlesztése Monor és Budapest között. A pálya része lenne a magyarországi nagysebességű vasúti hálózatnak.

5. ábra: A Liszt Ferenc repülőtér tervezett vasúti kapcsolata (forrás: [20])



A repülőtér szükséges tehervonati kiszolgálása ma is megoldott a 100 sz. vonalból Szemeretelepnél kiágazó iparvágányokon keresztül.

4. AZ ÚJ ELEMELK HELYE A KRITIKUS VASÚTI INFRASTRUKTÚRA RENDSZERÉBEN

Az új infrastruktúra-elemek helyének meghatározásához először szükséges definiálni a kritikus infrastruktúrát. „Szinte valamilyeni állami és közösségi felfogás abból indul ki, hogy a kritikus infrastruktúrák közé azokat az elemeket és alrendszereket lehet besorolni, amelyeknek valamilyen rendkívüli eseményhez kapcsolható kiesése emberi életet elvesztésével járhat, gazdasági hátrányokat és anyagi károkat okozhat, valamint fennakadásokat a társadalom mindennapjaiban és a közigazgatásban” [21].

A kritikus közlekedési infrastruktúra-elemek azonosításánál célszerű a technológiai-technikai és földrajzi tényezőkből kiindulni

[22; 32. o]. A technológiai-technikai vizsgálat választ adhat a vasúti pályák és létesítmények (műszaki) állapotából, korából fakadó teljesítőképességi korlátokra, az esetlegesen bekövetkező rendkívüli események helyére. A földrajzi tényezőket kétféle bontva vizsgálhatjuk. A természetföldrajzi szempontok alapján meghatározhatók, hogy egy adott területen milyen természeti kockázati tényezőkkel kell számolni (például Duna alatti alagút esetén), illetve leszűkítheti a természeti kockázati tényezők körét, és választ adhat az esetleges rendkívüli események bekövetkezésének térbeni és időbeni kiterjedésére. A társadalom- és közlekedésföldrajzi tényezők számbavétele komoly segítséget nyújt a közlekedési szektor horizontális és ágazati kritériumainak meghatározásában a kritikus infrastruktúrák kijelölésekor. Az ágazati kritériumokat a 161/2019 sz. Kormányrendelet tartalmazza [23].

Ezen kritériumok alapján a [4] azonosította a jelenkori vasúti infrastruktúra létfontosságú rendszerelemét. Európai kritikus infrastruktúra elemként jelölték a Ferencváros

– Budapest-Kelenföld állomásközt, amelynek stratégiai szerepe a Déli összekötő híd kapacitásnövelésével tovább fokozódik. A jogszabály kimondja, hogy a felszín alatti vonalak nemzeti létfontosságú infrastruktúraelemnek minősülnek, így a Duna és a repülőtér alatti alagutak is azok lesznek. Ugyancsak kritikus infrastruktúráként azonosítható(k) a Budapestet elkerülő vasútvonal dunai átkelése(i), illetve hálózati szerepéből adódóan az új központi rendezőpályaudvar.

A Budapesten tervezett új vasúthálózati elemek fontos szerepet tölthetnek be az ország és a főváros életében, segítve gazdasági fejlődését és mobilitását. Az új alagút nyújtotta előnyök rengeteg új vasúti utazást generálhatnak, az igénybevevők száma várhatóan jelentős lesz. A V0 a transzeurópai áruszállítási folyosók részeként üzemelhet a jövőben, így az európai gazdasági életben betöltött szerepe kiemelt lesz. Az utóbbi időben folyamatosan emelkedett, de a járványhelyzet miatt visszaesett, viszont várhatóan újra növekedésnek induló légitranszport vasúti kiszolgálása ma már minden nagyobb repülőtér „tartozéka”, ez alól Budapest sem lehet kivétel. Mindezek miatt az új infrastruktúra-elemek mind technológiai-technikai, mind pedig természetföldrajzi és társadalmi szempontból is a kritikus infrastruktúra-elemek közé sorolhatók. Gazdasági szempontból az új elemeknek ugyancsak helye van a kritikus vasúti infrastruktúra rendszerében, mert:

- bármelyik beruházás valósul meg, a költségek nagyok és az utasok (személyvonatok), valamint tehervonatok száma jelentős,
- bármelyik elem kiesése vagy megsemmisülése jelentős anyagi károkat és gazdasági, társadalmi fennakadásokat okozhat az ország életében.

5. A TERVEZETT ÚJ VASÚTHÁLÓZATI ELEMELMEK VÉDELMI KÖVETELMÉNYEKNEK VALÓ MEGFELELÉSE

A jelenkori terrorizmus egyik leghatásosabb fegyvere a nagy tömegeket vonzó helyeken történő, lehetőleg nagy áldozatszámú járó

akciók végrehajtása. A városok belterületén vezető vasútvonalak és a városi vasútállomások megfelelnek ezeknek a feltételeknek. A jelentős számú utas ellen akár a vonatokon, akár az állomásokon elkövetett terroristámadások már elérhetik azt az áldozatszámot, amely miatt a terrorszervezetek „sikernek” ítélik az akciókat.

A 2009-es tanulmány kifejti [24; 181. o.], hogy a személy- és áruforgalom terrorfenyegetettségének vizsgálata során megállapítható az a tény, miszerint a közösségi közlekedés biztonsági kockázata jelentősen nagyobb az áruszállításénál. A tehervonatok elleni akciók kockázata a veszélyes árut szállító vonatok esetében jelentősebb, ezért ezeket a vonatokat csak elkerülhetetlen esetben közlekedtetik a zsúfolt városi vasúti hálózaton. Magyarországon az ilyen, különösen veszélyes árut szállító vonatok el is kerülnek Budapestet. Ránézésre elég nehéz megállapítani, hogy melyik tehervonat szállít veszélyes árut, ezért az ilyen vonatok elleni akciók sokkal mélyebb előkészületeket igényelnek [25; 376, 383. o.].

A vasútállomások ellen elkövetett terrorcselekmények is megfelelő „eredményt” hozhatnak. Ma már a nagyvárosi főbb vasútállomások közösségi térként is működnek, nem csak a vasúti utazások kezdő- és végállomásai. A szinte állandó tömeg jelenléte biztosítja az elkövetők észrevétlenségét, az akciók helyszínének rejtett megközelítését, a cselekmény végrehajtása után az elrejtőzést és a helyszín észrevétlen elhagyását.

Fentiek miatt szükséges az egyes kiemelt vasúti vonalszakaszok, állomások, létesítmények védelme. A védelmi feladatok sorában első helyen szerepel az infrastruktúra-elemek védelme terrorcselekményekkel szemben. Ennek lehetséges megoldásait mutatjuk be, valamint vizsgáljuk a tervezett új hálózati elemek esetében a védelmi követelmények teljesülését.

5.1. A Duna-alagút és a HÉV alagút

Az alagútban végrehajtott sikeres terrorakció nem csak emberéletekben tehet kárt, hanem jelentős anyagi kárral járhat magának

a műtárgynak a sérülése is, nem beszélve az akár több hetes kiesés okozta gazdasági károkról.

A metróval ellentétben az alagutak bejárata szabad, mert a vasúti pálya a nyíltvonalban folytatódik, így az alagútba elvileg bárki bemehet. A legfontosabb védendő pontok tehát az alagutak bejáratai. Erre a következő megoldások kínálóknak:

- a) távirányítású kapuk, amelyek csak a vonatok közlekedésekor vannak nyitva,
 - b) kamerás megfigyelőrendszer,
 - c) fegyveres őrség,
 - d) hőkamera.
- a) A távirányítású kapuk elvileg védenek az idegen behatolóktól, ugyanakkor várhatóan mind a Duna-alagútban, mind pedig a HÉV alagútban olyan sűrű vonatkövetés terveznek, hogy a kapuknak szinte folyamatosan nyitva kellene lenniük. A vonatok közlekedése idején van lehetőség az alagútba történő behatolásra. Mindezek fényében felszerelésük nem jelent megfelelő védelmet. Éjszakai üzemszünet esetén azonban hasznosak lehetnek.
- b) A kamerás megfigyelőrendszer akkor hatásos, ha minden pillanatban van olyan személy, aki a bejáratokat megfigyeli, és szükség esetén riaszthatja a védelmi személyzetet. A rögzített videómegfigyelés nem elég visszatartó hatása a terroristák számára, mert egy öngyilkos merénylőt ez nem fogja eltántorítani eltökélt szándékától, másrészt ezzel fizikailag nem lehet terrortámadásokat megakadályozni. Csak minimális visszatartó ereje van.
- c) A fegyveres őrség az a védelmi lehetőség, ami képes lehet tervezett terrorcselekményeket megakadályozni, miután fizikailag jelen van az alagutak bejáratánál. Lehetőséges az ártó szándékú emberek bejutását megakadályozni és a fegyverhasználat lehetőségé miatti kellő visszatartó erővel is rendelkezni. Amennyiben biztosítani tudjuk a bejáratnál az állandó jelenlétet, az őrhely elhagyása nem szükséges (nem szükséges járó-útvonal meghatározása), legfeljebb

a bejárat előterének ellenőrzése a feladat. Természetesen ez jelentős humánerőforrás igényrel jár, amit általában nem támogatnak a vasúti infrastruktúra üzemeltetői, gondoljunk csak a vasúti hídország leépítésének folyamatára!

- d) Ugyancsak védelmi lehetőségként használható az alagutak bejáratánál elhelyezett hőkamera is, ami érzékeli az emberek jelenlétét és erről riasztást küld a felügyeleti helyre.

A biztos megoldást mind a négy lehetőség egyidejű alkalmazása jelentheti. Éjszakai üzemszünet esetén a kapuk zárása után nem szükséges a fegyveres őr jelenléte, ekkor az éjjellátó és a hőkamerák dolgoznak és a fizikai védelmet a bezárt ajtó jelenti. Természetesen minden új rendszer megalkotása előtt megfelelő kockázatelemzés szükséges annak eldöntésére, hogy melyik lehetőséget válasszuk vagy melyek kombinációját.

Külön kell szólni az alagutak és állomások szellőzőrendszereinek védelméről. Az ezeken keresztül az alagutakba engedett mérges gázok totális katasztrófákhoz vezethetnek. Feltételezhetően az alagutakban közlekedő vonatokat és állomásokat jelentős számú utas használja majd, így egy ellenük tervezett ideggáztámadás „megfelelő eredményt” érhet el. Ezen rendszer terrortámadások elleni védelmekettős feladat ellátását jelenti.

Egyrészt a szellőzőberendezést kell olyan szűrővel felszerelni, amely képes a vegyi szennyeződések kiszűrné (például gázsűrő) és az alagutakba, földalatti állomásokra csak megtisztított levegőt juttatni. A berendezéseket nagy teljesítményű dízelmotorok működtetik. A budapesti metróvonalak szellőzőrendszerre már így épült ki [26; 200. o.]. Az újonnan létesítendő alagutak esetében is ez a módszer javasolható.

Másodsorban a szellőzőberendezések védelme is szükséges, hogy illetéktelenek ne tudják azokat megközelíteni és észrevétlenül vegyi anyagot juttatni a rendszerbe. A megközelítés megakadályozása történhet a szellőzőberendezés

6. ábra: A budapesti metró egyik szellőzőberendezése, mint köztéri „szobor” (forrás: https://index.hu/belfold/2016/09/27/goncz_arpad_felkerult_a_terkepre_buszpalyaudvar_lett_részlet)



elrejtésével, esetlegesen növényzet vagy egyéb utcabútorok kihelyezésével, illetve a berendezés megfelelő kiépítésével (6. ábra). Amennyiben a megközelítést így nem sikerül megakadályozni, akkor mindenképpen javasolható kerítéssel körbevenni és videós megfigyelőrendszert telepíteni.

A védelmi követelményeket illetően, miután alagutakról van szó, elsőként merül fel az úrszelvény kérdése. Hegybe vagy régen épített alagutak esetén lehet ez kérdéses, a mai építési technikával készített mesterséges alagutak esetében azonban a szabványos úrszelvény biztosítható. Védelmi követelményként megjelenik a NATO standardnak megfelelő rakszelvény kialakításának szükségessége. Miután mind a két alagút mesterséges, így ez a követelmény teljesíthető. A Duna alatti alagút esetén mindenképpen, a HÉV alagút esetén esetlegesen merül fel a kérdés, hogy azokban tehervonatok közlekednek-e? Ennek előzetes eldöntése azért nagyon fontos, mert a tehervonatoknál

nagyobb tömeg miatt nem alkalmazható olyan mértékű emelkedő, mint a személyvonatok esetében, így a ki- és bejáratok kialakítása teljesen más vegyes üzem esetén, mint csak személyvonati üzemre tervezett pályán. Ez természetesen jelentős költség és helyigény befolyásoló tényező, de ismét szeretnénk felhívni a figyelmet a beruházási költségek és az ezek elmaradása miatt felmerülő többletköltségek egymáshoz való viszonyára.

Ugyancsak fontos kérdés az alagutakban közlekedő vonatok mennyiségének optimális meghatározása. Az magától értetődő, hogy az alagutak építési költségei nagyok, ezért maximális számú vonatnak kell azokban közlekedni, hogy a költségek (valamilyen szinten) megtérüljenek. Ugyanakkor nem szabad a kapacitáskihasználtságot magasan tartani, mert egy jelentősebb zavar esetén a közlekedés nem lesz lebonyolítható. Nemzetközi előírások határozzák meg a vasúti infrastruktúra-elemek maximális kihasználhatóságát, amelyek ele-

gendő tartalékot biztosítanak a rendkívüli események bekövetkezése esetén fellépő kapacitásszűkülések esetére [26].

Az alagutakban nem épül vasúti átjáró, így ezzel a követelménnyel jelen esetben nem szükség foglalkozni.

5.2. A föld alatti állomás

A fejezet elején vázolt vasútállomási kockázat itt is megjelenik, sőt fokozódik azzal, hogy a vasútállomás egyes részein szűkebbek a terek, így a detonáció nagyobb hatást is elérhet. A vasútállomás (és ebből a szempontból az esetleges megállóhelyek is) az alagútba való illetéktelen bejutás másik lehetséges helyszíne, ez mindenképp megakadályozandó.

Az esetleges akciók elkövetői bejutásának megakadályozását már a felszínen el kell kezdeni. Erre szolgálhatnak a beléptető kapuk [21; 61-62. o.]. A földalatti állomás peronjain mindenféleképpen szükséges biztosítani a kamerás megfigyelést arc- és fegyverfelismerő rendszerrel [28].

A nemzetközi helyzet függvényében lehet fegyveres jelenlét is, de állandó őrség nem szükséges csak biztonsági személyzet, akik jelzés esetén képesek a gyors reakcióra, de nem szükséges a peronokon tartózkodniuk.

Egyes esetekben a forgalmi személyzet reakciója lehet a gyorsabb, amely például a vonatok áthaladtatásával megakadályozhatja a merénylő feljutását a vonatra. Addigra már a biztonsági személyzet is odaérhet.

A jelenlévő tömeg miatt kulcskérdés a merénylő ártalmatlanná tételének módja. Egy esetlegesen elsülő fegyver hangja miatt kialakuló pánikban sok személyi sérülés történhet, nem beszélve arról, hogy az esetleges tülekedésben valakit a vasúti pályára löknek, és az érkező vonat elűtheti. Az ilyen akciók csakis összehangoltan, a biztonsági és a forgalmi személyzet szoros együttműködésében valósulhatnak meg.

Az állomás szellőzőrendszerének védelmére az alagutak elemzésénél már utaltunk.

A föld alatti állomáson már nem épül új állomásépület, így itt nem beszélhetünk katonai igénybevételről. Ugyanakkor az utasforgalom a belváros miatt jelentős lesz, ami indokoltá teheti az állandó rendészeti állomány jelenlétét. Így mindenképpen javasolható megfelelő helyiség kialakítása akkora méretben, amely alkalmassá teszi azt katonai célok igénybevételére is.

Miután a Duna-alagútban elsősorban személyvonatok fognak közlekedni, ezért az állomás is csak személypályaudvarként üzemel. A jelentős költségek és a helyigény miatt nem épül teherforgalmi létesítmény. Így amennyiben mindenképp szükséges, a rakodásokat a személyforgalmi vágányokon, az utasperonokról kell elvégezni. Megítélésünk szerint azonban kerülni kell az áruforgalmi rakodásokat a föld alatti állomáson. Amennyiben személyek evakuálása szükséges, az megoldható személykocsikkal is, amelyekbe azért bizonyos eszközök berakhatók.

A szabványos úrszelvény a peronos vágányok mellett az sk+55-ös kialakítás miatt nem teljes mértékben biztosítható. Biztonsági megfontolások alapján javasolható egy peron nélküli, úgynevezett áthaladó vágány kialakítása, amelynél biztosítható a szabványos ür- és rakszelvény. Ez a megoldás nem jelent jelentősen nagyobb költségigényt.

5.3. A V0 vasútvonal

A V0 vasútvonal teherszállító útvonal, így kiemelt védelme nem szükséges. Fontos lehet azonban a Duna-hidak, illetve a közúti keresztezések megfelelő védelme. A főváros megóvása miatt nem lenne szerencsés egy közvetlen közelben bekövetkezett, vegyi anyagot szállító vonattal történt (szándékos) baleset.

Mind a Duna-hidak, mind a közúti keresztezések védelme megoldható kamerás megfigyelőrendszerrel. A tehervonatok sebessége nagyon kevés esetben éri el a 120 km/h-t, így egy kamerán észlelt rendellenesség esetén a vonat még időben megállítható.

A vasúti biztosítóberendezés kialakítása olyan, hogy ha a sorompó nem záródik megfe-

lelően, akkor azt jelzi a vasúti személyzet felé, aki meg tudja tenni a szükséges intézkedéseket. A sorompóval szerkezeti függésbe hozott jelzők a nem megfelelő záródás esetén nem állíthatók (nem állnak) továbbhaladást engedélyező állásba.

A megfelelő védelem elérése érdekében valamennyi úttájróban javasolható mindkét útpályát mindkét oldalon elzáró csapórudas sorompó a vasúti pálya fizikai védelme érdekében (különszintű keresztezés csak 160 km/h sebesség felett kötelező).

A V0 vasútvonal kapcsán valamennyi kritériumnak való megfelelést vizsgálni kell. Miután a vonal dedikáltan a teherforgalom részére épül, vizsgálni kell a két vágány szükségességét a teljes vonalon. A villamos vontatás, a 225 kN tengelyterhelés kiépítése már magától értetődő, a tervezett 160 km/h vonali sebesség már nem annyira, így a vonal képes lesz a Budapesten áthaladó teherforgalom jelentős részét levezetni. A személyforgalom nélküli pálya kapacitása így probléma nélkül biztosítja a szükséges katonavonatok közlekedését is.

Amennyiben a vonal egyvágányúként épül meg, akkor szükség lesz keresztezési helyekre, ahol a szembe közlekedő tehervonatok kikerülhetnek egymást. Ezek a szolgálati helyek állomásként funkcionálnak, ugyanakkor csak forgalomszabályozó szerepük van, kereskedelmi funkciójuk nincs. Ez azt jelenti, hogy alapesetben nem épülne semmilyen áruforgalmi létesítmény (például rakodó). Kétvágányú pálya esetén a kapacitásszűkülések elkerülése érdekében szükség lesz a vágányok közötti átjárhatóság biztosítására. Ez forgalmi kitérők alkalmazásával oldható meg, amely csak az átjárást biztosítja, egyéb állomási funkcióval nem rendelkezik. Megfontolásra javasoljuk annak megvizsgálását, hogy az elfogadott nyomvonalon van-e olyan hely, ahol katonai szempontból szükség lehet rakodási lehetőség kialakítására. Ezt egyeztetni kell a tervezett forgalmi igényekkel, hogy adott állomás vagy forgalmi kitérő (amely ebben az esetben már állomás lenne) egyszerre keresztezési és rakodási helyként

is funkcionálhasson. Ezek az állomások már szintén távkezelték lesznek, így állomásépület sem valószínű, hogy épül.

A V0 vasútvonal újonnan megépítendő pályarészein nagy valószínűséggel szükséges lesz közúti keresztezés kiépítése is. A vasúti átjárók átépítésekor már rugalmas, nagy teherbíró képességű elemek kerülnek beépítésre, amelyek már szavatolják az átjárók zavartalan használhatóságát. A tervezett pályán alagút nem épülne, így a szabványos úrszelvény a pálya teljes hosszában, még az új Duna-hidakon is biztosítható.

Amennyiben a V0 vasútvonal megépül, alapvetően eldöntendő kérdés, hogy mi lesz Ferencváros rendezőpályaudvar további szerepe. Az új vasútvonal megépülésével célszerűnek látszik a központi rendezési tevékenység kivitele a városból, például a V0 mentén egy új rendezőpályaudvar építésével, vagy az elkerülő vasútvonal valamely végén megteremteni ennek a lehetőségét (Székesfehérvár térségében Börgöndnél vagy Szolnokon). Ezek a megoldások mindenképpen azt eredményeznék, hogy megszűnne az egyik budapesti nagy kapacitású rakodóhely, bár a szakemberek csak a rendezési tevékenységet telepítenék ki, és bizonyos áruforgalmi tevékenységeket meghagynának Ferencvárosban. Ha Ferencváros árufuvarozási szerepe minimalizálódik, akkor meg kell keresni azt a budapesti vasútállomást, amely rendelkezik megfelelő rakodási kapacitással a katonai szállítási feladatok elvégzéséhez.

5.4. A budapesti vasúti Duna-hidak

Budapesten két vasúti hídon lehet keresztezni a Dunát. Az Újpesti-híd regionális szerepet tölt be, csak a Budapest és Esztergom között közlekedő személyvonatok, valamint néhány tehervonat használja naponta. A Déli vasúti összekötő híd viszont a legjelentősebb dunai keresztezés, stratégiai fontosságú híd.

Az északi híd jelentősége a villamosítással nőtt ugyan, de nem igényel külön védelmet. Kiesése esetén megoldandó a személyvonatok forgalma a H5-ös hévig Kaszásdűlő megálló-

helyen történő átszállással. Az utasok többsége rendelkezik helyi bérlettel, így csak eljutási idejük növekszik, költségük jelentősen nem.

A déli híd a kritikus vasúti infrastruktúra része, jelenleg is fegyveres őrzés alatt áll. A híd kiesése rendkívül megnehezítené a kelet – nyugati vasúti kapcsolatokat, ami kihatna az egész ország életére, így védelme teljes mértékben indokolt. A nagy leterheltségű híd kapacitásbővítése már elkezdődött, a harmadik vágány a híd északi oldalán épül meg, csökkentve a távolságot a Rákóczi hídtól. Egy esetleges terrorakció így mindkét hídra egyszerre veszélyes lehet. Éppen ezért javasoljuk a hídórság létszámát növelni, és működési területét kiterjeszteni a Rákóczi-hídra is. Megítélésünk szerint ez a minimum elvárás az infrastruktúra-védelemmel szemben. A megnövelt kapacitású hídon még több vonat fog közlekedni, így a kockázat is nő, nem beszélve a két híd egyszerre történő rombolásával elérhető hatásról.

5.5. A repülőtéri vonal és vasútállomás

A repülőtéri állomás esetében a terrortámadás kockázata magasabb, mert a vasútállomás elleni akció nem csak a vasúti közlekedésben, de a légikikötő forgalmában is jelentős fennakadást okoz, és nagy áldozatszámokkal járhat. Ezért azokon az intézkedéseken túl, amelyek a föld alatti állomás védelmét szolgálják, itt mindenképpen szükségesnek tartjuk az állandó fegyveres jelenlétet.

Ugyancsak indokolt a repülőtér alá befutó vonal védelme. Erre az alagutak védelménél mutattunk be lehetséges megoldásokat.

A vonal jelentős része alagútban futna, szintén föld alatti állomással. A követelmények teljesítése hasonló, mint a Duna alatti vasútvonal és állomás esetében. Ugyanakkor külön követelmény a repülőtéri rakodási kapacitás biztosítása. Miután a Liszt Ferenc repülőtér rendelkezik saját célú vasúti kapcsolattal, ezért ezt a kapacitást ott kell biztosítani. Az új pályának a tervek szerint nem lesz közvetlen kapcsolata a repülőtérrel. Ugyanakkor védelmi szempontból megfontolandó kapcsolat létesítése az új

vonal és a repülőtér között. Ebben az esetben az összekötő vágány védelmének megteremtése szükséges.

6. KONKLÚZIÓ

Budapest új – a Budapesti Agglomerációs Vasúti Stratégiából levezethető – vasúti infrastruktúra-elemeit vizsgáltuk a kritikus vasúti infrastruktúrával szemben támasztott védelmi követelmények teljesülése szempontjából.

A korábban elvégzett elemzések alapján kijelenthető, hogy a jelenleg rendelkezésre álló kapacitások szűkössége miatt elengedhetetlen a budapesti vasúti infrastruktúra fejlesztése. A fejlesztések tervezése elsősorban a közlekedési szükségletek mentén történik, ugyanakkor fontosak a védelmi szempontok is. A jelen és a jövő közlekedési beruházásait már úgy kell megtervezni és megvalósítani, hogy azok megfeleljenek a kor, illetve a jövő biztonsági (közlekedési és védelmi) követelményeinek. A vasúti közlekedés, mint országos jelentőségű kritikus infrastruktúra (létfonosságú közlekedési rendszer), indokolja a védelmi intézkedéseket.

A jelenleg ismert fejlesztési tervek elemzése a védelmi felkészítés tükrében történt. A javaslatok az egyes infrastruktúra-elemek védelmére, az esetleges terrorakciók vagy ártó jellegű cselekmények megelőzhetőségére szolgálnak. Vizsgáltuk, hogy adott infrastruktúra elemnél hogyan érvényesíthetők a védelmi követelmények. A vizsgálat alapján az alábbi kijelentések tehetők:

- a tervezett új infrastruktúra-elemek fontos szerepet fognak betölteni mind a vasúti közlekedésben, mind az ország gazdasági életében, ezért fontos hogy kiesésük elkerülhető legyen.
- az esetleges rombolások megakadályozása vagy azok következményeinek csökkentése érdekében szükséges az elemek védelme,
- a vasúti infrastruktúrákkal szemben támasztott védelmi követelmények sok esetben csak többletberuházásokkal teljesíthetők. Ezen további beruházások

költségét annak kell viselnie, aki előírja (megköveteli) az adott védelmi követelmények teljesülését,

- a költségek csökkenése érdekében a védelmi követelményeket már a beruházások tervezési szintjén figyelembe kell venni,
- a védelmi követelmények teljesítése mellett ugyancsak fontos a vasúti szereplők versenyképességének (megfelelő működés és fejlődés) megőrizhetősége,
- erre tekintettel a védelmi és a gazdasági érdekeket, amennyire csak lehetséges, harmonizálni kell.

Az elemzésben, illetve annak leírásában bemutatottak a Budapestre és környékére tervezett új vasúti infrastruktúra hogyan felelhet meg az ország védelmi követelményeinek oly módon, hogy a vasút működőképessége és fejlődési lehetőségei ne sérüljenek. Ugyanakkor a téma további vizsgálata elengedhetetlen. Most nem foglalkoztunk a védelemgazdaság másik nagy témakörével: a helyettesíthetőséggel. A továbbiakban fontos kérdés lesz annak vizsgálata, hogy az új elemek mennyire képesek helyettesíteni a jelenlegi infrastruktúrát, illetve fordítva: a jelenlegi elemek képesek lesznek-e az új vonalhálózati elemek pótlására. A tárgykörben készült elemzés 2022-ben [29].

Az ismertetett javaslatok jelentős mértékben hozzájárulhatnak ahhoz, hogy az újonnan épülő, illetve bővülő budapesti vasúti infrastruktúra betölthesse lényegi szerepét: elősegítse mind a vasúti közlekedés, mind a főváros és az ott élők körülményeit, egyben szolgálva az egész ország fejlődését, és megfelelően hozzájáruljon az ország védelmi felkészítéséhez is.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Jelen publikáció az Innovációs és Technológiai Minisztérium Kooperatív Doktori Program Doktori Hallgatói Ösztöndíj Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Szászi Gábor: A „Közlekedés Operatív Program” és annak védelmi aspektusai II. rész; *Katonai Logisztika*, XV. évf. 2007/4. sz. pp. 115-138, ISSN 1588-4228
- [2] Szászi Gábor: A vasúti közlekedési rendszer jövője az ország védelmi felkészítési rendszerében; In: *Logisztikai Évkönyv 2014*, pp. 189-195, Magyar Logisztikai Egyesület, Budapest, 2014, ISSN 1218-3849
- [3] Magyar Honvédség Közlekedési Támogatás Doktrína; Magyar Honvédség Közlekedési Főnökség, Budapest, 2005, MH DSZOFT kód: 11421
- [4] Horváth Attila – Lévai Zsolt: A magyarországi vasúthálózat létfontosságú elemeinek azonosítása; In: Földi László (szerk.): *Szemlények a katonai műszaki tudományok eredményeiből I.*, Ludovika Egyetemi Kiadó, 2021, pp. 131-146.
- [5] Duchaj István: A katonai közlekedési rendszer felkészítéséről; *Hadtudomány – A Magyar Hadtudományi Társaság Folyóirata*, VII. évf. 1997/ 2. szám. pp.114-120, ISSN 1215-4121
- [6] Horváth Attila: Közlekedési hálózat és az ország védelmi képesség kapcsolata (védelmi követelmények a közlekedés-fejlesztésben); www.biztonsagpolitika.hu, 2009, http://old.biztonsagpolitika.hu/documents/1277414270_horvath_attila_kozlekedesi_halozat_es_az_oroszag_vedelem_kepesseg_kapcsolata_-_biztonsagpolitika.hu.pdf, letöltve: 2018. 12. 29.
- [7] Lévai Zsolt: Vasút és terrorizmus – „puha” célpontok a terroristák célkeresztjében; *Katonai logisztika*, XVII. évf. 2019/4. szám, pp. 86-113, DOI: <https://doi.org/h3mq>, ISSN 1789-6398
- [8] Horváth Attila: Hogyan értessük meg a kritikus infrastruktúra komplex értelmezésének szükségességét és védelmének fontosságát? *Hadmérnök*, V. évf. 2010/1 szám, pp. 377-386, ISSN 1788-1929, http://hadmernok.hu/2010_1_horvatha.pdf, letöltve: 2021. 03. 04.
- [9] Tóth Bálint – Helmecci Gusztáv: Védelmi követelmények a Gazdasági és Köz-

- lekedési Minisztérium közlekedési szakterületén; Katonai Logisztika XIV. évf. 2006/2 szám, pp. 37-55, http://epa.oszk.hu/02700/02735/00058/pdf/EPA02735_katonai_logisztika_2006_2_037-055.pdf, letöltve: 2021. 04. 04.
- [10] Szászi Gábor: A vasúti hálózati infrastruktúrával szemben támasztott újszerű védelmi követelmények kutatása, a továbbfejlesztés feltételrendszerének vizsgálata; Doktori (PhD) értekezés, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Budapest, 2013, DOI 10.17625/NKE.2014.028
- [11] Lévai Zsolt – Üveges András József: A vasúti közlekedés informatikai adatvédelme; Felderítő Szemle, XIX. évf. 2020/2 szám, pp. 103-139.
- [12] 2011. évi CXIII. törvény a honvédelemről és a Magyar Honvédségről, valamint a különleges jogrendben bevezethető intézkedésekről, 1. § (4) bekezdés, <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1100113.tv>, letöltve: 2021. 07. 22.
- [13] Budapesti Agglomerációs Vasúti Stratégia, <http://bvs.hu/wpcontent/uploads/2021/02/Strategia.pdf>, letöltve: 2021. 03. 22.
- [14] 1994/2021 (XII. 28.) Korm. határozat a Budapest Vasúti Agglomerációs Stratégia elfogadásáról
- [15] Treneon Kft. – Főmterv Zrt. – KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft.: BVS Első Szakcikk; http://bvs.hu/wp-content/uploads/2019/04/BRN_elsoszakcikk_v7.pdf, letöltve: 2021. 03. 13.
- [16] Dr. Ruzitska Lajos: A budapesti nagyvasúti pályaudvarok rendezése; történeti áttekintés; külföldi példák; az új Nyugati (központi) és az új Déli (budai) pályaudvar alagutas összekötése a Duna alatt átvezetendő új vonallal; Különlenyomat a Magyar Mérnök-és Építész-egylet közlönye 1939. évi 1-3. sz. havi füzetéből, Budapest, 1939
- [17] Schulek J. műszaki igazgató, FŐMTERV Zrt.: A Duna alagút infrastruktúrája, Vasút a Duna alatt konferencia, Budapest, 2021. október 6., online: <https://bfk.hu/wp-content/uploads/2021/10/Vasuti-Alagut-Konferencia-Schulek-Janos.pdf>, letöltve: 2022. 02. 14.
- [18] Tóth Bence – Lévai Zsolt: Budapest vasúti elkerülhetőségének barnamezős alternatívái; In: Földi, László (szerk.) Szemelvények a katonai műszaki tudományok eredményeiből I. Ludovika Egyetemi Kiadó, 2021, pp. 233-256.
- [19] Tumik Péter: A vasút jövője – a jövő vasútja Budapesten; Közlekedéstudományi Szemle, 71:6, 2021, pp. 29-45.
- [20] Albert Gábor – Szűcs Hajnalka: Vonattal Ferihegyre? Közlekedéstudományi Szemle, LXVIII. évf. 2018/6. szám, pp. 15-34, DOI: <https://doi.org/h3mr>, ISSN 0023-4362, http://real.mtak.hu/94035/1/15_PDFsam_ktsz2018_6interaktiv-vegleges.pdf, letöltve: 2021. 04. 22.
- [21] Lévai Zsolt: A vasúti szektor védelmi lehetőségei terrorakciók ellen; Közlekedéstudományi Szemle, LXIX. évf. 2019/5. szám, pp. 50-71, DOI: <https://doi.org/h3ms>, ISSN 0023-4362
- [22] Horváth Attila: A kritikus infrastruktúra védelem komplex értelmezésének szükségessége; In: Horváth A. (szerk.) Fejezetek a kritikus infrastruktúra védelemből – Kiemelten a közlekedési alrendszer, Tanulmánykötet, Magyar Hadtudományi Társaság, Budapest, 2013. pp. 18-37.
- [23] 161/2019. (VII. 4.) Korm. rendelet a közlekedési létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről, <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A1900161.KOR>, letöltve: 2021. 07. 22.
- [24] Horváth Attila: A vasúti közlekedés terrorfenyegetettségének jellemzői a városokban; Hadmérnök, IV. évf. 2009/3. szám, pp. 180-189, http://hadmernok.hu/2009_3_horvatha.pdf, letöltve: 2020. 12. 29.
- [25] Lévai Zsolt: A vasút lehetséges válaszai a legújabbkori kockázati kihívásokra, In: Horváth G. – Gaál B. – Horváth B. (szerk.): Közlekedéstudományi Konferencia Győr 2019 Conference on Transport Sciences: Alternatív-Autónóm-Kooperatív Mobilitás, Széchenyi István Egyetem, Győr, 2019, pp. 371-388.
- [26] Antal Örs: A budapesti metróhálózat vegyi terrortámadás elleni felkészültségének vizsgálata az 1995-ös tokiói merénylet tükrében; Hadmérnök, IX. évf. 2014/2. szám, pp. 193-210, http://hadmernok.hu/142_18_antalo.pdf, letöltve: 2020. 10. 25.

- [27] Union International des Chemins de fer: Capacity (UIC Code R 406), Paris, 2013
- [28] Lévai Zsolt – Tóth Bence: A vasútállomásokon alkalmazható védelmi intézkedések és az utazási idő összefüggésének turizmusbiztonsági szempontú vizsgálata; az NKE HHK dékáni publikációs pályázatra készített tanulmány, közlésre befogadva: 2021. 09. 01.
- [29] Lévai Zsolt: A Budapesti Agglomerációs Vasúti Stratégia által javasolt új budapesti

vasúthálózat helyettesíthetőségének vizsgálata; In: Horváth Gábor – Horváth Balázs (szerk.): XX. European Transport Congress / XII. International Conference on Transport Sciences, Győr: After pandemic – before autonomous transport; Közlekedéstudományi Egyesület (KTE), Győr, 2022, pp. 342-354.



Validation of the requirements of defence preparation of new network elements proposed by the Budapest Agglomeration Railway Strategy

From a railway point of view, Budapest is the bottleneck of the country, with many trains running on the railway lines through the city. The capacity utilization of individual elements is approaching the maximum, which is a barrier obstacle to the development of the country. The defence of the new infrastructure elements expected to be built is of particular importance.



Validierung der Anforderungen an die Verteidigungsvorbereitung neuer Netzelemente, die von der Eisenbahnstrategie für den Budapester Ballungsraum vorgeschlagen werden

Aus eisenbahntechnischer Sicht ist Budapest der Engpass des Landes, da viele Züge auf den Bahnstrecken durch die Stadt verkehren. Die Kapazitätsauslastung einzelner Elemente nähert sich dem Maximum, was ein Hindernis für die Entwicklung des Landes darstellt. Die Verteidigung der zu errichtenden neuen Infrastrukturelemente ist von besonderer Bedeutung.





Emlékeztető: az MTA Közlekedés- és Járműtudományi Bizottságának üléséről

DOI: <https://doi.org/10.24228/KTSZ.2022.4.4>

Török Ádám, Horváth Balázs

A 2022. március 23-án. szerdán, 14:00 – 16:15 között MTA ZOOM rendszerben tartott ülést **Dr. Török Ádám** elnök nyitotta meg, aki bevezetőjében köszöntötte a megjelent 36 főt, a 2022. évi első tudományos ülésen.

Dr. Kormányos László A személyszállítási aktuális kérdései a MÁV-START hálózatán c. előadásában ismertette a vasúti személyszállítás kérdéseit, közöttük a COVID-19 hullámainak hatásait az utasforgalomra. Elemezte, hogy a legrosszabb hullámban az utasforgalom 80%-a eltűnt. Átlagosan 50%-os utasszámcsökkenést okozott a vírus. Lassan visszaáll a 80%-os utasszám, de ez pontatlan, mert fizetési adatokon alapul. A vírus hatodik hullámának lecsengését követően az ukrán háborús válság újra próbára tette a vasúti közlekedést. A menekült áradat kezelésében kulcsfontosságú szerepet játszott a vasút, ezzel kiderült a vasút stratégiai szerepe. Hangsúlyozta a vasút zöldítésének fontosságát, a fenntartható fejlődés kulcs szerepét [1]. Kiemelte a digitalizáció fontosságát, amely elengedhetetlen a hirtelen változó igényekre történő rugalmas reagálás szempontjából. Az Európai Unió vasúti személyszállítása interoperábilis lett, átjárható, fenntartható közlekedési mód [2]. A MÁV-Start kiemelten kezeli Budapest elővárosi közlekedését. Céljuk az átjárható, világszínvonalú főváros kiszolgálása. Hosszútávon, 2030-ig a tervek szerint a vasúti gerinchálózaton 160 km/h sebesség várható. A nemzetközi forgalomban visszaállításra került az étkező- és hálókocsi szolgáltatás. Kihangsúlyozta továbbá a modern, digitális, távmegoldások implementációját.

Horváth Ferenc előadásában összefoglalta az autóbusz üzem különböző hajtástechnológiai megoldásait, azok gazdasági, környezeti hatásait. Ismertette az eltérő beszerzési költségeket és az alternatív hajtásmódok megnövekedett karbantartási és fenntartási költségeit [3]. Az általános bevezetést követően rátért a Volánbusz specifikus tapasztalatainak megosztására. Ismertette a sűrített földgáz, biogáz általános tulajdonságait, majd a Volánbusz tanulságait (Szeged, Zalaegerszeg, Nyíregyháza, Debrecen, Miskolc, Budapest, Kaposvár). Jelezte továbbá a jövőbeli CNG buszok beszerzési terveit. Ismertette a CNG buszok előnyeit, kiemelte a kedvezőbb emissziós karakterisztikát, majd kitért a hátrányokra is, nagyobb vételár, nagyobb fenntartási költség. A CNG buszok után felvázolta az elektromos autóbuszok általános tulajdonságait, majd kitért a Volánbusz tapasztalataira (Budapest, Pécs, Paks). Ismertette a jövőbeli elektromos autóbusz beszerzéseket és a hidrogén tüzelőanyag cellás autóbuszok működését, kitért a Volánbusz kezdeti tapasztalataira [4].

Dr. Lakatos András előadásában kifejtette, hogy a magyarországi távolsági, illetve regionális közlekedésben lévő párhuzamos autóbusz- és vasútvonalak aktuális és visszatérő kérdéskört jelentenek [5]. A fenntartható közlekedés megköveteli, hogy a különböző közlekedési módok egymás kiegészítői legyenek, amelyhez elengedhetetlenül szükséges a párhuzamosan futó vonalak tudományos vizsgálata. A távolsági közlekedés kérdéskörének tudományos megközelítése egy 4-lépcsős modell segítségével történik, amely a

közösségi közlekedés módok üzemeltetési és felhasználói paramétereit értékeli a távolság függvényében. A modellt az utazási láncok definiálására és azok különböző paraméter-értékeire épül (eljutási idő, eljutási távolság, mint felhasználói paraméterek, illetve a férőhelyre vonatkozó fajlagos költség, mint üzemeltetői paraméter), amelyek közötti összefüggések feltárása regresszióanalízis módszerrel történik [6]. A függvények vizsgálatából meghatározhatók az optimális távolság-határértékek üzemeltetői és felhasználói szempontból egyaránt. A modell alkalmazhatósága Budapest és 15 megyeszékhely, megyei jogú város közötti utazási lánc definiálásával kerül bemutatásra. A Tempo100 minősítésű autóbuszok alkalmazásával növelhető az autóbusz versenyképessége hosszabb távolságra történő utazások esetén is. Az üzemeltetői paraméterek tekintetében a férőhelyre vetített fajlagos költségek szórása a távolsággal fordítottan arányos. A párhuzamos, regionális vonalak kérdéskörének tudományos elemzése egy komplex, egyben általánosan alkalmazható modell segítségével történik, amelynek alapját a vonalakon elérhető szolgáltatási színvonal és demográfiai adatok felhasználásával kiszámított minőségmutató-értékek adják. Az optimalizálás során minőségmutató-értékekre vonatkozó intervallumhatárok kerültek meghatározásra a célfüggvények alapján, amelyek validálása a párhuzamosan futó autóbusz- és vasútvonal utasszámadatai és a kínált eljutási idő- és eljutási költség alapú modell értékelésével történik. A modell gyakorlati alkalmazhatósága egy esettanulmányon keresztül került bemutatásra, amely – Magyarország összes régióját lefedő – 7 párhuzamos autóbusz-, illetve vasútvonal optimalizálását foglalja magába. Az optimalizálással során növelhető a szolgáltatási színvonal pusztán közlekedésszervezési beavatkozásokkal, nagyobb volumenű beruházás nélkül, akár a párhuzamos kínálat fenntartása mellett. Az utasokat számos paraméter befolyásolja az eszközválasztást érintően hozott döntésükben, így a teoretikus vizsgálatok mellett a felhasználók módválasztási mechanizmusának megismerése is elengedhetetlenül fontos párhuzamos közösségi közlekedési kínálat esetén [7].

Dr. Winkler Ágoston a városok fejlődésével párhuzamosan kialakuló optimális hálózatokról tartott előadást. Egy konkrét hazai telepü-

lés – Győr – példáján. Győr városát az elmúlt mintegy száz évben folyamatos fejlődés jellemezte: népsége az 1920-as évek óta több, mint kétszeresére nőtt (cca. 60 ezerről mintegy 130 ezer főre), és területe is jelentős mértékben bővült a számos hozzácsatolt községnek köszönhetően. A növekedést kiemelkedő gazdasági, ipari és kulturális fejlődés kísérte, amelynek eredményeképpen több alközpont is kialakult a településen, ami természetes módon magával vonzotta a 95 éve létező helyi autóbusz-közlekedési hálózat folyamatos átalakulását, a változó igényekkel és lehetőségekkel összhangban. A rendszeres autóbusz-közlekedés 1926. augusztus 16-tól indult: Csillag István és Békeffy Elemér cége, a Star autóbuszüzem (későbbi néven: Győri Általános Közlekedési Vállalat Kft.) ekkor indította meg a helyi közforgalmú közlekedést szürkére fényezett, fekete csíkozású autóbuszával, amelynek karosszériáját a Király Automobil gyár építette Chevrolet alvázra. Az első jármű a belváros és Szabadhegy között ingázott óránként, tehát útvonala alapvetően sugaras jellegű volt, bár tekinthető akár átlapoltnak is, mivel a belvárost dél felől közelítette meg, ezt követően viszont egészen annak északkeleti széléig (a gőzhajóállomásig) közlekedett. Érdekes ugyanakkor, hogy a következő hónapban létrejött második és harmadik vonal már kifejezetten átmérős jelleget mutatott, ami látszólag ellentmond a fent írtaknak, azaz, hogy az átmérős rendszer kisebb városméret esetén kevésbé jellemző (és ahogy a későbbiekben bemutatásra kerül, az államosítást követően már Győr hálózata is „szabályszerűen” tisztán sugaras jellegű, csupán évtizedekkel később fejlődik újra az átmérős megoldások irányába). Úgy tűnik, a győri közforgalmú közlekedés megteremtői „megelőzték korukat”, amiben természetesen az is segítette őket, hogy ilyen kis volumennél még nem okoznak akkora problémát az átmérős vonalak üzemeltetéséhez szükséges infrastrukturális feltételek (pl. tárolóterületek a kiálló járművek számára, pihenőhelyiségek), amelyek nagyobb járműszámnál már komolyabb megoldásokat (megfelelő kapacitású és felszereltségű végállomások kiépítését) igényelhetnek. Az átmérős vonalszervezést az is indokoltá tette, hogy bár Győr szűkebb értelemben vett központja viszonylag kicsi, mégis, már ebben az időszakban is több fontos létesítmény volt meg-

található a külső kerületekben, ezáltal az utazási igények nem kizárólag a városközpont és a külvárosok viszonylatában merültek fel. A második autóbusz útvonala egyfajta kelet-nyugati tengelyt hozott létre Újváros (Régi bécsi vám) és Gyárvaros (Ágyúgyári telep) között, míg a harmadik autóbusz feladata az első két vonal legforgalmasabb szakaszainak tehermentesítése volt, egyúttal újabb közvetlen összeköttetéseket is teremtve a város déli (Nádorváros) és keleti részei (az ipartelepek) között. A következő években indított újabb vonalak szintén az átmérős jellegét követték: 1928. augusztus 8-án a GySEV nádorvárosi vasútállomásától Révfaluig, valamint Szabadhegyről a Sziget városrészben található izraelita temetőig indultak új autóbuszjáratok. Bár a II. világháborút követően a helyi közlekedés újraindítása még mindig a Győri Általános Közlekedési Vállalat Kft. nevéhez kötődött, a céget 1948-ban államosították, majd 1949-ben ebből a magból alakult ki a MÁVAUT Autóbusz-közlekedési Nemzeti Vállalat győri főnöksége. Ettől az időszaktól kezdődően, talán az új szervezeti háttérrel is összefüggésben, de elsősorban a tevékenység volumenének növekedése miatt alakulhatott át a győri helyi vonalhálózat koncepciója: a korábbi, jellemzően átmérős vonalakat kizárólag sugaras vonalak váltották, amelyek üzemeltetése a megnövelt járatsűrűség mellett jelentősen egyszerűbb volt végállomási centralizált forgalomirányítással. A szigorúan sugaras törzshálózat két teljes évtizeden át meghatározta Győr helyi autóbusz-közlekedését. Mindössze a városközpontban található konkrét indulási helyek változtak esetenként (illetve műszakváltások idején közlekedett egy-egy transzverzális céljárat). Az 1960-as évek második felében kezdtek jelentkezni a fenti rendszer korlátai és hiányosságai. Egyrészt az utasok részéről folyamatosan nőtt az áttelnes városrészekben található, ráadásul dinamikusan bővülő lakóövezetek, intézmények és munkahelyek közvetlen összeköttetésének igénye (ami – ahogy korábban ismertetésre került – valamilyen szinten már az 1920-as években is megvolt!), másrészt a vonalak és járatok számának intenzív növekedése egyre nehezebbé tette az egyetlen, ráadásul a zsúfolt városközpontban található irányító végállomásra történő üzemeltetést. A megyei szállítási bizottság személyszállítási albizottsága már 1966-ban megállapította, hogy a tisztán

sugaras rendszer nem felel meg az elvárásoknak, átmérős vonalakra is szükség van. A változtatás több évet vett igénybe, mivel hiányoztak a nagy járatsűrűségű átmérős vonalak üzemeltetéséhez szükséges, megfelelő infrastruktúrával rendelkező külső irányító végállomások. Ennek ellenére, az új (pontosabban visszatérő) koncepció előhírnökeként 1969. július 15-től létrejött az új 2-es autóbuszvonal, amelynek járatai a Nádorvárosban található Magyar utcai kórház és a szigeti termálfürdő között közlekedtek. További átmérős vonalak kialakításához viszont feltétlenül szükség volt a fent említett új végállomások, úgynevezett „decentrumok” kialakítására. Az első ilyen létesítmény 1975-ben nyílt meg Adyváros déli peremén, amely logikus helyszín volt, hiszen a rohamléptekkel épülő lakótelep kiszolgálására egyre több autóbuszjáratot kellett indítani, amit érthető módon már nem volt képes kiszolgálni az 1940-es évek óta egyedüliként működő városközponti irányító végállomás. 1978. november 8-án két újabb decentrum került megnyitásra: a belvárosban a Révai Miklós utcai, valamint Gyárvarosban a Tompa utcai végállomás. Az így kialakuló hálózati logika hosszú évtizedekig fennmaradt, a továbblépéshez újabb innovációra volt szükség, ez pedig a műholdas alapú, központi forgalomirányítás volt. Az új forgalomirányítási rendszer 2011-ben valósult meg, ám a kapcsolódó vonalhálózati módosítások jelentős része már 2009-ben bevezetésre került, aminek több oka is volt: költség-takarékossági és szolgáltatásfejlesztési célzattal is kívánatos volt a változások mielőbbi bevezetése, az érintett néhány új átmérős vonal irányítását pedig ideiglenesen a decentrumokból is meg lehetett oldani, mobiltelefonokkal. Az új irányítási rendszer átadása után is történtek fejlesztések. Fontos tapasztalat volt, hogy a forgalomirányítás modernizálása lényeges, de nem az egyetlen feltétele adacentrumoktól független vonalak létrehozásának és üzemeltetésének. A forgalomirányítás telematikai alapokra helyezése mellett is szükség van arra, hogy bizonyos kiemelt végállomásokon rendelkezésre álljanak a járművezetők számára az elvárható pihenési lehetőségek (fűtött, világított tartózkodó, mosdó, étkező), valamint az optimális fordaszerzés szempontjából is hatékony, ha több vonal járatai ugyanarról a helyről indulnak, mivel így jóval több kombinációs lehetőség áll rendelkezésre.

zésre a fordák tervezésekor, mint ha mindenhol csak egy-egy vonal járatai fordulnának elő. Emiatt még mindig vannak kiaknázatlan lehetőségek a győri vonalhálózatban, azaz elméletileg még több vonal lenne összekapcsolható átmérős jelleggel, de ennek fenti, gyakorlati feltételei egyelőre hiányoznak. Komoly potenciált jelentenek továbbá a várost átszelő vasútvonalak, amelyek a tervezett új vasúti megállóhelyek létrejötte esetén integrálhatók lennének a helyi közlekedési rendszerbe (erre a közelmúltban jó példát mutatott Kecskemét), ehhez viszont természetesen Győr esetében is tarifaközösség, némi infrastruktúra-fejlesztés, továbbá bizonyos vonalakon a vonatok sűrítése lenne szükséges. Ebben az esetben viszont létrejöhetne egy kétszintű hálózat, amelyben a vasútvonalak városon belüli szakaszai egyfajta nagysebességű gerinchálózatot alkotnának, amelyet a részben rá- és elhordó, részben kiegészítő funkciójú autóbuszvonalak tennének teljessé, az utasoknak magasabb színvonalú szolgáltatást, a szolgáltatóknak és a megrendelőknek pedig költséghatékonyságot biztosítva.

Timár András kifejtette, hogy a nemzetközi példák ismerete nélkülözhetetlen. Lakatos András megköszönte a figyelem felhívást és ismertette a kutatásához tartozó finn adatokat.

Fleischer Tamás felszólalásában kiemelte, hogy szerinte Winkler Ágoston és Lakatos András előadása között ellentmondás van. Válaszukban Winkler Ágoston és Lakatos András addicionális információkkal a vélt ellentmondást feloldották.

Berényi János megjegyezte, hogy egyetértve Fleischer Tamással a városi közlekedési módok nem kompatibilisek, a helyközi közlekedés eszközei nehezen integrálhatók a városi közlekedésbe.

Tánczos Katalin méltatta az előadókat. Kiemelte a digitalizáció és az adatmegosztás fontosságát, mely kulcsfontosságú a közforgalmú közösségi közlekedési szolgáltatás minőségének növelésében.

Monigl János utólag küldte el írásban hozzászólását, amit változtatás nélkül illesztettünk be az emlékeztetőbe:

Tisztelt Kollegák,

Az MTA Közlekedés- és Járműtudományi Bizottságának 2022.03.23.-ai ülésére szóló meghívó szerint, – amelyet, mint korábbi tag én is megkaptam, – a „MÁV-Volánbusz csoport működése az integrált rendszerben” c. témakörrel kívánt foglalkozni. Az ülésbe a ZOOM-rendszeren keresztül magam is bejelentkeztem és meghallgattam az előadásokat, de mivel a munkahelyi gépemem nem rendelkezem kamerával és mikrofonnal hozzászólni nem tudtam (mire letöltöttem a ZOOM-ot a mobiltelefonomra, sajnos, éppen vége lett az ülésnek), tekintettel arra, hogy a témakörhöz kapcsolódó, egyébként érdekes előadások az „integráció”-ról csupán részlegesen szóltak. Hiányérzetemet bizonyára az okozta, hogy a korábban megküldött meghívóban szerepelt cím szerinti vezér-előadás („MÁV-Volán integráció”) elmaradt és a kérdéskört inkább a hozzászólások érintették.

Ezért engedjék meg, hogy – szóbeli időkeretnél talán bővebben – a közösségi közlekedés integrációjával kapcsolatban néhány gondolatomat ezúton közöljem, amelyek a hazai folyamatokhoz is adalékuil szolgálhatnak. Ha integrációról beszélünk, akkor annak legalább két intézményi szintjét célszerű megemlíteni:

- Szolgáltatás-integráció, amely valamely ellátási felelősségi körbe tartozó területen működő különböző szolgáltatók, mint piaci szereplők szolgáltatásait, felelős testületi akarat és vállalás szerint, egy erre a célra létrehozandó szervező társaság összehangoltan tervezi és szervezi, a szolgáltatásokat, azok utas-vonzóbb és környezetkímélőbb kialakítása, a szolgáltatói gazdálkodás figyelembevétele, valamint a felelős testületi terhek csökkentése érdekében. A testületek és szolgáltatók között összekötő kapocsként elhelyezkedő társaság csak akkor tud eredményes lenni, ha szerződésekbe foglalt, megfelelő ügyrendi munkamegosztás alakul ki a partnerek között. Ez a megoldás első sorban a német nyelvterületen elterjedt „szövetség” különböző fokozati formáinak felel meg (megjegyzendő, hogy a kezdeti önkéntes „szolgáltatói szövetségek”, mára átalakultak és a fokozott szgk-használat miatti utasvesztések okozta deficitek okán döntően „testületi szövetségek” lettek, amelyek a működési hiányokat fedezik).

- Szolgáltató-integráció, amely valamely ellátási felelősségi körbe tartozó területen működő különböző „saját-tulajdonú” szolgáltatók, mint piaci szereplők, felelős testületi akarat és vállalatok szerint, egyesítésre kerülnek és a társasági vezetés, házon belül, összehangoltan tervezi és szervezi, a szolgáltatásokat, azok utas-vonzóbb és környezetkímélőbb kialakítása, a szolgáltatói gazdálkodás figyelembevétele, valamint a felelős testületi terhek csökkentése érdekében. Ez a forma az alapja az állami „MÁV-Volán integráció”-nak is, amelyre vonatkozóan külföldön is található, ritkábban, példák. Az nem szerencsés, ha a szolgáltató társaságra a megrendelői funkció is „átruházódik”. Ennek a formának egyik előnye lehet – nevezetesen, hogy a szolgáltatók közti versenyt házon belül vezérelt ésszerű, összehangolt együttműködés válthatja fel – kérdésessé válhat, ha a szervezési folyamatba újabb, más felelősségi terület szolgáltatási integrációja merül fel (pl. a kormányzati felelősségű regionális vasúti és autóbusz-szolgáltatások és a fővárosi önkormányzati felelősségű szolgáltatások fokozottabb integrált szervezése esetén; ezt volt hivatva biztosítani korábban a BKSz megkezdett és létrejött szervezete, amely 2005-ben az alapszerződésig jutott, de sajnos később a BKK létrejöttével a két szervezetet nem integrálták).

Mindkét esetben a működőképes integráció a kompetencia-szinteknek (a politikai célokat megfogalmazó stratégiai szint, a politika megvalósítását segítő szolgáltatások mennyiségi és minőségi szintjeit és igénybevételi feltételeit meghatározó taktikai szint, a szolgáltatások létrehozásával kapcsolatos külső és belső feltételek teljesítését jelentő operatív szint) megfelelően, a következő szakterületi tevékenységek végzését és eszközrendszer kialakítását kívánja, amelyek a közösségi közlekedés tervezésére, működtetésére és működésének folyamatára terjednek ki (vázlatosan), attól függően, hogy a fentiekben említett milyen „integrációs formáról” van szó:

- utazási igények megalapozott meghatározása, munkamegosztási, területi előrejelzése,
- területi kapcsolatokhoz és kedvező munkamegosztáshoz igazodó hálózat kialakítása,
- igényekhez és társadalmi elvárásokhoz igazodó összehangolt menetrendek alkalmazása,

- (menetrendi igények teljesítéséhez szükséges eszközök és személyzet meghatározása?),
- mástípusú közlekedési eszközök integrálási feltételeinek és ideny-igényeknek kielégítése,
- vonzó díjtermékeket alkalmazó menetdíjrendszer és kedvezmények alkalmazása,
- átjárhatóságot biztosító elektronikus díjfizetési rendszer kialakítása és alkalmazása,
- megfelelő gazdálkodási alapokat biztosító bevételek biztosítása; bevételek felosztása,
- bevételek által nem fedezett működési költségek kimutatása és térítésének biztosítása,
- menetrenden és forgalomirányításon alapuló utastájékoztató rendszer működtetése,
- (szolgáltatók kiválasztása feltételeinek meghatározása, versenyeztetési alkalmazása?),
- (közlekedési kapcsolatokat, környezetet javító fejlesztések kidolgozása, véleményezése),
- digitális eszközökön alapuló adatgyűjtési és statisztikai rendszer kialakítása és alkalmazása,
- utaskapcsolati helyek létrehozása, működtetése tájékoztatás és tudatformálás céljából.

Az integráció szempontjából meghatározó fontosságú a szolgáltatások megfelelő igénybevételi feltételeinek, első sorban a szolgáltatókat átfogó, egységes elvű díjfizetési rendszer általi, megoldása. Ehhez nem elegendő egy-egy látványos rész-megoldás, hanem minden utascsoportot (gyakori utazók/ eseti utazók/ turisták; dolgozók/ nyugdíjasok/ tanulók) lefedő díjfizetési médium-típus alkalmazása szükséges, különben a sokféleség jelentős többletköltségekkel jár (a korábban „egységes” követelményeken alapulóan kidolgozott és kísérletileg alkalmazott ELEKTRA Hungaria rendszer országos átjárhatóságot biztosíthatott volna; a mai szigetszerű fejlesztések már „egységesítendő” lennének és aligha biztosítanak teljes lefedettséget). Az elektronikus díjfizetési rendszer létrehozása olyan digitális környezetet is biztosíthat, amely a közlekedési igény- megállapítás, a hálózat-átalakítás, a menetrend és kapcsolatalemzés, a forgalomirányítás, az utastájékoztató, és a pénzügyi számvitel (pl.

bevételek, adózás, árkiegészítés) ráépülhet, valamint emellett minden további olyan tevékenység alapja is lehet, amely helyazonosítást kíván (pl. megállóhelyek, jegyirodák, automaták, tájékoztató berendezések, kerékpártárolók, taxiállomások, stb. nyilvántartása).

Ezeket kívántam a „közösségi közlekedési integráció” tárgyában elmondani, miközben tudom, hogy a közlekedési integráció más irányban és szélesebben is értelmezhető.

Köszönöm a figyelmüket! Monigl János

Farkas András írásbeli kiegészítést nyújtott be Horváth Ferenc igen értékes és nagyon informatív szakmai előadásához. Bizottsági tagtársunk néhány évvel ezelőtt kutatásokat folytatott a fejlett ipari országok fejlesztési és gyártási tevékenységéről a különböző autóbusz-hajtásrendszereknek a városi közösségi közlekedésben való alkalmazása tekintetében. Megbízhatónak mondható adatokra építve egy általa kidolgozott modell segítségével elkészítette különböző alternatív meghajtású autóbuszok soktényezős összehasonlító értékelését, 15 releváns műszaki, üzemeltetési, energiahatékonysági, emissziós stb. jellemző felhasználásával. A különböző hajtásrendszerű autóbuszok (9-féle) komplex színvonal mutatóinak jövőbeli alakulását egy számítógéppel támogatott, 50 periódusú, szimulációs modellel, a közöttük meglévő kvalitatív jellegű dinamikus kölcsönhatások figyelembevételével határozta meg (Acta Polytechnica Hungarica, 11. évf. 1.sz., 2014). A hosszú időhorizontra vonatkozó projekció 2030-ra a legkedvezőbbnek a hidrogén üzemű (üzemanyagcellás) autóbuszokat jelölte meg, amíg ezt követően a hibrid, azaz elektromos és CNG/LPG motorokkal felszerelt hajtásrendszerű kombinációt. Megállapítható, hogy ezek az eredmények jó összhangban vannak a Volánbusz jelenleg folytatott fejlesztési és kísérleti tevékenységeinek eddigi tapasztalataival és főbb irányjaival.

A vitát lezárva **Dr. Török Ádám** elnök, megköszönte az előadónak a magas színvonalú, érdekes előadásokat, valamint a hozzászólók aktivitását.

Budapest, 2022. május 5.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Kormányos, L., & Tánczos, K. (2007). Conditions of a quality public railway service in Hungary. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 35(1-2), 23-34.
- [2] Kormányos, L., & Tánczos, K. (2006). Customer-oriented service development methods in suburban railway traffic, focused on the Budapest Suburban Railway Development Project. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 34(1-2), 19-34.
- [3] Zöldy, M. (2019). Improving heavy duty vehicles fuel consumption with density and friction modifier. *International Journal of Automotive Technology*, 20(5), 971-978. DOI: <https://doi.org/f9ws>
- [4] Matijošius, J., Juciūtė, A., Rimkus, A., & Zaranka, J. (2022). Investigation of the concentration of particles generated by public transport gas (CNG) buses. *Cognitive Sustainability*, 1(1). DOI: <https://doi.org/h3m6>
- [5] Lakatos, A., Tóth, J., & Mándoki, P. (2020). Demand Responsive Transport Service of 'Dead-End Villages' in Interurban Traffic. *Sustainability*, 12(9), 3820. DOI: <https://doi.org/h3m7>
- [6] Lakatos A., Mándoki P. (2020): Analytical, logit-model based examination of the Hungarian regional parallel public transport system, *Promet-Traffic & Transportation* 32 : 3 pp. 361-369. , 9 p. (2020) DOI: <https://doi.org/h3m8>
- [7] Nagy, V., Horváth, B., & Horváth, R. (2017). Land-use zone estimation in public transport planning with data mining. *Transportation Research Procedia*, 27, 1050-1057. DOI: <https://doi.org/h3m9>
- [8] Winkler, Á., & Horváth, B. (2017). Intelligent decision support technologies in public and individual transport. *Intelligent Decision Technologies*, 11(4), 441-449. DOI: <https://doi.org/h3m9>

Közlekedésbiztonság - Közlekedési környezetvédelem

Az intelligens infrastruktúra szerepe a közlekedésbiztonság, és az autonóm járművek fejlesztésében

A közlekedés teljesítményének állandó növekedése, a forgalom bővülése egyre több baleseti forrást hordoz. A balesetek számának és súlyosságának csökkentéséhez minden eszközt fel kell használni. Az intelligens rendszerek bevonása a forgalomirányításba elősegíti a közlekedés lebonyolításának biztonságosabbá tételét.

DOI: <https://doi.org/10.24228/KTSZ.2022.4.5>

Tomaschek Tamás Attila

forgalomszabályozási csoportvezető
Magyar Közút Nzrt.
e-mail: tomaschek.tamas@kozut.hu

1. BEVEZETÉS

Napjainkban a közutak üzemeltetése elképzelhetetlen elektronikai eszközök nélkül. Számos paramétert mérnek döntően on-line szenzorok a hálózat mentén, amelyek számos információt adnak az útpálya közvetlen környezetéről, illetve a forgalomról; egy-egy üzemeltetési vagy forgalmi menedzsmint beavatkozás alapjául szolgálnak. Hasonló folyamat figyelhető meg a közúton közlekedő járművek esetén is, az ún. ADAS rendszerek (Advanced Driver Assistant System – Fejlett vezetést támogató rendszer) elterjedésével. Egyre több jármű használ különböző típusú szenzorokat a saját közvetlen környezetének érzékelésére. A szenzorok által gyűjtött információkat a járműben elhelyezett intelligencia dolgozza fel, és potenciális veszélyhelyzet esetén riasztást küld a vezetőnek, illetve akár be is avatkozik. A gépi tanulás és a mesterséges intelligencia fejlődésével egyre gyakorib-

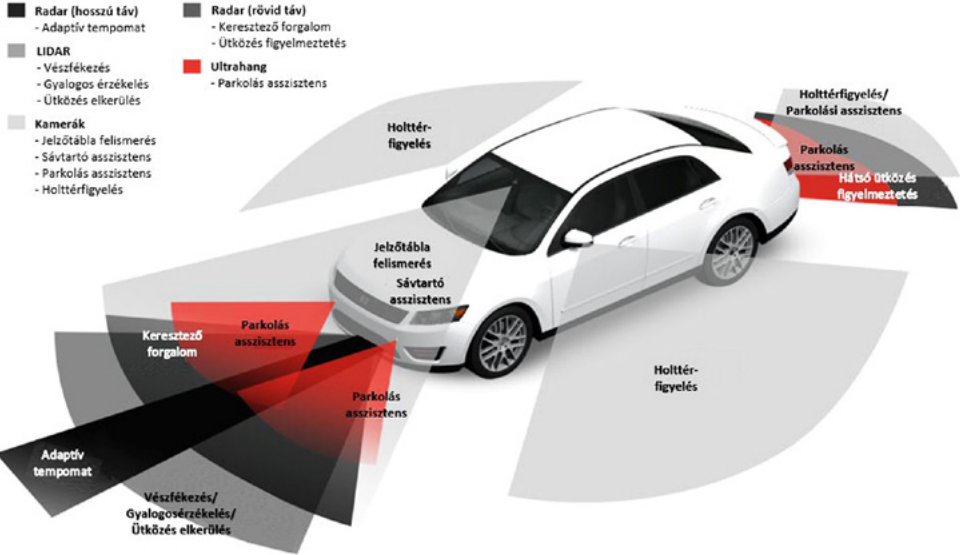
bá válhat a közvetlen beavatkozás, ezért az ADAS rendszerek fejlesztése az autonóm járműves fejlesztések szempontjából is kiemelkedő jelentőséggel bír. Tekintettel arra, hogy ezek a rendszerek már nem csak támogatják a vezetőt a döntés meghozatalában, illetve csökkentik az emberi hiba valószínűségét, hanem tényleges vezérlést is kifejtnek. A nagy számú teszt végrehajtásához számos költséghatékony módszertant dolgoztak ki, úgy mint a *Vehicle-in-the-Loop*, vagy a *Scenario-in-the-Loop* [1] [2], amelyek a valós jármű tesztelését egy virtuális környezetben biztosítják, de nyílt közúti tesztelés esetén akár az infrastruktúra és az infrastruktúrába épített szenzorok is segíthetik a tesztek.

2. AZ ADAS RENDSZEREK

Az ADAS rendszerek fejlett szenzorok és automatika segítségével támogatják a járművezetőt haladás közben, illetve parkolási művele-

1. ábra: S szenzorok (Forrás: Robotics & Automation News)

ADAS: A biztonság, ami körbevesz



tek végrehajtásakor. A szenzorok detektálják a jármű környezetében található akadályokat, illetve felismerik a járművezető hibás döntéseit, és figyelmeztetnek, illetve kritikus helyzetben be is avatkoznak megelőzve a balesetet. Ennek megfelelően az ADAS rendszereket a hatásuk tekintetében négy fő területre lehet osztani:

- ráfutásos/utolérési balesetek megelőzésére szolgáló rendszerek,
- sávartást segítő rendszerek,
- holtér érzékelők,
- tolatást/parkolást segítő rendszerek.

Az ADAS szolgáltatásokat többnyire az oldalsó tükrökben, illetve a jármű első és hátsó lökhárítójában elhelyezett kamerák, ultrahangos, radar- és lézeralapú távérzékelők (LiDAR) támogatják (1. ábra). Kiemelkedő jelentőségű ezeknek az eszközöknek a pontosságát, illetve a szenzoradatok fúziójából nyert, a jármű környezetérzékelésének megfelelősége, valamint az egyes rendszerek esetén az egyes szcenáriók megfelelősége [3].

3. A HAGYOMÁNYOS MONITORING ESZKÖZÖK [4]

Az üzemeltetést támogató elektronikai eszközök alapvetően két nagy csoportra oszthatók. Az egyik fő csoport a monitoring berendezések, a másik a forgalombefolyásoló/irányító berendezések. A két csoport egymás nélkül csak korlátozottan, vagy egyáltalán nem használható fel az üzemeltetés támogatásához. Mindkettőből – megfelelő ellátottsággal – jelentős haszon érhető el. A hasznok jelentkezhetnek a közlekedők utazással töltött idejének rövidüléséből, és ezzel párhuzamosan a kisebb károsanyag-kibocsátásból, valamint a balesetek, torlódások esetén bekövetkező másodlagos vagy utolérési balesetek számának csökkenéséből. A monitoring eszközök a mért jellemzők alapján három részterületre oszthatók:

- forgalmi érzékelők,
- környezeti érzékelők,
- közúti ellenőrzés eszközei.

A berendezések közül az egyik legnagyobb csoport a forgalmi érzékelők csoportja. Ezek az eszközök mutatják a legnagyobb változottságot a mágneses elvű berendezésektől a lézeres technológiáig, de mindegyik a forgalom valamelyik fontos jellemzőjét (pl. sebesség, forgalomnagyság, forgalomsűrűség, tengelyszám- és terhelés) méri. A környezeti monitoring eszközök egyrészt az út közvetlen környezetének meteorológiai paramétereinek mérését, másrészt a közút környezetszennyező hatásait hivatottak mérni.

A harmadik csoportba az ellenőrzési tevékenységhez kapcsolatosan telepített eszközöket soroltam. A másik két csoporttal többé kevésbé átfedésben vannak az itt alkalmazott eszközök, de a felhasználásuk speciális.

3.1. Forgalmi érzékelők

Az induktív hurokdetektor a járműforgalom felvételére jelenleg leggyakrabban alkalmazott típus, mely az útpályában vagy azon elhelyezett érzékelő hurokból, kiértékelő egységből, és a kettőt összekötő speciális vezetékből, továbbá tápegységből áll. Az induktív hurokdetektor érzékelő része az útpályába épített vagy arra ragasztott szigeteléssel ellátott vezetékből áll. A hurokon váltakozó áramot vezetnek, amely a hurok körül mágneses erőteret kelt. Működésének alapelve, hogy az érzékelő hurok felett elhaladó járművek megváltoztatják annak mágneses terét, azaz a hurok „elhangelődik”. Ez a változás, ami impulzust kelt, kerül kiértékelésre és regisztrálásra. Az induktív hurokdetektorok vagy mint jelenléti, vagy mint impulzus detektorok működnek. A jelenléti detektorok olyan hosszan kitartott jelet adnak, ameddig egy jármű a megfigyelési zónájukban tartózkodik (statikus működési mód). Az impulzus detektorok járművenként egyetlen rögzített időtartamú jelet adnak (dinamikus működési mód). Az impulzusdetektorok technikailag egyszerűbben kivitelezhetők, de ugyanakkor csak bizonyos forgalmi jellemzők pl. forgalomnagyság meghatározására alkalmasak. A sebesség és járműtípus meghatározására általában egymás után elhelyezett hurokdetektort alkalmaznak, de egyes speciális detektorok erre egy hurokkal is képesek.

A forgalomszámláló állomásokhoz a hurokdetektorok mellett gyakran piezo érzékelőket is telepítenek. A speciális kábelből álló piezo érzékelő közvetlenül a pályafelület alá, a haladási irányra merőlegesen, egyenes vonalban kerül lefektetésre. A járművek kerekeinek nyomására a kábelben elektromos feszültség (piezo-hatás) keletkezik, amely kiértékelésre kerül. A detektor dinamikus hatásra dolgozik, azaz csak a mozgó járművek megfigyelésére alkalmas. Felhasználható tengelyek számának meghatározására, tengelyterhelés mérésére és sebességmérésre. A kétféle érzékelő különböző elrendezése (száma, sorrendje), kombinációja útján olyan mérőhelyek alakíthatók ki, amelyek – kiküszöbölve az egyes detektorok hátrányait, kihasználva és egyesítve azok előnyeit – lehetővé teszik szinte valamennyi forgalomtechnikai jellemző egyidejű mérését (forgalomnagyság, járműtípus, sebesség, tengelyterhelés, követési időköz). A kihelyezett automata forgalomszámláló állomások (detektorok) által szereshető adatok felhasználósága rendkívül sokrétű, alkalmazási területük kiterjedt. A legfontosabbak ezek közül:

- forgalmi vizsgálatok (forgalomszámlálások, statisztikák, forgalom elemzések, forgalom előrebecslések),
- forgalomszabályozás (csomópontok, útvonalak, hálózatok, váltakozó irányú sávhasználat, torlódásfigyelés, sebesség-befolyásolás),
- különleges alkalmazások (bizonyos járműfajták pl. tömegközlekedés, megkülönböztetett járművek stb. előnyben részesítése, parkolási rendszerek.)

A forgalmi vizsgálatokhoz a forgalmi adatfelvételeknek egységes és 1927 óta működő rendszere alakult ki Magyarországon. A keresztmetszeti forgalomszámlálás alapelemei a számlálási keresztmetszetek (automatikus vagy kézi számlálóállomások). Az egyes számlálóállomások lehetnek a tagjai egy vagy több hálózatnak is, attól függően, hogy adataikat mihez használják, azokkal mit akarnak reprezentálni. A keresztmetszeti forgalomszámlálás terén különböző hálózati fogalmak (átfogó hálózat, figyelemmel kíséresi hálózat, törvényszerűségi állomások hálózata) ismertek. Ez egyben azt is meghatározza, hogy az

2. ábra: HU-GO ellenőrző kapu a 4-es főúton Kisvárdánál (Forrás: Magyar Közút Nzrt.)



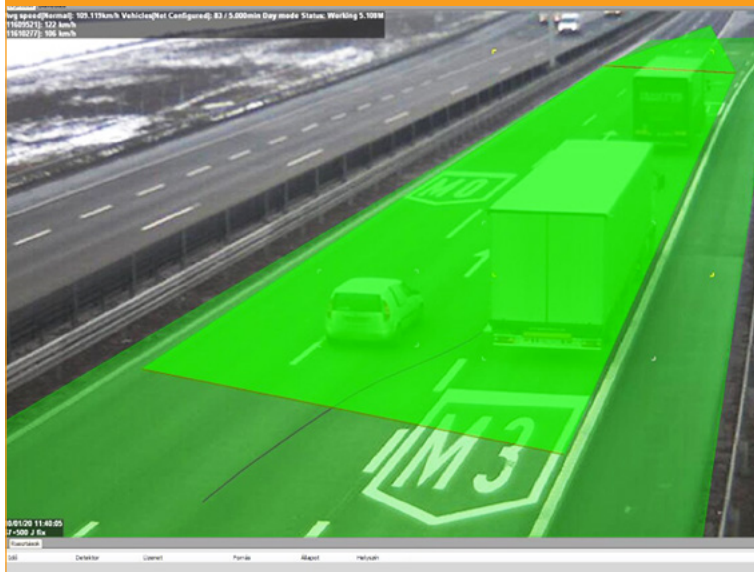
adott keresztmetszetben milyen gyakran, és milyen hosszú ideig végeznek forgalomfelvételt. A gyorsforgalmi hálózaton telepített automaták az országos keresztmetszeti számlálásba is szolgáltatnak adatokat, de elsődleges szerepük a forgalomszabályozás igényeinek kielégítése. Ezért a gyorsforgalmi utakon lényegesen sűrűbb mérőhálózat alakult ki. Jellemzően minden egyes csomópont-közben találunk nyílt vonali forgalomszámláló automatát, amelyek 0-24 órában működnek az év minden napján. Ezen felül több csomópontban is található detektor, ami a fel-lehajtó forgalmakat számlálja.

Természetesen a mágneses elven működő detektorok mellett már más, korszerűbb érzékelők is megtalálhatók a hálózat mentén nagyobb számban, elsősorban lézerszennekerek, radarok és okos kamerák. A lézerszennekerek a tehergépjárművek használatarányos díjfizetését (HU-GO) ellenőrző hálózat portáljain (2. ábra), illetve a Magyar Közút üzemeltetésében lévő egyes tengelysúlymérő állomásain működnek. Ezek többek között nagy segítséget jelentenek a túlméretes járművek azonosításakor. A HU-GO rendszerhez kapcsolódóan egyébként több helyen

mozgás közbeni tengelysúlymérést (Weigh-in-motion) lehetővé tévő berendezéseket is telepítettek. A mérés és a kamerafelvétel alapján megállítással is bírsághatók a túlméretes/túlsúlyos rakománnyal közlekedő, a forgalomra potenciális veszélyt jelentő tehergépjárművek. Az okos kamerák (AID kamerák – Automatic Incident Detection) az M0 autópályát északi és keleti szektorjának átadásával, 2008-ban jelentek meg nagy számban az országos közúthálózaton. Ezek a kamerák a video jelfolyamból a kvázi statikus háttér kiszűrésével azonosítani tudják a mozgó járműveket, illetve nagyobb méretű tárgyakat a megfigyelt területen. Képesek érzékelni a haladási sebességben történő változásokat, megállásokat, forgalommal szembe haladást, és a sávok lehatárolása után a leállósávon történő közlekedést is. A kamerák fix állásúak, és infrareflektozzal együtt kerültek telepítésre, hogy az eseményérzékelés éjszaka is megfelelő pontosságú legyen. A képek kiértékelése pl. az M0 esetén a helyszínen történik, de vannak olyan rendszerek is, amelyek egy központi helyen futtatják a képelemző algoritmusokat. Ez utóbbi nagyobb sávszélességet igényel. A technológia alkalmas forgalomszámlálásra, illetve bizonyos szintű járműka-



3. ábra: AID kamera detektálási zónái
(Forrás: Magyar Közút Nzrt.)



tegorizálásra is képes, de ehhez lehetőség szerint a sávok fölé, a pálya központi vonalába kell helyezni, és minél meredekebb szögben kell állnia, hogy minimális legyen a kitarakás. Ilyen szögben lényegesen rövidebb a belátott szakasz, ahol működik az eseményérzékelés (3. ábra).

3.2. Környezeti érzékelők

A környezeti monitoring és egyben a téli üzemeltetés alapeszköze a meteorológiai állomás. Ezeket az állomásokat döntően olyan helyszínekre kell elhelyezni, amelyek várhatóan korábban fognak lefagyni a pálya többi szakaszánál, vagy valamilyen más tekintetben károsabbak, mint pl.:

- hosszabb műtárgyak (pl. vízfolyás felett átívelő hidak),
- vízfolyás keresztezések (ahol a vízpára miatt könnyebben kerülhet víz a pályára, illetve könnyebben alakul ki köd),
- fagyzugos helyek (ahol a hideg levegő tartósan megmarad),
- völgykatlanok, ahol a szél felgyorsul és váratlanul erős oldalszél/szélleőkésések veszélyeztethetik a forgalmat.

A meteorológiai állomások alapvetően két fő részből állnak, egy légköri mérőegységből, valamint egy útszondából, amit a burkolatba építenek. A légköri egység moduláris, sokféle érzékelőt lehet kérni hozzá, de az esetek túlnyomó többségében a csapadékintenzitás és halamazállapot mellett a levegő paramétereit (lég hőmérséklet, látótávolság, páratartalom), illetve a szél erősségét és irányát méri. Ezen kívül számos paramétert kalkulál a műszer, amelyek közül a harmatpont a legfontosabb a téli

üzemben. Ez az a hőmérséklet, amikor a levegőben található vízpára kicsapódik a felületeken (pl. az úton is). Az útszonda elsődleges feladata a burkolaton lévő vízfilm vastagságának mérése, és ebben a sókoncentráció meghatározása. Ezen paraméterek segítségével lehet meghatározni azt a hőmérsékletet, amikor a burkolatra kerülő víz megfagy. Minél magasabb a koncentráció, ez az érték annál alacsonyabb. A szonda a burkolat felszínén és a felszín alatt is méri a hőmérsékletet, amivel ellenőrizhető, hogy elegendő volt a kijuttatott szóróanyag. Az útszonda és az ahhoz tartozó kábelezés sérülékeny, és a burkolatban is elindulhat a környezetében egy úthiba kialakulása. Ma már vannak olyan berendezések is, amelyek útszonda nélkül is képesek a hőmérséklet és sókoncentráció értékeket meghatározni színképelemzéssel és hőkamerával.

Az időjárási és klimatikus adatok mérése elsődleges, de mindemellett természetesen vannak a környezetterhelést mérő zaj- és levegőtisztaság szenzorok is. A környezetterhelés alapján néhol a forgalomszabályozásba is beavatkoznak (például szmogriadó esetén vagy az éjszakai zajterhelés csökkentése érdekében).

3.3. A közúti ellenőrzés eszközei

Ma már megállítással nélkül lehet egy sor dolgot közlekedésbiztonsági ellenőrzésként végrehajtani. Kamerák és burkolati érzékelők képesek érzékelni a futófelület megfelelőségét, a guminyomást, a tengelyterhelést, és ami az alagutak védelme szempontjából rendkívül fontos, a kerekek és a fékek hőmérsékletét. Univerzális ellenőrzési eszköz a kamera, ami a sebességmérés, a vezetői viselkedés (szabálytalan sávváltás, tiloson áthajtás) mellett még az övviselés, esetleg mobiltelefon kézben tartásának ellenőrzésére is alkalmas. Ezen rendszerek esetén nem a szankcionálás a fő cél, hanem a forgalombiztonság növelése, illetve a forgalomszabályozási intézkedések betartatása.

4. A KOOPERATÍV RENDSZEREK (C-ITS)

4.1. A C-ITS bemutatása

A C-ITS (Cooperative Intelligent Transport Systems) egy olyan telematikai szolgáltatás, amely kétirányú vezeték nélküli kommunikációt tesz lehetővé a jármű és a forgalomirányító központ, a jármű és az infrastruktúra, valamint a jármű és jármű között [5]. A C-ITS szolgáltatások megvalósításához többféle kommunikációs megoldás is felhasználható. Az európai országokban folyó projektek esetén leggyakrabban a rövid hatótávolságú, vezeték nélküli, 5,9 GHz-es technológiát (ún. DSRC) építették ki. A másik gyakran alkalmazott megoldás a celluláris, vagyis a GSM hálózatokat igénybe vevő kommunikáció (pl. 4G, LTE-V, 5G). Előfordul még ezen két megoldás kombinációja (ún. hibrid kommunikáció), illetve felhő alapú adatkapcsolat is. A most még kevésbé elterjedt technológia a közeljövő fontos forgalomszabályozási és információs rendszere lesz, ami közvetlen, kétirányú információátadást tesz lehetővé a járművek és az infrastruktúra között (ún. V2I, Vehicle to Infrastructure vagy V2X Vehicle to Everything kommunikáció), ezzel is támogatva a hálózatba kapcsolt és autonóm járművek közlekedését. A C-ITS fejlesztésére az EU létrehozta a tagállamok szakértői, hatósági és kormányzati részvételével a C-ITS

Platformot. Ez 2017-ig tartó működése során definiálta a legfontosabb C-ITS funkciókat és azok megvalósítási ütemének tervezetét [6]. A platform működése során külön munkacsoportokba szerveződve fogalmazta meg az európai C-ITS szolgáltatások működési, jogi és technikai hátterének szükséges és javasolt tartalmát. A C-ITS Platform két szinten különböztette meg a C-ITS szolgáltatásokat: az ún. Day 1 szolgáltatások, amelyek a közlekedés biztonságát, hatékonyságát és megbízhatóságát hivatottak szolgálni. Ezek azok a szolgáltatások, amelyeket első körben szükséges megvalósítani a hatékony közlekedésmenedzsment érdekében. A második kör a Day 1,5 elnevezésű, amelyben már inkább a társadalmi oldalról értéknövelt szolgáltatások, mint például a töltőállomás információk, parkolás és egyéb összekapcsolt vagy okos navigációs szolgáltatások szerepelnek. A C-ITS-szel kapcsolatos Uniós egységesítési törekvések a C-ROADS projektben, és a projekt részeként életre hívott C-ROADS Platformban folytatódtak. A projekt globális célja, hogy az európai C-ITS pilot helyszínek nemzetközi összefogással, összehangoltan valósuljanak meg, ezzel is biztosítva az országok közötti átjárhatóságot. A C-ROADS együttműködés nemzetközi fórumot biztosít a harmonizációra, vizsgálva a kísérleti helyszínek működését, szervezeti kérdéseket (üzleti modellek, jogi-, szabályozási háttér), műszaki kérdéseket (interfészek, szabványok, kapcsolódás a forgalomirányításhoz), és a rendszerek hatékonyságának mérését.

4.2. DAY 1 szolgáltatások

A C-ROADS Platform ("Common C-ITS Service Definitions - Version 2.0") által meghatározott „DAY 1” szolgáltatások tételesen [6]:

Figyelmeztetés veszélyes helyre (Hazardous location notification): Ez a C-ITS szolgáltatás az infrastruktúra-jármű irányú figyelmeztető üzeneteket írja le potenciálisan veszélyes eseményekre vonatkozóan, ahol a helyszín felé közeledő úthasználó még a helyszínre érkezés előtt információt, s ezáltal figyelmeztetést kap a várható veszély pontos helyszínéről és jellegeről, valamint – amennyiben ismert – fennál-

lásának várható időtartamáról. A hozzá kapcsolódó használati esetek:

- 'Accident zone (AZ)', azaz baleseti helyszín előjelzése,
- 'Traffic Jam Ahead (TJA)', azaz a torló-dásra figyelmeztetés
- 'Weather Condition Warning (WCW)', azaz időjárás eredetű veszélyhelyzetre figyelmeztetés,
- 'Temporarily Slippery Road (TSR)', azaz a valamely oknál fogva csúszóssá vált burkolatra történő figyelmeztetés,
- 'Slow or Stationary Vehicle (SSV)' azaz a lassú vagy álló (pl. műszaki hibás) járműre történő figyelmeztetés,
- 'Animal or Person on the Road (APR)', azaz az élő állatra vagy emberi jelenlétre való figyelmeztetés,
- 'Obstacle on the Road (OR)', ami az úton található akadályra való figyelmeztetés.

Figyelmeztetés úton folyó munkára (Road Works Warning): Ezen szolgáltatás az úthasználók figyelmeztetésére szolgál az úton folyó munkákról, amelyek lehetnek mozgó vagy fix-, ill. rövidebb vagy hosszabb távú korlátozások, egy sáv, vagy akár a teljes keresztmetszet lezárására vonatkozóan.

Járművön belüli kijelzés (In Vehicle Signage): Az IVS szolgáltatás az úthasználók tájékoztatására szolgál az aktuális statikus/dinamikus (virtuális) közúti jelzésekről (pl. jelzőtáblákról) a járművön belül rendelkezésre álló rendszerek felhasználásával (pl. beépített kijelzőn). Ezek a jelzések lehetnek kötelező érvényűek vagy javaslatok. A hozzá kapcsolódó használati esetek:

- 'Dynamic Speed Limit Information (DSLII)', azaz a szakaszon érvényes, ideiglenes sebességkorlátozás kijelzése járművön belül,
- 'Dynamic Lane Management (DLM)', azaz a sávok aktuális állapotáról – úgy mint lezárt/rendekezésre álló – tájékoztató információ és az
- 'Other Signage Information (OSI)', úgy mint további, járművön belül kijelzett, csak Változtatható Jelzéstartalmú (Jelző) Táblákon (VJT) vagy egyéb dinamikus csatornán keresztül rendelkezésre álló

információk, valamint a VJT-ken un. szabad szöveges formában megjelenő üzenetek járművön belül történő megjelenítése 'Embedded VMS "Free Text" (EVFT)'.

Jelzőlámpás csomópontok (Signalized Intersections): Ez a szolgáltatás arra szolgál, hogy információt nyújtson az úthasználók számára a jelzőlámpás csomópontokban a biztonságos és hatékony átkeléshez, pl. a jelzőlámpa fázisterv adatai alapján a piros jelzésből még hátralévő idő, vagy a zöldhullám elérése érdekében javasolt sebesség. A hozzá kapcsolódó használati esetek:

- 'Green Light Optimal Speed Advisory (GLOSA)', amely olyan sebességet javasol a jelzőlámpa felé közeledőnek, amivel a jelzőlámpához érve, az már zöldre vált,
- 'Signal Phase and Timing Information (SPTI)', azaz a jelzőlámpa fázistervének publikálása, azon belül a zöld jelzésig még hátralévő időről tájékoztatás,
- 'Imminent Signal Violation Warning (ISVW)', amely jelzi a piros jelzés ellenére a kereszteződésbe hajtó járműnek a szabálysértést, illetve tájékoztatja a többi irányból közlekedőt is a potenciális veszélyhelyzetről
- és a két előnyben részesítést megvalósító használati eset, 'Traffic Light Prioritisation (TLP)' és az 'Emergency Vehicle Priority (EVP)'.

Jármű szonda adatok (Probe Vehicle Data): Ez a szolgáltatás a járművek felől érkező adatok fogadását jelenti, ezáltal kétirányú kommunikációt megvalósítva.

4.3. DAY 1,5 szolgáltatások

A C-ITS Platform által meghatározott ún. „DAY 1,5” szolgáltatások:

- üzemanyag töltőállomásokra vonatkozó információ (ideértve az alternatív üzemanyag töltő / elektromos töltő állomásokat is),
- védtelen úthasználók védelme,
- szegély menti parkolás irányítás és információ szolgáltatás,
- egyéb (nem utcai) parkolási információk,

- „parkolás és továbbhaladás” (P+R) információk,
- összekapcsolt és kooperatív navigáció ki- és befelé a városba („first and last mile”, parkolás, útvonal ajánlás, közlekedési lámpák koordinációja),
- forgalmi információk és okos útvonaltervezés.

5. HAZAI C-ITS FEJLESZTÉSI PROJEKTEK

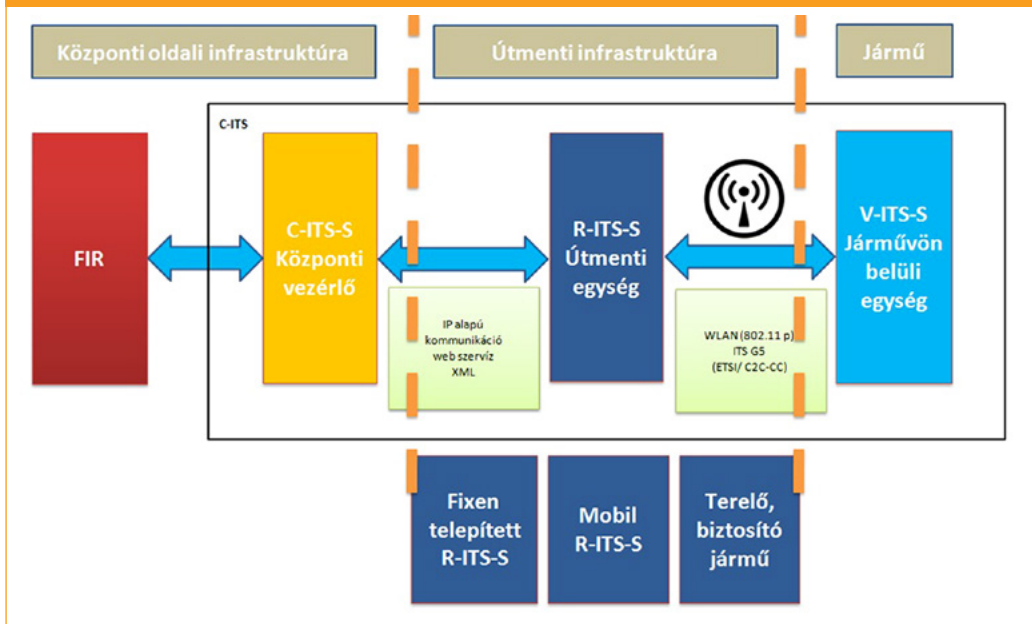
5.1. Gyorsforgalmi és városi pilot helyszínek

Az első hazai C-ITS tesztszakasz 2015-ben, az M1 autópályán készült el, ezt követte 2019-2020 évben a C-ROADS projekt első fázisában a győri városi pilot. (Ezzel nagyjából egy időben Budapesten is készült C-ITS pilot az M1-M7 bevezető szakaszán, illetve a Hungária körút egy csomópontjában.) A 2015-ben telepített majd felújított és kibővített pilot rendszer felépítése követi a 4. ábrán szereplő láncolatot, azaz elkészült a központi oldal. Létesültek útmenti egységek (un. Road Side Unit,

RSU) ill. elkészült egy teszt vevőegység, ami a végfelhasználó oldali megjelenítést képes demonstrálni.

Ebben a sémában a központi oldal (C-ITS-S) felelős az információ menedzsmentért: információt továbbít a forgalomirányító rendszer felől az útmenti eszközök (R-ITS-S), illetve a járművek (V-ITS-S) felé („lefelé”), valamint az üzemeltetési munkákat végző flotta, ill. a járművek felől a forgalomirányító központ felé („felfelé”). A lefelé irányhoz a forgalomirányító rendszertől fogadja a forgalmi (esemény) információkat, amelyekből szabványos üzeneteket gyárt, és azokat a megfelelő útmenti eszközöknek (R-ITS-S) továbbadja [7]. A pilot rendszer központi eleme a Magyar Közút Nzrt.-nél működő és a CROCODILE projekt keretein belül megújult forgalomirányító (FIR) rendszer egy új, beágyazott alrendszereként valósult meg. A terepi adókon keresztül kisugárzott forgalmi információk a Magyar Közút Nzrt. Útinform szolgálatától átvett forgalmi események (DATEX formátumban), illetve az üzemeltetési flotta mobil egységeiből szár-

4. ábra: A C-ITS rendszer felépítése (Forrás: Eco-AT)



mazó jelzések. A járművekkel a kommunikációs kapcsolatot az útmenti infrastruktúra (R-ITS-S) biztosítja, amelyek lehetnek:

- fixen telepített,
- ideiglenesen kihelyezett (pl. ideiglenes forgalomterelés esetén),
- mobil – üzemeltetési járműveken elhelyezett (pl. mozgó munkavégzések esetén) rövid hatótávolságú (un. DSRC) adók valósítják meg.

Az eredeti, 2015-ben megvalósított projekt kiemelten koncentrált az úton folyó munkák biztonságának növelésére, ezért a fejlesztés részeként 20 db üzemeltetési járművön (útellenőr jármű, eszközhordozók, brigádszállítók, terelő/VJT-s utánfutók) került telepítésre egy-egy mobil adó, döntően a Bicskei Mérnökségi flotta gördülő állományán. Az üzemeltetési járműveken telepített eszközöknek (5. ábra) alapvetően két működési állapota van. Attól függően, hogy a központtal felépült-e a kommunikáció, beszélhetünk összekapcsolt („Connected”) és autonóm („Stand alone”) üzembről. Amikor él a kapcsolat az eszközök és a C-ITS rendszer között, akkor a figyelmeztetés az útmenti fix adókon keresztül kerül sugárzásra, a központi rendszerfelügyeletével. Amennyiben a kapcsolat valamilyen okból nem épül fel, a járművek

fedélzeti egysége mobil adóként (RSU) kezd el működni („stand alone” funkció) és közvetlenül bocsát ki jelzést a forgalomban közlekedő járművek számára a központ közbeiktatása nélkül. A megfelelő DENM üzenet előállításához a kezelőszemélyzet számára egy egyszerű kapcsolótábla áll rendelkezésre, amelyen keresztül a munkavégzés/veszély jellege könnyedén megadható [8].

Az országos közúthálózathoz tartozó gyorsforgalmi utak közül az M0-n, az M1-en, az M7-en összesen 124 helyszínen, főúton – Győrben – 10 db jelzőlámpás csomópontban kerültek üzembe útmenti adó-vevő egységek (RSU-k) 2021 év végéig. A C-Roads projekt második fázisában előkészítés alatt van a második városi pilot kialakítása Zalaegerszegen.

5.2. Az elvégzett mérések értékelések

A győri városi pilotnál már a helyszín kiválasztásakor is fontos szempont volt a zöldhullámot támogató optimális sebességajánlás (GLOSA) szolgáltatás megvalósítása. A Magyar Közút a pilot helyszíneken számos működési tesztet is elvégzett, Győrben pedig kiemelten vizsgálta a GLOSA szolgáltatás hatékonyságát. A vizsgálathoz összesen kilenc teszt futást hajtottak végre egyidőben két teszt-

5. ábra: Fedélzeti egység és kapcsolótábla az egyes állásokhoz tartozó kódolással
(Forrás: Magyar Közút Nzrt.)



járművel (öt alkalommal csúcsidőszakokban, négy alkalommal a csúcson kívül). A tesztek során másodpercenként rögzítették a járművek pozícióját és sebességét. Az egyidőben, azonos körülmények között végrehajtott futások alkalmával az egyik jármű vezetője alkalmazta a GLOSA ajánlásokat, a másik pedig a forgalommal haladt szabadon [9]. A „vele” és a „nélküle” mérésekhez tartozó értékek öt indikátor mentén kerültek összevetésre:

- utazási idő (a teljes útszakasz megtételéhez szükséges utazási idő),
- átlagsebesség (a teszt szakasz hosszának és az utazási időnek a hányadosa),
- megállások száma (a futások alatt, amikor a jármű megállásra kényszerül, azaz a sebessége 0 km/h),
- várakozási idő (a futások alatti megállások időtartama, amíg a jármű sebessége 0 km/h volt),
- átlagos várakozási idő (a megállások átlagos időtartama).

Az előző mutatószámok a forgalomlefordulás hatékonyságát, zavartalanságát szemléltetik. A GLOSA szolgáltatás hatását az összes mutató tekintetében érdemes vizsgálni. A környezetvédelmi szempontok csak közvetve jelennek meg a hatékonysági mutatók esetén a megállások számában, illetve a teljes utazási időben. Az egyes mért indikátorok eredményeit a **1. táblázat** mutatja be. Az átlagértékek a kontrolljármű („nélküle”) és a tesztjármű („vele”) esetekre kerültek feltüntetésre, a százalékos eltéréseket az utolsó oszlop tartalmazza.

A GLOSA szolgáltatás igénybevétele nem befolyásolta érdemben a teljes utazási időt és az átlagsebességet. Ennek oka lehet a győri útvonal forgalmi terheltsége, illetve a viszonylag rövid tesztszakasz, ahol a megengedett legnagyobb sebesség mindenhol 50 km/h. Jelentős javulás tapasztalható azonban a megállások számában (több mint 20%-os csökkenés) és a teljes várakozási időben (több mint 10%-os csökkenés). Az átlagos várakozási idő 13%-kal nőtt, ami önmagában kevésbé kívánatos eredmény, azonban ezek a megállások döntően a jelzőlámpa piros fázis kezdetéhez esnek, így hosszabbak is, mint a piros jelzés vége kör-

1. táblázat: GLOSA szolgáltatás vele és nélküle mérések összegzése
(Forrás: Magyar Közút Nrtz.)

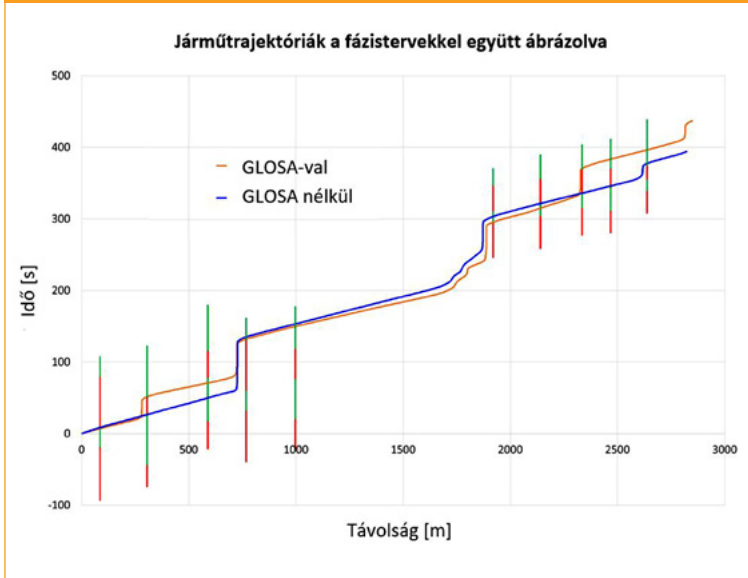
Indikátor	vele/ nélküle	Átlag	Eltérés (%)
Utazási idő (sec)	vele	314.67	0.39%
	nélküle	313.44	
Átlagsebesség (km/h)	vele	32.26	-0.39%
	nélküle	32.39	
Megállások száma	vele	2.11	-20.83%
	nélküle	2.67	
Várakozási idő (sec)	vele	57.22	-10.43%
	nélküle	63.89	
Átlagos várakozási idő (sec)	vele	27.11	13.14%

nyékén, korán érkező járművek rövid idejű megtorpanásai, amelyek rövid megállások az átlagos várakozási időt csökkentik a nélküle esetben. Annak ellenére, hogy a teszteredmények azt mutatják, hogy bizonyos hatékonysági mutatók (teljes utazási idő és átlagsebesség) gyakorlatilag változatlanok a vele illetve a nélküle esetben a GLOSA szolgáltatások egyértelműen hozzájárulnak a forgalom gördülékenyebbé tételéhez, és a környezetre is pozitív hatással vannak. A pozitív hatások elsősorban a megállások számának csökkenéséből fakadnak, aminek következtében kevesebb a fékezés és a gyorsítás. Bár a károsanyag-kibocsátás és az üzemanyag-fogyasztás közvetlen mérésére nem került sor, mivel az általános eredmények összhangban vannak más hasonló tanulmányokkal. A GLOSA szolgáltatás használatával a következő hatások valószínűsíthetők:

- 3-7% üzemanyag fogyasztás csökkenés a kereszteződéshez közeledve,
- 5% CO-kibocsátás csökkenés,
- 2% HC-kibocsátás csökkenés,
- 2% NO_x-kibocsátás csökkenés.

A 6. ábra a GLOSA szolgáltatásokban rejlő lehetőségeket mutatja be a tíz kereszteződésből álló tesztszakasz csomópontjainak fázistervébe illesztett vele és nélküle járműtrajektóriák ábrázolásával. A mérés csúcsidőszakban történt, a járművek trajektóriáit követve két

6. ábra: A járműtrajektóriák a fázistervekkel együtt ábrázolva
(Forrás: Magyar Közút Nzrt.)



megállás látható a nélküle esetben: a 2. és 8. csomópontoknál, illetve az utolsó kereszteződés után egy, de még mérés határon belül. Sőt, a tesztszakasz közepén, közvetlenül a 6. kereszteződés előtt a GLOSA szolgáltatásokat igénybe vevő jármű pályája sokkal egyenletesebb, mint a kontroll járműé, ami csökkenti a várakozási időt.

6. „OKOS ÚT” – INTELLIGENS INFRASTRUKTÚRA

6.1. Az okos út

Az okos út – intelligens infrastruktúra számos tulajdonságot, jellemzőt fed. A Mobilitás Platform által használt definíció szerint az okos út, vagy más néven automatizált autópályarendszer olyan intelligens közlekedési technológia, amely elsősorban az automatizált járművek közlekedését segíti egy előre meghatározott útvonalon. Elsődleges célja a forgalmi torlódások mérséklése azáltal, hogy jelentős mértékben csökkenti az egyes járművek közötti követési távolságot, lehetővé téve, hogy az út több gépjárművet legyen képes befogadni. Magyarországon az okos út

kifejezés az M76 gyorsforgalmi úttal kapcsolatban került be a köztudatba, amelynek egyik legfontosabb jellemzője, hogy autonóm járművek fejlesztésére és tesztelésére is alkalmasá kívánják tenni. Ezen túl a forgalomirányító jelzőlámpák hatékonyabb működtetését, az intelligens közvilágítás szabályozását, a burkolat állapotát és az aktuális forgalmi terhelés figyelemmel kísérését támogató, biztosító technológiákkal is rendelkezhet egy okos út. Az okos út adatokat gyűjt a környezetéről, a forgalomról, és továbbítja azokat a közpon-

ti forgalomirányítás felé és az útszakaszon közlekedő, szabványos V2X kommunikációra képes járművek felé, azaz a 4. pontban említett C-ITS szolgáltatások megvalósítását a telepített útmenti infrastruktúra és az ahhoz tartozó központi rendszerek támogatják. Az okos út infrastruktúrája tartalmazhat további tetszőleges, okos megoldásnak tekintett gépészeti, energetikai, informatikai és műszaki megoldásokat, melyek alkalmazása a közútkezelés-fenntartás és a kapcsolódó infrastruktúra üzemeltetése során felmerülhet. A forgalomirányításba bevont tradicionális ITS berendezéseken (mint például VJT-k, meteorológiai és forgalomszámláló állomások, térfigyelő- és AID kamerák) túl az új típusú és/vagy „haladó” logikát igénylő eszközökön (mint például bluetooth szenzorok, C-ITS RSU-k) át egészen a pihenőhelyek gépészeti berendezéseinek „okos” megoldásáig (mint például intelligens közvilágítás) terjednek a kapcsolódó eszközök, illetve rendszerek.

6.2. Az okos infrastruktúra besorolása

Az önvezetési képességek infrastruktúra-támogatását jellemző besorolás alapötlete az

2. táblázat: Az okos utak kiépítési szintjei (ISA) – a járműveknek nyújtott támogatás szerint (Forrás: Inframix)

	Szint	Név	Leírás	Az AV-k számára szolgáltatott információ			
				Digitális térkép statikus közúti jelzésekkel	VJT, figyelmeztetések, balesetek, időjárás	Mikroszkopikus forgalmi helyzetek	Irányítás: javaslat sebességre, követési távolságra, sávra
Hagyományos infrastruktúra	E	Hagyományos infrastruktúra, nincs AV	Hagyományos infrastruktúra digitális információ nélkül, AV-k fedélzeti eszközökkel érzékelnek forgalmat és közúti jelzéseket				
	D	Statikus digitális információ, térképes támogatás	Digitális térkép biztosítása statikus közúti jelzésekkel. A térkép adatai esetleg tájékozási pontokkal bővíthetők. Jelzőlámpákat, rövid ideig tartó sávlezárásokat és VJT-eket csak fedélzeti eszközökkel érzékelnek az AV-k.	X			
Digitális infrastruktúra	C	Dinamikus digitális információ	Minden dinamikus és statikus digitális információ az AV-k rendelkezésére áll.	X	X		
	B	Kooperatív észlelés	Az infrastruktúra képes érzékelni mikroszkopikus forgalmi helyzeteket, tájékoztatja az AV-eket.	X	X	X	
	A	Kooperatív járműirányítás	A járművek mozgását folyamatosan követve, az infrastruktúra képes a járműveket vezérelve optimalizálni a forgalmi folyamatot.	X	X	X	X

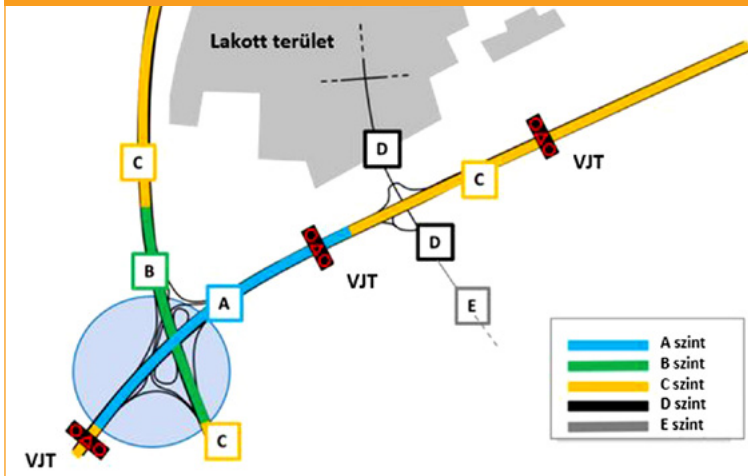
SAE ADAS szintjeitől származik, de attól teljesen függetlenül értelmezendő (tehát pl. az SAE 3. szintjének nem feltétele és nem is követelménye a digitális infrastruktúra követelményeknél szereplő ISA B szint, és fordítva sincs összefüggés). Az egyes szintek leírását a **2. táblázat** tartalmazza szintenként a járművek számára szolgáltatott információ-csomagokkal [10].

Az említett besorolási szintek elsősorban inkább útszakaszokra vonatkoznak, mint teljes autópályákra vagy hálózatrészekre. Ez teljesen hasonlóan működik, mint az infrastruktúra-fejlesztés általános gyakorlata: a forga-

lomirányító rendszerhez új elemeket azokon az útszakaszokon vagy azokban a csomópontokban terveznek és építenek, ahol valamilyen forgalmi probléma van (rendszeres torlódás, baleset, stb.), míg más szakaszokon nincs szükség fixen telepített forgalombefolyásoló rendszerekre. Az ISA támogatási szintek is szakasról szakaszra változhatnak (7. ábra), ahogy a forgalmi helyzet megköveteli. Ha egy bonyolult csomópont szükségessé teszi, helyi érzékelők telepítésével akár B vagy A szintű (tehát csaknem teljes) kiépítés segítheti a csomópont közvetlen környezetének forgalmát, míg az autópályán távolabb csak C szintű kiépítés van (pl. a VJT digitális jelét távolabb is



7. ábra: Példa az egyes ISA-szintek kiépítésére egy autópálya-főút csomópont környezetében (Forrás: Inframix)



lehet „fogni”). Ezen felül a keresztező főút is kaphat digitális térkép-támogatást az autópálya bizonyos környezetében (D szint), de tovább mindössze hagyományos infrastruktúra található [11].

Az egyes szintekhez különböző kapcsolati követelmények tartoznak. D szinten a digitális térképhez és a csomópont statikus adataihoz való hozzáférés alkalomszerű kapcsolatot igényel. C szinten, ahol már dinamikus információ is eljut a járművekbe, néhány másodpercenkénti rendszeres adatkapcsolatra van szükség. A valós idejű szenzoradatokkal dolgozó A és B szintek nagyon gyakori (másodpercenként több százszor használható) és stabil kapcsolatot igényelnek.

7. AUTONÓM TESZTSZAKASZOK, CCAM LIVING LAB HELYSZÍNEK

7.1. Járműipari tesztek

A digitális infrastruktúra, illetve annak magasabb szintjei ezidáig csak néhány helyen valósultak meg és jellemzően az autonóm járművek közúti tesztjeinek helyszínein, mint például a bajorországi A9 autópálya egy szakaszán vagy az osztrák A2-es autópálya Graz melletti szakaszán. Magyarországon a zala-

egerszegi próbapálya megépítésével lehetővé vált a magas szinten vagy teljesen automatizált járműtechnológiák zárt pályán (közforgalom elől elzárt területen) történő tesztelése [12], azonban az ilyen technológiákkal felszerelt járművek közforgalomban való részvételéhez, valós körülmények közötti közlekedésükhöz [13], továbbá az ilyen járművekkel szembeni közbizalom és elfogadottság kialakításához szükséges a megfelelő kontroll és felügyelet

mellett történő közúti tesztelés. Magyarország járműiparban betöltött szerepének növeléséhez (ide értve a járműipari teszt-helyszínné válását) szükséges, hogy ne csak zárt pályán, hanem a próbapályát elhagyva a közúton is biztosított legyen a tesztelés lehetősége, a közlekedés- és a közbiztonság csökkenése nélkül. Járműfejlesztési, tesztelési szempontból a közúti tesztkörnyezet akkor mondható ideálisnak, ha

- eseménydús, azaz változatos közlekedési környezetet biztosít vagy annak kialakítását teszi lehetővé,
- felügyelt, azaz a környezet és a tesztelési eljárás paraméterei, jellemzői kellő részletettséggel mérhetőek, felügyelhetőek és naplózhatóak,
- infokommunikációs technológiával (ICT) támogatott, azaz gyors, magas rendelkezésre állású és biztonságos adatkapcsolati lehetőséget biztosít.

Azonban figyelemmel arra is, hogy a járműfejlesztési tevékenység (különös tekintettel a magas szinten vagy teljesen automatizált járműtechnológiák fejlesztésére) elválaszthatatlan a közlekedési rendszer, illetve általánosságban a mobilitás más részeinek (pl. infrastruktúra) fejlesztésére irányuló tevékenységtől, valamint az információs és kommunikációs

technológiáktól, ezért a tesztkörnyezet kialakításának meghatározásánál ezen fejlesztések tesztelésére alkalmas környezetre is gondolni kell. A teljesség igénye nélkül a közúti környezet:

- az eseménydússágát befolyásoló, növelő szempontok (ívviszonyok, csomópontok, tereptárgyak, úttartozékok, műtárgyak),
- a felügyeltségét befolyásoló, növelő szempontok (kamerás lefedettség, HD map, különböző szenzorok, mérőeszközök, DGPS),
- az ICT támogatottságát befolyásoló, növelő szempontok (mobilkommunikációs lefedettség, wifi lefedettség, adatfeltöltési pontok, kapcsolódás a fejlesztőközpont-hoz).

Hazánkban is lehetséges a közúti tesztelés, amelyről szóló 5/1990 (IV.12.) és 6/1990 (IV.12.) KöHÉM rendelet 2017. április 12-től engedélyezi bizonyos feltételek betartása mellett a közúti teszteket. Országunk határain belül sem területi, sem időbeli korlátozás nincs erre vonatkozóan. A szabályozást a nyugati-európai és amerikai példákra alapozva hozták létre az ipari szereplők hozzájárulásával. A teszt engedélyezése előtt megvizsgálják azt is, hogy az adott cég rendelkezik-e kellő tapasztalattal biztonságkritikus funkciók fejlesztésében. Ilyen kötelmek közé tartozik például, hogy a cég alkalmaz-e belső minőségbiztosítási eljárásra vonatkozó folyamatokat. A tesztet megelőző benyújtandó kérelemnek olyan adatokat kell tartalmazni, mint például a járműfejlesztő neve és címe, a jármű gyártmánya, típusa stb. A teszt sofőrre vonatkozó követelménye olyan tesztsofőrt enged, aki legalább három éve szerzett vezetői engedéllyel és fejlesztési célú járművön szerzett, a munkáltató által biztosított dokumentumban feltüntetettek alapján legalább egy év gyakorlattal rendelkezik. A járműre vonatkozó követelmények előírják, hogy meghibásodás vagy zavar esetén a sofőrnek képesnek kell lennie a jármű irányítását haladéktalanul átvenni. Így a tesztsofőr felel a jármű biztonságos működéséért függetlenül attól, hogy az automatikus vagy kézi üzemmódban van. Ezen felül bizonyí-

tani kell, hogy a jármű átesett már sikeresen minősített zárt tesztpályás teszten. A tesztelt járművet úgy kell fejleszteni, hogy üzemzavar vagy meghibásodás esetén hangjelzéssel kell azt a sofőr felé jelezni, amelyet vizuális jelzés is kísér. Az automatizált fékezési,- és kormányrendszerét pedig úgy kell megtervezni, hogy meghibásodás esetén manuális irányítással lehessen fékezni és kormányozni. A fejlesztési járművet egy olyan adatrögzítő eszközzel kell ellátni, amelyen az adatok egy esetleges baleset esetén rekonstruálás céljából elérhetők legyenek.

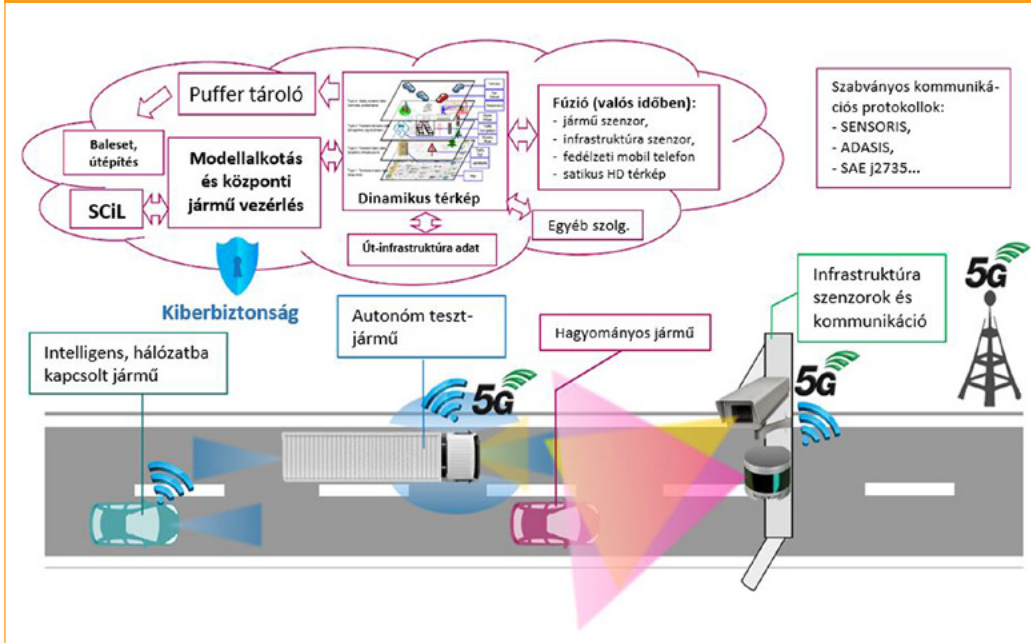
7.2. Az intelligens infrastruktúra szerepe a járműipari tesztekénél

Ugyan bárhol az országban végezhetőek közúti tesztek, megfogalmazódott az igény, hogy legyen a hálózaton több helyszín, ún. CCAM Living Lab, ahol rendelkezésre áll a fizikai eszközpark, amelynek segítségével különböző érzékelőkkel adatokat lehet gyűjteni a forgalmi paraméterekről, a forgalmi helyzetekről, a járművek mozgásáról, a közúti infrastruktúra aktuális jellemzőiről, és továbbítani lehet azokat egy központi adatplatformba az infrastruktúrában kialakított kommunikációs hálózat segítségével [15]. A fizikai és digitális infrastruktúrával szemben támasztott igények:

- autonóm közlekedéshez kapcsolódó információcseré támogatása (V2V, V2X),
- autonóm közlekedéshez kapcsolódó tesztlekés támogatása,
- járműfedélzeti adatok gyűjtésére módszerek és eljárások fejlesztése, kipróbálása,
- módszerek, eljárások kísérletezése és fejlesztése valós közlekedési körülményekből származó adatok feldolgozására és elemzésére,
- valós idejű környezetérzékelésre és digitális iker megvalósítására.

Ezen teszthelyszíneken várhatóan kiváló lehetőség nyílik mind az ADAS rendszerek, mind az önvezetés, mind pedig a jármű és az infrastruktúra (illetve a központi forgalomszabályozás) együttműködésének tesztelésére [16]. Az első ilyen helyszín, a *Central System* pro-

8. ábra: A Central System projekt koncepciója [14]



jekt keretein belül az M1-M7 autópályák közös szakaszán megvalósuló tesztszakasz, ahol a közel 1 kilométer hosszán öt szenzorsziget létesül különféle kamerákkal és egyéb szenzorokkal (LiDAR, Radar).

8. ÖSSZEFOGLALÁS

Az intelligens infrastruktúra támogatja az önzetű gépjárművek közlekedését és tesztelését, a szabályozói tevékenységet, illetve a közlekedési szabályok változtatásának lehetőségét, tehát kiváló helyszínek az ADAS rendszerek közúti tesztjeinek végrehajtására is. Az önzetű gépjárművek fokozatos bevonása a közlekedésbe számos előnnyel jár. A legfontosabb, hogy megfelelő szabályozás kialakításával, az autonóm gépjárművek szabályozott közlekedésbe való bevonásával jelentősen növelhető a közutak biztonsága, a személyi sérüléssel járó balesetek száma és súlyossága is jelentősen csökkenhet, valamint a torlódások csökkentését eredményezheti. Azonban az önzetű járművek elterjedése előtt is érdemes az okos utak, azaz a digitá-

lis infrastruktúra megvalósítására áldozni, hiszen különböző forrásokból elérhető egyre nagyobb mennyiségű és egyre részletesebb információ, illetve a modern szenzorokból származó hatalmas mennyiségű nyers és feldolgozott adat miatt részletesebb képet lehet alkotni az aktuális forgalmi helyzetről. Ez azt is jelenti, hogy sokkal jobb, a valóságot jobban reprezentáló modelleket lehet alkotni, és jobban előre lehet jelezni a forgalom várható alakulását egy hálózaton akár 30-60 perces időtávra is. A digitális infrastruktúra, és a V2X kommunikáció ezen kívül lehetővé teszi számos C-ITS szolgáltatás megvalósítását, amelyek az önzetűség nélkül is jelentős mértékben képesek javítani a biztonságot és a hatékonyságot.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Horváth, M.T.; Lu, Q.; Tettamanti, T.; Török, Á.; Szalay, Z.: Vehicle-in-the-loop (VIL) and scenario-in-the-loop (SCIL) automotivesimulation concepts from the perspectives of traffic simulation and traffic

- control. Transport and Telecommunication Journal 2019, 20, 153–161. DOI: <https://doi.org/f9v5>
- [2] Solmaz, S.; Rudigier, M.; Mischinger, M. A Vehicle-in-the-Loop Methodology for Evaluating Automated Driving Functions in Virtual Traffic. 2020 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), 2020, pp. 1465–1471 DOI: <https://doi.org/h3m5>
- [3] Robotics & Automation News <https://roboticsandautomationnews.com/2017/07/01/adas-features-of-advanced-driver-assistance-systems/13194/>
- [4] BME – Magyar Közút – DMLAB Közúti gépjármű forgalom raj-viselkedésének elemzésére alkalmas kutatás-fejlesztési infrastruktúra és kompetencia létrehozása - Megvalósíthatósági tanulmány Innovatív Mobilitás Program, KTI_KVIG_9-3_2021
- [5] Nagy, Á. – Tomaschek, T.: “Towards Connected and Automated Driving – Achievements of Crocodile, and Plans of Future”, XV. European Transport Congress and X. International Road Congress, Budapest, 2017. június 8-9. ISBN 978-615-5298-99-8
- [6] C-Roads, The platform of harmonised C-ITS deployment in Europe, <https://www.c-roads.eu/>
- [7] ECo-AT (European Corridor – Austrian Testbed for Cooperative Systems) <http://eco-at.info/>
- [8] Tomaschek Tamás: “Towards Connected and Automated Driving in Hungary – The Changing Role of the Road Operator” - PROCEEDINGS MAÚT25 International Scientific Symposium Budapest, 2019. szeptember 17-18. ISBN 978-615-00-6240-2
- [9] Magyar Közút Nzrt. C-Roads National Evaluation Report for Hungary: PVD and GLOSA (Version 1.0), C-Roads Working Group 3 – Evaluation and Assessment, June 2021
- [10] INFRAMIX prepare the road infrastructure with specific affordable adaptations and to support it with new models and tools, to accommodate for the step-wise introduction of automated vehicles <https://www.inframix.eu/>
- [11] Carreras A., Daura X., Erhart J., Ruehrup S. Road infrastructure support levels for automated driving (EU-TP1488) 25th ITS World Congress, Copenhagen, Denmark, 17-21 September 2018
- [12] Szalay, Zs.; Hamar, Z.; Simon, P. (2018) A Multi-layer Autonomous Vehicle and Simulation Validation Ecosystem Axis: ZalaZONE. In: Strand, Marcus; Dillmann, Rüdiger; Menegatti, Emanuele; Ghidoni, Stefano (editor) Intelligent Autonomous Systems 15, Cham, Switzerland: Springer International Publishing, 954-963. ISBN: 9783030013707
- [13] Lengyel, H.; Tettamanti, T.; Szalay, Zs. Conflicts of Automated Driving With Conventional Traffic Infrastructure, IEEE Access PP(99):1-1 DOI: <https://doi.org/gjr2v9>
- [14] Tihanyi, V.; Tettamanti, T.; Csonthó, M.; Eichberger, A.; Ficzer, D.; Gangel, K.; Hörmann, L.B.; Klaffenböck, M. A.; Knauder, C.; Luley, P.; et al. Motorway Measurement Campaign to Support R&D Activities in the Field of Automated Driving Technologies, Sensors 2021, 21, 2169. DOI: <https://doi.org/gjkgp5w>
- [15] Tihanyi, V.; Rövid, A.; Remeli, V.; Vincze, Zs.; Csonthó, M.; Pethő, Zs.; Szalai, M.; Varga, B.; Khalil, A.; Szalay, Zs. Towards Cooperative Perception Services for ITS: Digital Twin in the Automotive Edge Cloud, Energies 2021, 14(18), 5930 DOI: <https://doi.org/gndb36>
- [16] Kakan C. Dey; Li Yan; Xujie Wang; Yue Wang; Haiying Shen; Mashrur Chowdhury; Lei Yu; Chenxi Qiu; Vivekgautham Soundararaj A Review of Communication, Driver Characteristics, and Controls Aspects of Cooperative Adaptive Cruise Control (CACC) IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Volume 17, Issue 2, Feb. 2016, pp 491–509. DOI: <https://doi.org/f7945p>



The role of intelligent infrastructure in the development of road safety and autonomous vehicles

Intelligent infrastructure supports the traffic and testing of self-driving vehicles, as well as regulatory activity and the possibility to change traffic rules, providing an excellent location to carry out road tests of ADAS systems. There are a number of benefits to the gradual integration of self-driving vehicles into transport. Most importantly, the development of appropriate regulations and the inclusion of autonomous vehicles in regulated traffic can significantly increase road safety, significantly reduce the number and severity of accidents involving personal injuries and result in reduced congestion.



Die Rolle intelligenter Infrastruktur bei der Entwicklung der Verkehrssicherheit und von den autonomen Fahrzeugen

Die intelligente Infrastruktur unterstützt den Verkehr und die Erprobung von selbstfahrenden Fahrzeugen, die regulatorische Aktivitäten und die Möglichkeit, die Verkehrsregeln zu ändern, und bietet einen hervorragenden Ort, um Straßentests von ADAS-Systemen durchzuführen. Die allmähliche Integration selbstfahrender Fahrzeuge in den Verkehr hat eine Reihe von Vorteilen. Vor allem aber kann die Entwicklung geeigneter Regelungen und die Einbeziehung autonomer Fahrzeuge in den geregelten Verkehr die Verkehrssicherheit deutlich erhöhen, die Zahl und Schwere von Unfällen mit Personenschaden deutlich reduzieren und Staus reduzieren.

E számunk lektorai

Horváth Lajos ■ Dr. Katona András
Dr. Tettamanti Tamás ■ Dr. Tóth János

KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI SZEMLE MEGRENDELŐLAP

Alulírott
megrendelem a Közlekedéstudományi Szemlét a következő hónaptól az alábbiak szerint.

Megrendelő neve:

Címe (ahová a lapot kéri):
.....
.....

Telefonszám:

Fax:

E-mail:

Az előfizetési díjat az alábbiak szerint fizetheti be:*

Banki átutalással (név és cím feltüntetésével) a következő bankszámlaszámra:
10200823-22212474

Készpénzzel a KTE irodában: 1066 Budapest, Teréz krt. 38. II. em. 235.

**A megfelelőt kérjük beikszelni!*

Előfizetés 1 évre: **

• Nyomtatott változat: 8280 Ft/pld. pld.

• Egyéni KTE tagoknak nyomtatott változat: 4140 Ft/pld.
(tagdíj nélkül) pld.

***A kért példányszámot kérjük kitölteni!*

Az előfizetési díjról számlát kérek: igen nem

Számlázási név:

Számlázási cím:

Az első lapszám kézbesítésére az előfizetési díj befizetését követően kerül sor. Az egyéves előfizetés 6 lapszámot tartalmaz.

Dátum: alíírás

DIGITÁLIS VÁLTOZAT

Digitális változat megrendelése csak egyéni előfizetőknek lehetséges!

• Digitális változat ára egyéni KTE tagoknak 4140 Ft/év (tagdíj nélkül) pld.

• Digitális változat ára NEM KTE tagoknak 6000 Ft/év pld.

Megrendelő neve: E-mail címe:

Dátum: alíírás

Kérjük, hogy a megrendelő lapot e-mailben a szemle@ktenet.hu e-mail címre, faxon a 06-1-353-2005 számra, vagy a 1066 Budapest Teréz krt. 38. II. em. 235. postacímre szíveskedjen elküldeni!

Támogatóink



INNOVÁCIÓS ÉS TECHNOLÓGIAI
MINISZTERIUM



EMBERI ERŐFORRÁSOK
MINISZTERIUMA

Petőfi
Kulturális
Ügynökség

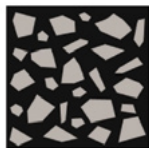


FÜMTERV



STADLER

Stadler Trains Magyarország Kft.



EUROASFALT
ÉPÍTŐ ÉS SZOLGÁLTATÓ KFT.

HungaroControl

Magyar Légiforgalmi Szolgálat

KÖZLEKEDÉS
FŐVÁROSI TERVEZŐ IRODA KFT.



NEMZETI
ÚTDÍJFIZETÉSI
SZOLGÁLTATÓ ZRT.

