

LXXI. ÉVFOLYAM 3. SZÁM  
2021. JÚNIUS

# KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI SZEMLE



A KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI EGYESÜLET SZAKLAPJA  
ALAPÍTVÁ 1951-BEN

# Zöld út a tudásnak, elsőbbség a biztonságnak

## – bemutatkozik a Vizsgaközpont



A 2019. január 1-jén létrehozott KAV Közlekedési Alkalmassági és Vizsgaközpont Nonprofit Kft. felelős a hazai járművezetők és közlekedési szakemberek vizsgáinak, alkalmassági vizsgálatainak és utánpótlásainak szervezéséért, lebonyolításáért.

A társaság szakmai tevékenysége az összes közlekedési ágazatra, a közúti, a vasúti, a hajózási és a légügyi területre is kiterjed. Az ország valamennyi megyéjében kirendeltséggel és ügyfélszolgálattal rendelkezik, szolgáltatásaival évente több mint 400 ezer ügyfelet szolgál ki gördülékenyen és magas színvonalon. A szervezet által lebonyolított vizsga-, vizsgálati és képzési alkalmak száma éves szinten megközelíti a 700 ezret.

### A VIZSGAKÖZPONT AZ ALÁBBI FELADATOKAT LÁTJA EL:

- közúti járművezetők és közúti közlekedési szakemberek vizsgáztatása
- közúti járművezetők utánpótlásának szervezése
- közúti járművezetők és közúti közlekedési szakemberek képzésének, továbbképzésének, utánpótlásának, vizsgáztatásának ellenőrzése és szakmai felügyelete
- a közúti járművezetők pályalkalmassági vizsgálat
- közlekedépszichológiai igazságügyi szakértői vizsgálatok elvégzése
- hajós vizsgák lebonyolítása
- a vasúti közlekedés biztonságával összefüggő munkakört betöltők vizsgáinak lebonyolítása, az ehhez kapcsolódó feladatok ellátása
- a távoli pilóta képzés megszerzéséhez szükséges vizsgák lebonyolítása.

További információk a társaság weboldalán: [vizsgakozpont.hu](http://vizsgakozpont.hu)

## 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. Gilicz 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 őrzünk meg.

# TARTALOM

**Dr. Borsos Attila – Dr. Koren Csaba**

Az autonóm járművek és a biztonságos közúti infrastruktúra

4

**Szalai Máttyás – Dr. Tettamanti Tamás**

Kevert valóság fejlesztési környezet autonóm járművek számára

17

**Dr. Szeri István – Berente István**

A közlekedési "sharing economy" rendszerek szabályozási szükségszerűsége

29

**Horváth Balázs – Török Ádám**

Közlekedés és Környezetvédelem – Emlékeztető az MTA Közlekedés- és Járműtudományi Bizottságának üléséről

42

## Melléklet

*Közlekedésbiztonság -*

*Közlekedési környezetvédelem*

**Pauer Gábor – Krizsik Nóra –**

**Berta Tamás – Hamza Zsolt**

A kijelölt gyalogos-átkelőhelyek biztonsági szintjét befolyásoló kockázati tényezők értékelése

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.

# Az autonóm járművek és a biztonságos közúti infrastruktúra

Az önvezető járművek fejlesztésével és állományuk növekedésével összefüggésben egyre inkább felvetődik az új járművek és az azokat kiszolgáló infrastruktúra viszonya. Ezért különösen fontos, hogy napjaink egyik jelentős és a közlekedést közvetlenül érintő kérdésével a tudomány minél intenzívebben foglalkozzon.

DOI: <https://doi.org/10.24228/KTSZ.2021.3.1>

## Dr. Borsos Attila – Dr. Koren Csaba

Széchenyi István Egyetem, Közlekedésépítési és Vízmérnöki Tanszék  
e-mail: borosa@sze.hu, koren@sze.hu

### 1. BEVEZETÉS

Az utóbbi években az önvezető (autonóm) járművek fejlesztése jelentős előrehaladást ért el. Az útjainkon közlekedő járművek egy része már rendelkezik bizonyos autonóm funkciókkal. Keveset lehet azonban hallani az autonóm járművek és a közúti infrastruktúra viszonyáról, vagyis arról, hogy támasztanak-e különös igényeket az autonóm járművek a hagyományos infrastruktúrával szemben, és hogy kell-e útjainkon valamiféle beavatkozásokat tervezni az autonóm járművek zavartalan és biztonságos közlekedése érdekében. Ezen témakörök vizsgálata során tekintettel kell lenni arra, hogy

- az autonóm járművek fejlettségi szintje csak fokozatosan növekszik, és
- a hagyományos és az autonóm járművek jó ideig együtt közlekednek útjainkon.

Az autonóm járművek fejlesztésével kapcsolatban többféle kutatási irány létezik.

Az egyik irány szerint a járműveknek kell minél okosabbnak lenniük, hogy önállóan közlekedni tudjanak mindenféle szituációban. Ezen

a területen nagyon sok előrelépés történt, a járművek szenzorai, a beléjük épített mesterséges intelligencia képességei sokat fejlődtek. Itt a korlátot megítélésünk szerint az jelenti, hogy a tanítás jól definiálható környezetre korlátozódik, olyan helyszínekre, amelyeknek vannak határaik, vannak a mozgásnak játékszabályai (van út, annak van széle, van forgalmi sáv, annak van iránya stb.). Továbbá alkalmassá lehet tenni járműveket nem jól definiált útra (pl. földúton) vagy természetes terepen történő navigálásra is, vannak ezt célzó katonai alkalmazások.

A fejlesztés másik iránya a digitális infrastruktúrát jelenti. Ebbe beleértjük a digitális térképeket, az ezekre támaszkodó navigációs rendszereket, a járműveken belüli vagy kívüli tájékoztató rendszereket, az infrastruktúra-jármű (I2V) és a jármű-jármű (V2V) kommunikációt. Ezen a területen is óriási előrehaladás történt az elmúlt évtizedben. Ennek az iránynak a képviselői azt mondják, hogy az okos utak elterjedése és a nagy felbontású (HD) digitális térképek alkalmazása a megoldás kulcsa. Itt a korlátok megítélésünk szerint egyrészt térbeliek (sikerül-e és mikorra minden

utat okossá tenni), másrészt időbeliek (sikerül-e valós időben rögzíteni pl. minden csőtörés miatti útlezárást stb.) és ha igen, akkor ez milyen erőforrásokat igényel.

A fent említett korlátok arra mutatnak rá, hogy harmadik irányként a hagyományos fizikai infrastruktúrának is helye van az autonóm járművekkel kapcsolatos gondolkodásban. Eddig kevés olyan irányú kutatás látott napvilágot, hogy a jelenlegi közúti infrastruktúra mennyiben alkalmas az autonóm járművek közlekedésére, hogy lehet-e, kell-e az infrastruktúra bizonyos jellemzőit változtatni annak érdekében, hogy a várhatóan még hosszú ideig együtt élő hagyományos és autonóm járművek közlekedése minél zavartalanabb legyen.

Az utóbbi időben néhány kutató elkezdett foglalkozni ezzel a témával. Farah (TU Delft) egy Budapesten tartott előadásában és írott publikációjában is [1] foglalkozott a digitális és a fizikai infrastruktúra jelenlegi helyzetével. Munkatársaival megállapították, hogy a digitális infrastruktúrával számos kutatás foglalkozik, viszont a fizikai infrastruktúrát tekintve hiány mutatkozik. Ezt figyelembe véve Hollandiában ötletbörzét tartottak különböző tudományok képviselőivel és összeállítottak egy témalistát a jövőben javasolt kutatási irányokkal.

A magyar viszonyokat Egyházy „térképezte föl”, javasolva a gyorsan fejlődő IT megoldások és a sok tapasztalatot magukba foglaló hagyományos úttervezési előírások integrációját [2]. Még nem túl sok, de vannak már publikált példák az autonóm járművek és a hagyományos infrastruktúra konfliktusaira [3].

Tanszékünkön 2019 óta egy kutatási témacsoport művelése folyik, amelyben az autonóm járművek és a közúti (fizikai) infrastruktúra kapcsolatával foglalkozunk. A munka egy tématerkép felállításával kezdődött. Ebben öt témacsoportot definiáltunk: úttervezés, érzékelés, pályaszerkezet, védtelen közlekedők és egyéb témák. A témacsoportokon belül több témát azonosítottunk, ezek közül ismertünk néhányat.

## 2. ÚTTERVEZÉS

Az úttervezésben alkalmazott számos elv és paraméter (pl. a vízszintes és függőleges ívek sugara, az oldalesés, a látótávolságok) járműdinamikai megfontolásokon és/vagy emberi képességeken (pl. reakcióidő) alapulnak. Az autonóm járművek tulajdonságai viszont eltérőek a fentiektől. Ebben a fejezetben ezeknek az eltéréseknek a lehetséges következményeivel foglalkozunk.

### 2.1. Vonalvezetés

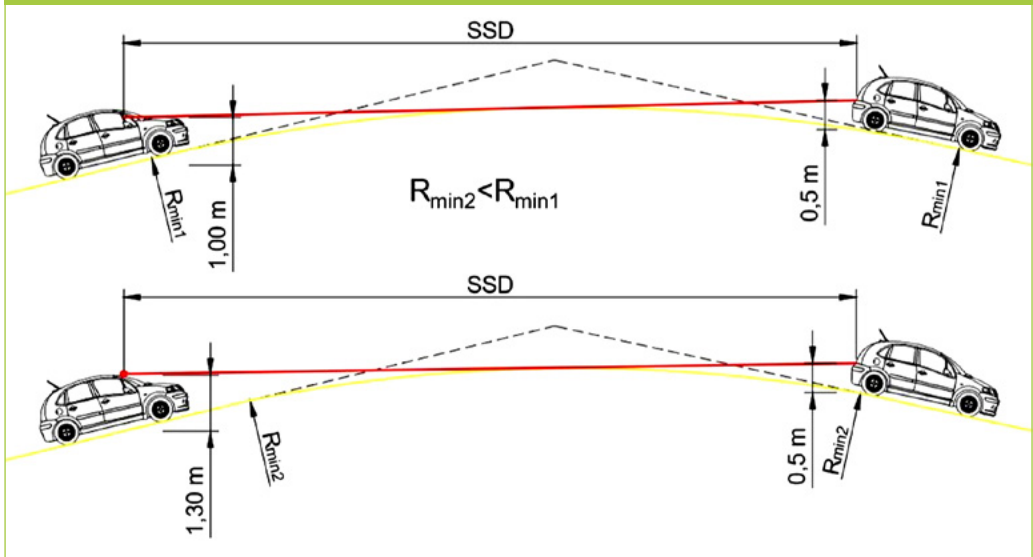
A jelenlegi úttervezési paramétereket meghatározó tényezők a járművek fizikai tulajdonságai, a járműdinamika, a vízvezetés, a forgalomnagyság, a járművezetők fizikai és idegi képességei, a komfort és a biztonság. Az autonóm járművek elterjedésével ezen tényezők némelyike változik, egyesek jobban, mások kevésbé. A jövő járművei más követelményeket állíthatnak az utakkal szemben [4].

A várható legjelentősebb változás, hogy az emberi szemet helyettesítő szenzorok nem szemmagasságban helyezkednek el (a járművön belül vagy azon kívül), továbbá az emberi szem és a szenzorok pontossága között is vannak különbségek. Ha a szenzorok magasabban vannak, mint eddig a járművezető szeme volt, adott vízszintes és magassági vonalvezetés esetén a jármű messzebbre lát el (*1. ábra*). Az autonóm jármű kisebb reakcióidejéből adódóan az „ő” megállási látótávolsága is csökken. Ebből azonban nem következik azonnal, hogy elegendő kisebb vízszintes és magassági ívsugarakat alkalmazni, hiszen a hagyományos és az autonóm járművek még jó ideig együtt közlekednek. Az viszont kutatás tárgyát képezheti, hogy a jövőben esetleg bevezetendő, csak autonóm járművek számára fenntartott utakon/forgalmi sávokon milyen geometriához milyen megengedett sebesség tartozzon.

### 2.2. Csomópontok

Az úthálózatnak ezeken a különösen veszélyes pontjain mind az emberi járművezetőknek, mind az autonóm járműveknek jóval több in-

1. ábra: A magasabbra helyezett érzékelő kisebb sugarú domború ív esetén is kellő távolságra elláthat



formációt kell gyűjteniük a környezetükből, mint folyópályán. Ebben a helyzetben is különbözőek a hagyományos és az autonóm járművek tulajdonságai.

### 2.2.1. Láthatóság a csomópontokban

A jelzőtáblával szabályozott csomópontokban a láthatósági követelmény abból adódik, hogy az alárendelt irányból érkező jármű vezetőjének a főirányban érkező járművek között bizonyos minimális időre van szüksége ahhoz, hogy biztonságosan tudjon keresztezni (becsatlakozni). Ebből az időből és a főirányban közeledő jármű sebességéből kiszámítható, hogy milyen messzire kell ellátnia az alárendelt irányból érkező jármű vezetőjének.

Az autonóm járműnek itt is előnye a gyorsabb reakcióideje, ennél fogva kisebb a számára szabadon tartandó látómező. A szenzorok viszont ebben a helyzetben nem feltétlenül nyújtanak jobb eredményt az emberi szemnél. Mint azt eddigi kutatásaink mutatják, a szenzorok jobbak a távolság becslésében, viszont az emberi szem szögfelbontása jobb a jelenleg alkalmazott szenzorokénál. A bizonyos

esetben kritikusnak tekinthető 200 m körüli távolságból pl. az emberi szem meg tudja különböztetni a közeledő jármű két fényszóróját, míg a szenzor csak egy pontot lát. Előnye van viszont az autonóm járműnek a ferde szögű csomópontokban, mivel itt a járművezetőnek bizonyos esetekben kényelmetlenül nagy szögben kell elfordítania fejét, ami észlelési problémákat okozhat, míg a szenzor látómezeje akár 360 fokok is lehet. Ebben a témában részletesebben lásd: [5].

### 2.2.2. Körforgalmak kapacitása

Ismeretes, hogy a körforgalmú csomópontok kapacitását a geometriai jellemzőkön kívül a gyalogosok és kerékpárosok jelenléte is befolyásolja. A városi körforgalmak kapacitászámítása országoként változó, egyes helyeken figyelembe veszik a gyalogosokat és kerékpárosokat, máshol nem. A konfliktus-helyzetek is különbözőek, létrejöhetnek ilyenek a bejáratnál és a kijáratnál is, utóbbi esetben visszaduzzasztást okozva a körforgalomban. Az egyes országok gyakorlata azért is különbözik egymástól, mert a gyalogosok és kerékpárosok, valamint a gépjárművezetők közötti elsőbbség-érvényesítési és udva-

riassági viszonyok országonként – de még egy országon belül is - jelentős különbségeket mutatnak.

Külföldön már készültek olyan publikációk, amelyek az autonóm járművek hatását vizsgálták a körforgalmak forgalomlefordulási és biztonsági jellemzőire [6]. Kevésbé foglalkoztak viszont azzal, hogy a fentebb leírt konfliktusok hogyan változnak az autonóm járművek megjelenésével és ez hogyan befolyásolja a kapacitást.

A jelenlegi hazai műszaki előírás foglalkozik ugyan a gyalogosok kapacitáscsökkentő hatásával, de több ponton hiányosan. Ennek a kutatási témának a célja tehát 1) korszerűsíteni a körforgalmak kapacitászámítási módszerét az összes úthasználó figyelembevételével és 2) szimulációval megvizsgálni azt, hogy az autonóm járművek különböző elterjedési arányuk esetén hogyan befolyásolják ezeket az eredményeket.

### **2.2.3. Változások a jelzőlámpás csomópontok kialakításában**

A jelzőlámpás csomópontok geometriai kialakítása és kapacitászámítása (pl. a stopvonalak és a jelzőfejek elhelyezése, vagy a követési időközök) a járművezetők képességeit veszik figyelembe. Az autonóm járművek terjedésével a fejlettebb érzékelési és kommunikációs módszerek következtében ezen paraméterek változhatnak [7]. Ennek lehetséges következményei a kisebb csomóponti mag, a stopvonalak áthelyezése, a forgalmi sávok számának változása, rövidebb követési időközök, növekvő kapacitás, jobb szolgáltatási színvonal (több zöldidő) a gyalogosoknak és kerékpárosoknak, V2I kommunikáció stb. A kutatás ezen részének célja a lehetséges változások azonosítása az autonóm járművek különböző elterjedése esetére. Nem foglalkozunk viszont az irányítás kérdéseivel, azt mások részletesen tárgyalják [8].

### **2.3. Keresztmetszet**

A keresztmetszet az egyes útkategóriák fontos jellemzője. Jelentős hatása van a kapacitásra és

a kialakuló sebességre is. A kapacitást lényegében a forgalmi sávok száma határozza meg.

### **2.3.1. A forgalmi sávok szélességének felülvizsgálata**

A forgalmi sávok jelenlegi szélességét a járművek szélessége, sebessége és a járművezetők sávtartó-képessége határozták meg. Az autonóm járművek – ideértve a sávtartó asszisztenssel felszerelt még nem autonóm járműveket is – sokkal pontosabban képesek követni a sáv tengelyét, ezért a jövőben a forgalmi sáv szélességének megállapításánál a járműméret lesz a meghatározó. A sáv szélességet azonban egészen addig nem lehet csökkenteni, ameddig hagyományos járművek is forgalomban vannak. A teljes útpálya szélesség csökkentése azonban kérdéses, mert az autonóm járművekkel a közlekedési igény várhatóan nő (gyerekek és idősek, mozgásukban korlátozott személyek stb.) [9]. E témában azt a célt tűztük ki, hogy meghatározzuk azokat az utakat vagy autonóm jármű forgalom nagyságokat, ahol az út csökkentett sáv szélességgel is működtethető.

### **2.3.2. A szolgáltatási szintek felülvizsgálata**

Az autonóm járművek egymáshoz közelebb képesek haladni (kisebb követési távolsággal, nagyobb sűrűséggel), sebességeloszlásuk homogénebb. Ennek eredményeképpen nagy forgalomban kevesebbszer alakulnak ki lökés hullámok és torlódások, csökken az idővesztés, ami a szolgáltatási szint fontos tényezője.

Az idővesztések meghatározása jelenleg ritkán vagy csak indirekt módon, a forgalom nagyság alapján, becsléssel történik. A jövőben a fejlett V2I kommunikáció eredményeképpen az autonóm járművek mozgásáról nagy mennyiségben lesznek elérhető, jó minőségű adatok. Ezeket az adatokat a forgalmi elemzésekhez jól lehet majd használni.

A járművek helyigényének és mozgási jellemzőinek változása megváltoztatja a jelenleg használt egységjárműsorozókat és a fundamentális diagramokat. Ezek új kutatási feladatokat jelentenek.



## 2.4. Útszakaszok

Ebben a fejezetben az útszakaszokkal kapcsolatos néhány téma-kezdeményt ismertetünk.

### 2.4.1. Váltakozó irányú forgalmi sávok

A váltakozó irányú forgalmi sávok lehetővé teszik az út keresztmetszetének jobb kihasználását. Ez különösen elővárosi szakaszokon lehet érdekes, ahol nagyarányú az ingázó forgalom. Az ilyen sávok kijelölésénél több tényezőt kell figyelembe venni: a csomópontok elhelyezkedését, a közöttük lévő távolságot, a megengedett csomóponti forduló mozgásokat, az összehangolást, a forgalomnagyságokat, valamint az irányok és váltásuk jelzését. Ezen tényezők némelyike változhat a jövőben: a jelzés egyszerűbb lehet az I2V kommunikációval, több sávot lehet megfordítani stb. Itt a kutatási kérdés az, hogy az autonóm járművek megjelenésével milyen feltételek szükségesek a váltakozó irányú forgalmi sávok szélesebb körű alkalmazásához?

### 2.4.2. Sebességprofilok és ajánlott sebességek

A sebesség alapvető jelentőségű a forgalom-biztonságban [10]. Az út tervezési sebessége, a táblával jelölt megengedett legnagyobb sebesség, a valóságos sebesség és a járműdinamikailag megfelelő sebesség sok esetben nem azonos. Hogyan biztosítsuk azt, hogy az autonóm jármű a biztonságos sebességgel haladjon? A biztonságos sebességet általában nem jelzik az utakon sebességkorlátozó táblákkal, továbbá a szenzorok által közvetített kép sem ad elég információt. A kutatás azzal foglalkozik, hogy az út paramétereire alapján milyen ajánlást lehet adni az autonóm jármű számára a biztonságos sebességről. A legfontosabb figyelembeveendő paraméterek: vízszintes és magassági vonalvezetés, oldalesés viszonyok, szabad látótávolság, burkolatfelületi jellemzők, időjárási viszonyok. A többi jármű jelenléte nyilván mindezt még befolyásolja.

### 2.4.3. Előzésre alkalmas szakaszok

Úttervezési előírásaink szerint a 2x1 sávok utak hosszának bizonyos hányadán meg kell

lennie az előzési látótávolságnak. Ennek a kritériumnak a meglévő utak nem mindig felelnek meg. Az előzésre alkalmas szakaszok a szolgáltatási színvonalat emelik, de ugyanakkor veszélyforrást is jelentenek. Az előzési igények a járművek kívánt sebességének inhomogén eloszlásából fakadnak. Az autonóm járművek megjelenésével a sebességek várhatóan homogénebbek lesznek, ezért az előzési igény csökken, de nem szűnik meg. Több lesz az oszlopban haladó jármű, ezek megelőzése a nagyobb előzési úthossz miatt kockázatosabb. Külön vizsgálatot igényel az oszlopban haladó autonóm, ill. összekapcsolt járművek közé történő visszatérés az előzés befejezésekor. Honnan tudjuk, hogy ilyen oszlopot előzünk hagyományos járművel? Beengednek-e az autonóm / összekapcsolt járművek maguk közé a visszatéréskor? Fentiek alapján az előzésre alkalmas szakaszok, ill. előzési tilalmak újra-definiálására lesz szükség. A kutatás ennek kritériumait kívánja vizsgálni.

## 3. ÉRZÉKELÉS, ÉSZLELÉS

Az autonóm járművek jórészt szenzorok segítségével gyűjtik az információkat, amiket aztán döntéseikhez felhasználnak. A szenzorok képességei eltérnek az emberi szemétől. Ennek jelentősége más és más lehet az érzékelendő objektumoktól függően.

### 3.1. Jelzőtáblák és útburkolati jelek

Elterjedésük időszakában és a hagyományos járművekkel való együttélés során az autonóm járműveknek szükségük van a jelzőtáblák és útburkolati jelek megbízható felismerésére és megértésére. A jelzésrendszernek egyértelműnek és egységesnek kell lennie. Ezeket az elveket a Bécsi Közlekedési Egyezmény már 1968-ban deklarálta [11], de a gyakorlatban számos példát találunk az egyes országok közötti eltérésekre. A „Közúti Infrastruktúra Biztonsági Kezeléséről” szóló irányelvet módosító 2019/1936 sz. EU irányelv [12] pedig új elemként hangsúlyozza, hogy „egységes előírásokat kell megállapítani az útburkolati jelek és közúti jelzések járművezetők és automatizált vezetéstámogató rendszerek általi tényleges olvashatóságának és észlelhetőségének támogatása céljából.”



A jelzőtábla-felismerő rendszert manapság már számos gyártó kínálja a közepes kategóriájú járműveiben. Egyes kutatások egyre jobb eredményekről, akár 99%-os megbízhatóságról számolnak be [13]. Nem esik azonban szó a bonyolult, esetleg egymásnak ellentmondó információkat tartalmazó, vagy nem szabványos jelzések kezeléséről.

Egy friss EU-projekt a jelzőtáblák és a burkolati jelek minőségével és az autonóm járművek általi észlelhetőségével foglalkozott [14]. A burkolati jelek szerepe annyiban is fontos, hogy a sávtartást segítő rendszerekhez ezek adják az alapvető információt. Megállapították, hogy a burkolati jelek minőségén kívül a szélességüknek is jelentős szerepük van a biztonságos felismerésben. Ezért az eddigiéknél szélesebb, 150 mm-es burkolati jelekre tettek javaslatot. Hasonló törekvések vannak az Egyesült Államokban is [15]. A jelzőtáblák észlelhetőségével magyar kutatás is foglalkozik [16].

### 3.1.1. Külön információ veszélyes helyeken

A burkolati jelek tekintetében azt érdemes vizsgálni, hogy a folyamatosan figyelt jelekhez képest milyen többlet-információval lehet az autonóm járművek közlekedését segíteni. A vonal szaggatása, a végződés kialakítása

többlet-információt adhat. Ezt az információt valamilyen, a burkolatba helyezett jeladókkal is lehet közvetíteni pl. a sáv megszűnéséről, a tilosba való behajtás elkerüléséről.

Érdeemes foglalkozni az autonóm járművek számára kifejlesztendő speciális jelzőtáblákkal, amelyeken a szokásos tartalom mellett pl. QR-kóddal is át lehet adni az információkat.

### 3.1.2. Észlelhetőség rossz időjárási viszonyok között

A rossz időjárási viszonyok (intenzív eső, havazás, havas-jeges útburkolat, köd) nehezítik vagy lehetetlenné teszik a jelzőtáblák vagy a burkolati jelek érzékelését. A kutatás arra irányul, hogy ezek az események milyen jellemzőikkel jelentenek konkrét látáshatósági problémákat, és ilyen esetekben jelezni tudjunk az autonóm járműveknek.

### 3.2. Közúton folyó munkák

Az ideiglenes útelkorlátozások kialakításának nagy változatossága következtében ezek felismerése és a követendő magatartás meghatározása a járművezető számára bonyolult feladat, így feltételezhetően az autonóm jármű számára is az (2. ábra). A kutatás célja a járműveze-

2. ábra: Összetett útelkorlátozás



tők és az autonóm járművek számára közvetítendő információk azonosítása. További cél azon helyzetek és pontok azonosítása, amikor az autonóm jármű még képes az önálló navigálásra, majd, ahol az elrendezés bonyolultsága azt igényli, hogy a járművezető bizonyos ponton átvegye, illetve a kritikus szakasz végén visszaadja az irányítást.

Az eddigi kutatások azt mutatták, hogy a terelőkúpok sűrű sora, a nagyméretű táblák és a villogó fények hatékonyan tájékoztatják a vezetőt a terelésben követendő útvonalról. Ezen a helyeken különösen kerülendők a sok szöveget vagy ellentmondásos információkat tartalmazó táblák.

A további kutatás itt konkrét helyszíneken felvett fényképek és videók elemzését tűzi ki célul. Kísérleti személyek értékelik a különböző kialakításokat, képfelismerő szoftverrel is vizsgáljuk azokat, majd kiválasztjuk a jó és rossz megoldásokat.

### 3.3. Forgalmcsillapító eszközök

A forgalmcsillapítás az elmúlt 10-15 évben a közlekedéstervezés egyre fontosabb kérdésévé vált. Városi lakóutcáinkban egyre gyakoribbak a különböző sebességsökkentő műszaki elemek (sávelhúzások, szűkítések, forgalmcsillapító bordák, pódium-szerű gyalogátkelőhelyek stb.). Ezek az intézkedések a korlátozásokkal kapcsolatos szokásos fenntartások ellenére egyre elfogadottabbá válnak.

Az úttal foglalkozó mérnökök sok esetben nem tudják azt, hogy az emberek hogyan viselkednek egy-egy adott útkialakítás esetén, hiszen például a forgalmcsillapító elemek használatára nincs egységes gyakorlat, számtalan sok egyéni megoldás létezik (3. ábra). A kutatás ezért azt irányozza elő, hogy járművezetők és kísérleti autonóm járművek viselkedését elemezze a valóságban tapasztalt és a virtuális valóságban (VR) szimulált forgalmcsillapítási helyzetekben. Az elemzésből meghatározható a könnyebben és nehezebben értelmezhető helyzetek, amelyek alapján ajánlásokat lehet tenni a forgalmcsillapító intézkedések egységesebb kialakítására, tervezési útmutató formájában [17].

3. ábra: Szelektív forgalmcsillapító eszköz



### 3.4. Az útpálya szélei

Lakott területen belül az útpálya szélét általában nem folytonos burkolati jel adja, hanem kiemelt, ferde vagy süllyesztett szegély. Gyakran alkalmazunk eltérő anyagú (pl. térkő) vagy színű burkolatot a különböző úthasználók szétválasztására. Ezeket a járművezetők általában jól felismerik, de az autonóm járművek számára nehézséget okozhatnak. Külön vizsgálatot igényelnek a közös használatú útfelületek (pl. lakó-pihenő övezetben), ahol nincsenek egyértelmű elhatárolások a különböző résztvevők között. A kutatás itt az autonóm járművek számára elérhető információk azonosításával foglalkozik, majd a szóban forgó burkolatfelületek, útszélek kialakítására tesz javaslatot, amelyek az autonóm járművek számára is értelmezhetőek.

A kutatás a járművezetők viselkedésének videóelemzésen alapul. Megfigyelhetőek lesznek a szegélyektől és akadályoktól tartott távolságok, a különböző felületek használata. Ezek alapján javaslatokat lehet tenni egyrészt az autonóm járművek által követendő viselkedésre, másrészt az útszélek és egyes használatú burkolatok követendő és kerülendő kialakítására.

## 4. PÁLYASZERKEZET-MÉRETEZÉS

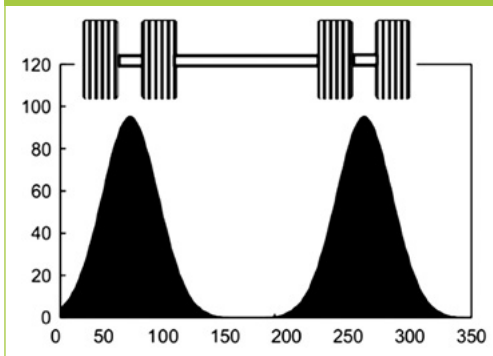
Az autonóm járművek – elsősorban munkaerő-kiváltásii okokból – a pályaszerkezetet legjobban igénybevevő tehergépkocsik között is megjelennek. Az útpályaszerkezet igénybevétele szempontjából két hatást érdemes vizs-

gálni. Egyrészt a kerékkerhelések oldalirányú „vándorlását”, másrészt az összekapcsolt járművek sűrűn egymás után, szabályos időközönként áthaladó tengelyei hatását.

## 4.1. A tengelyek oldalirányú vándorlása

A tehergépjárművek mozgás közbeni oldalirányú sávon belüli vándorlása az egyik olyan alapvető és meghatározó változó, amelynek hatása van a pályaszerkezetre. A hagyományos tehergépjárművekről ismert tény, hogy ezen járművek sávon belüli vándorlása normál eloszlás szerinti (4. ábra). Azonban az autonóm járművek képesek a sávban, egy adott pozícióban haladni, amihez kisebb sáv szélesség is elegendő lehet. Ugyanakkor ennek a hatásnak köszönhetően úgynevezett csatornázott terhelés keletkezik, ami felgyorsítja a pályaszerkezetben a nyomvályúk kialakulását és a pályaszerkezet anyagi kifáradását [18], [19].

4. ábra: Nehéz járművek oldalirányú helyzetének gyakorisága



A kutatás során vizsgáljuk a különféle sáv-tartási viselkedések hatását. Az első vizsgált sáv-tartási módszer a „zero wandering”, tehát amikor a teherautók vasútszerűen, egy nyomvonalon közlekednek. Ezt a módot kezdetben különböző járműgyártók terveztek és alkalmazták a szomszédos járművek biztonságos távolságának megtartásának céljából. A második típus az egyenes vándorlási mód, amiben az autonóm járműveket úgy programozzák, hogy a sáv teljes, felhasznál-

ható szélességét vegye igénybe annak érdekében, hogy csökkentsék a pályaszerkezetre jutó terhek koncentrációját. A harmadik vizsgált típus a normál eloszlásszerű, ami a jelenlegi ember által irányított járművekre jellemző.

## 4.2. A vonat-hatás

Az autonóm tehergépkocsik pályaszerkezetre gyakorolt másik lehetséges hatása a sebességből és a járművek közötti követési távolságból adódik. A járművek sebessége befolyásolja a kerék és az útfelület érintkezésének időtartamát. A terhelés frekvenciája jelentősen befolyásolja azt, hogy rugalmas vagy maradó alakváltozás keletkezik. Az összekapcsolt járművek sűrűn egymás után, szabályos időközönként áthaladó tengelyei sajátos fárasztási igénybevételnek teszik ki az útpályaszerkezetet. Ebből adódóan fennáll az a lehetőség, hogy a tehergépkocsik sebességének és követési távolságának szabályozásával befolyásolni tudjuk a pályaszerkezet fáradási folyamatát.

A kutatás során a külföldi eredményeket a gyakori hazai teherkombinációk, pályaszerkezet-típusok és klimatikus viszonyok figyelembevételével, helyszíni mérésekkel „honosítjuk” [20].

## 4.3. A burkolatba helyezett szenzorok

Jelenlegi pályaszerkezet-méretezési eljárásaink bemenő paraméterei nagyrészt becslésen alapulnak. A burkolatban elhelyezett érzékelőkkel valós adatok állnának rendelkezésre a pályaszerkezet igénybevételére, a fáradási folyamat lefolyására vonatkozóan. Itt a következő két kérdés merül fel [21].

- Milyen paramétereket rögzítsenek a szenzorok a pályaszerkezet viselkedésére vonatkozóan?
- Milyen tulajdonságokkal rendelkezzenek a szenzorok, hol, milyen sűrűn helyezkedjenek el, hogy feladatukat ellássák, de a pályaszerkezet tulajdonságait ne rontsák?

## 4.4. Vízköd-képződés

Vizsgálatok kimutatták (pl. [22]), hogy a kerék-pályafelület érintkezésénél keletkező vízködnek az autonóm járművek szempontjából is jelentősége van. A vízköd ugyanis ahhoz hasonlóan, ahogy az emberi látást is zavarja, akadályozhatja az autonóm járművek érzékelőinek működését is. Ez a téma is vizsgálat tárgyát képezheti a sebesség, az abroncs típus és a burkolattípus függvényében

## 5. A VÉDTELEN ÚTHASZNÁLÓK SZEMPONTJAI

Az autonóm járművek fejlesztésében sokat foglalkoztak a gyalogosok és kerékpárosok észlelésével. Bár sok előrelépés történt, de vannak még hiányosságok, pl. a rossz időjárási viszonyok közötti érzékelés [23].

A gyalogosok és kerékpárosok viselkedése alapvető fontosságú az autonóm járművekkel való találkozásukkor. Vizsgálatok szerint (pl. [24], [25]) a gyalogosok és kerékpárosok szeretik azt, ha kapnak valamilyen jelzést a járműből, hogy észrevették-e őket és mi az autó szándéka (5. ábra). Ezek a jelzések a humán gépjárművezetőknél sem egyértelműek, az autonóm járműveknél pedig még nem alakultak ki. További kérdés, hogy a gyalogosok és kerékpárosok hogyan reagálnak az autonóm járművekre, változnak-e a gépjárművekkel kapcsolatos elvárásaik.

## 5.1. Kommunikáció a gyalogosok és az autonóm járművek között

Léteznek vizsgálatok a gyalogosok és a gépjárművezetők közötti kommunikációs eszközökre vonatkozóan. Többen megállapították, hogy az úton átkelni kívánó gyalogos és a közeledő gépjárművezető között a szemkontaktus fontos eszköz [26]. Vajon milyen új kommunikációs igények jelennek meg a gyalogos és az autonóm jármű között?

Ebben a kutatásban azt vizsgáljuk, hogyan viselkedik az átkelni kívánó gyalogos, ha a közeledő gépjármű vezetője nem jelzi elsőbbségadási szándékát, vagy ha az autonóm (vagy annak álcázott) jármű pl. egy LED panelen tájékoztatja a gyalogost autonóm üzemmódról és elsőbbségadási szándékáról. Különböző LED információk, fény- és hangjelzések hatását vizsgáljuk a gyalogosok viselkedésére vonatkozóan. Vajon működnek-e ezek a kommunikációs eszközök, megértik-e a gyalogosok az autonóm jármű szándékát? Ezek a kutatási kérdések ebben a fejezetben.

## 5.2. Kommunikáció a kerékpárosok és az autonóm járművek között

A kerékpárosok a gyalogosokhoz hasonlóan kommunikálnak a gépjárművezetőikkel. A szemkontaktusnak, kézjeleknek, más nemverbális eszközöknek itt is fontos szerepük van. Különbség viszont, hogy a kerékpárosok sokkal nagyobb sebességgel közlekednek, mint a gyalogosok, még lakott területen belül is. Továbbá az elsőbbségi szabályok sem olyan egyszerűek a kerékpáros keresztezéseknél, mint a gyalogosoknál: egyes esetekben a kerékpárosnak van elsőbbsége, máskor a gépjárműnek. Ez bizonytalanságot okoz a közlekedőkben.

5. ábra: Honnan tudom, hogy átenged-e az önvezető jármű?





Ebben a kutatásban az előző fejezetben említett LED-panelt és hangjelzést fogjuk vizsgálni, mint a kerékpáros és az autonóm jármű közötti kommunikáció eszközeit.

## 5.3. A gyalogosok magatartás-adaptációjának hatása az út kapacitására

Az autonóm járművek bevezetésének legfőbb indoka a biztonság növelése. Ebből kifolyólag úgy vannak/lesznek programozva/tanítva, hogy a gyalogosokat védjék, azoknak minden esetben elsőbbséget adjanak. Ennek a helyzetnek az lehet a következménye, hogy a gyalogosok – tudván kivételezett helyzetüket – megváltoztatják eddigi óvatos magatartásukat és bátrabban lépnek a közeledő autó elé, vagy tetszőleges helyen átkelnek az úton. Ennek következtében az autonóm járművek hátrányt szenvednek, az út kapacitása csökken [27].

Az altéma kutatási kérdései a következők. Mennyivel csökken az egyes úttípusok kapacitása a gyalogosok magatartás-változásának hatására [28]? Lehet-e a gyalogos mozgásokat a kijelölt gyalogátkelőhelyekre korlátozni? Milyen eszközök képzelhetők el ennek a problémának a kezelésére?

## 6. EGYÉB TÉMÁK

Ebben e fejezetben néhány további téma-ötletet fogalmazunk meg.

### 6.1. Dinamikus útadatok és útmenti egységek

Az útmenti kommunikációs egységek jelentik a jármű – infrastruktúra (V2I-I2V) kapcsolat egyik oldalát. Ezek az egységek részletes tájékoztatást adnak az útkörnyezetről, beleértve a valós idejű tájékoztatást olyan eseményekről, mint pl. a közelben lévő megkülönböztetett jelzését használó jármű, baleseti helyszín, csomóponti tájékoztatás, torlódási sor végéhez közeledés, lassú járműre figyelmeztetés [29].

Az infrastruktúra oldaláról az a feladat, hogy meghatározzuk az útmenti egységek elhelyezési szempontjait és a továbbítandó információk típusát. Itt a dinamikus adatok

nélkülözhetetlenek, például az úton folyó munkák, burkolatállapot, időjárási viszonyok.

### 6.2. Forgalmi konfliktus elemzés az autonóm járművek adatainak felhasználásával

Ez a témarész kifejezetten biztonságközpontú. Abból indul ki, hogy a konfliktusok gyakrabban fordulnak elő, mint a balesetek és ezért hatékonyan lehet azokat használni az elemzésben [30]. A majdnem-balesetek elemzése az utóbbi időben nagy lendületet kapott, különösen a képfeldolgozó és trajektória-elemző módszerek fejlődésének eredményeképpen. Az utóbbi években számos helyettesítő biztonsági mérőszámot definiáltak a forgalombiztonság minősítésére [31]. Ezek a mérőszámok az ütközés „közelségét” jellemzik időben vagy térben. A kutatásban az adott helyszínen, valós forgalomban közlekedő járművek adatait kívánjuk használni [32]. Ezeket elemezve kifejleszthetők a hagyományos és autonóm járművek közötti konfliktusok speciális mérőszámai.

### 6.3. Az autonóm járművek településszerkezeti hatásai

Településeink közterületeinek jelentős részét parkoló járművek foglalják el. A parkolóhelyekre kényelmi szempontokból többnyire az utazások kiindulási, ill. végpontjainál koncentráltan van igény. Az autonóm járművek megjelenésével a parkolóhely és a célpont távolabb is eshet egymástól, hiszen utasát a célpontnál kiteve az autonóm jármű önállóan elmehet a távolabbi parkolóhelyig és ott várakozhat, amíg utasa nem hívja. Ezt a folyamatot a megosztott járművek elterjedése további érdekek alapján módosíthatja. Mindenesetre érdemes lehet megvizsgálni, hogy az autonóm és megosztott járművek elterjedésének különböző fázisaiban csökken-e a parkolási igény, és/vagy az igény kielégítése áthelyeztető-e olyan helyszínekre, amelyek olcsóbbak, kevésbé kihasználtak [33].

## 7. ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk az autonóm járművek közlekedését az út oldaláról vizsgáló kutatási témacsomagot ismerteti, ú.m.: úttervezés, érzékelés, pályá-

szerkezet, védtelen közlekedők, egyéb témák. Egyes témák művelése folyamatban van, mások ezután kezdődnek.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikk a Tématerületi Kiválósági Program TUDFO/51757/2019/ITM azonosítószámú pályázata „Autonóm Közlekedési Rendszerek Kiválósági Központ létrehozása a Széchenyi István Egyetemen” projektjének támogatásával készült.

A munkában a szerzőkön kívül részt vevő kollégák: Horváth Zsolt, Magyarai Zsófia, Dr. Makó Emese, Dr. Miletics Dániel, Mohammad Fahad, Nagy Richárd, Dr. Szakonyi Petra, Szücs Gergely.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Farah, H., Erkens, S., Alkim, T., van Arem, B. (2018). Infrastructure for Automated and Connected Driving: State of the Art and Future Research Directions. in: G. Meyer and S. Beiker (eds.), Road Vehicle Automation 4, Lecture Notes in Mobility. Springer International Publishing AG, DOI: <https://doi.org/f9vk>
- [2] Eghházy Z. (2019). Az „okos út” és az autonóm járművek alkalmazásához szükséges közúti infrastruktúra környezet kialakítása. MSC diplomamunka. Széchenyi István Egyetem
- [3] Lengyel, H.; Tettamanti, T.; Szalay, Zs. (2020) Conflicts of Automated Driving With Conventional Traffic Infrastructure. IEEE ACCESS 8 pp. 163280-163297., 18 p. DOI: <https://doi.org/gjr2v9>
- [4] Khaska K., Miletics D. (2020). Do human driver-based road design parameters fulfil or overfulfil autonomous vehicles' requirements? In: Horváth, B.; Horváth, G. (szerk.) Proc. X. Nemzetközi Közlekedéstudományi Konferencia, Győr, 2020. október 29-30.
- [5] Magyarai, Zs., Koren, Cs. (2019). Visibility requirements at intersections: A comparison of capabilities of human drivers and autonomous vehicles. Pollack Periodica, 14(3):63–74, DOI: <https://doi.org/f9vm>
- [6] Deluka Tibljaš, A., Giuffrè, T., Surdonja, S., Trubia, S. (2018). Introduction of Autonomous Vehicles: Roundabouts Design and Safety Performance Evaluation. Sustainability, 10, 1060. DOI: <https://doi.org/gdsd54>
- [7] Sohrweide T. (2018). Driverless Vehicles Set to Change the Way We Design Our Roadways, <http://www.sehinc.com/news/future-what-do-driverless-cars-mean-road-design>
- [8] Tettamanti T., Varga I. (2019). Az autonóm járművek forgalmi hatásai: a jármű- és forgalomirányítás kihívásai. Közlekedéstudományi Szemle 1. sz. pp. 35-41. DOI: <https://doi.org/f9vq>
- [9] Snyder R. (2018). Street design implications of autonomous vehicles, Public Square a CNU journal, <https://www.cnu.org/publicsquare/2018/03/12/street-design-implications-autonomous-vehicles>
- [10] Mocsári, T. (2012). A sebesség hatása a forgalombiztonságra. doktori disszertáció, Széchenyi István Egyetem
- [11] United Nations Economic Commission for Europe (1968)., Vienna Convention on Road Signs and Signals, United Nations Publication, ISBN: 978-92-1-116973-7
- [12] European Commission (2019). Directive (EU) 2019/1936 of the European Parliament and of the Council of 23 October 2019 amending Directive 2008/96/EC on road infrastructure safety management, Official Journal of the European Union L 305/1
- [13] Aziz, S., Mohamed, E. A., Youssef, F. (2018). Traffic Sign Recognition Based on Multi-feature Fusion and ELM Classifier, Procedia Computer Science 127, pp. 146–153 DOI: <https://doi.org/f9vr>
- [14] EuroRAP (2020). Saving Lives Assessing and Improving TEN-T Road Network Safety. D7.1: Quality of horizontal and vertical signs. <http://seafire.irap.org/f/04e11831ff664d88a7c5/>
- [15] National Committee on Traffic Devices (2019)., “NCUTCD Proposal for Pavement Marking Standards for Automated Driving Systems,” Available: <https://ncutcd.org/wpcontent/uploads/Sponsor%20Comments/2019B/Attach04.19B-MKG-02.LineWidthforCAV.pdf>.
- [16] Lengyel; H., Szalay, Zs. (2018). Classification of Traffic Signal System Anomalies for Environment Tests of Autonomous Vehicles. PRODUCTION ENGINEERING ARCHIVES 19: 19. pp. 43-47. DOI:

- <https://doi.org/f9vs>
- [17] Koren, Cs.; Szűcs, G. (2020). Forgalmocsillapító eszközök: kihívások az autonóm járművek számára In: Péter, Tamás (szerk.) XIV. Innováció és fenntartható felszíni közlekedés konferencia, Budapest, Magyar Mérnökakadémia, Paper 23.
- [18] Noorvand, H., Karnati, G., and Underwood, B. S. (2017). Autonomous vehicles: Assessment of the implications of truck positioning on flexible pavement performance and design, *Transp. Res. Rec.*, vol. 2640, no. January, pp. 21–28, DOI: <https://doi.org/f9vt>
- [19] Chen, F., Song, M., Ma, X., and Zhu, X. (2019). Assess the impacts of different autonomous trucks' lateral control modes on asphalt pavement performance, *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.*, vol. 103, no. March, pp. 17–29, 2019, DOI: <https://doi.org/f9vv>
- [20] Nagy R., Fahad M. (2020). Autonóm járművek sávtartásának hatása a pályaszerkezet méretezésre – irodalomkutatás. XXIV. Nemzetközi Építéstudományi Online Konferencia – ÉPKO pp. 117-121
- [21] Yang, S. (2014). Health monitoring of pavement systems using smart sensing technologies, Iowa State University, Graduate Theses and Dissertations. Paper 14247
- [22] Kabanovs, A., Garmory, A., Passmore, M., and Gaylard, A. (2018) Investigation into the dynamics of wheel spray released from a rotating tyre of a simplified vehicle model, *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, vol. 184, no. November 2018, pp. 228–246, DOI: <https://doi.org/gjbtw2>
- [23] Vissers, L., Kint, S., Schagen, I., Hagenzieker, M. (2016). Safe interaction between cyclists, pedestrians and automated vehicles, The Hague, SWOV Institute for Road Safety Research, The Netherlands
- [24] Lagström, T., Malmstem Lundgren, V. (2015). Autonomous vehicles' interaction with pedestrians. An investigation of pedestrian-driver communication and development of a vehicle external interface. MSc Thesis. Chalmers University of Technology. Gothenburg, Sweden
- [25] Lundgren V.M. et al. (2017). Will There Be New Communication Needs When Introducing Automated Vehicles to the Urban Context? In: Stanton N., Landry S., Di Bucchianico G., Vallicelli A. (eds) *Advances in Human Aspects of Transportation. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 484. Springer, Cham DOI: <https://doi.org/gbvww6>
- [26] Salman S., Miletics D. (2020). Analysis of driver-pedestrian interactions at pedestrian crossings, In: Horváth, B.; Horváth, G. (szerk.) *Proc. X. Nemzetközi Közlekedéstudományi Konferencia*, Győr, 2020. október 29-30.
- [27] Botello, B., Buehler, R., Hankey, S., Mondschein, A., Jiang, Z. (2019). Planning for walking and cycling in an autonomous-vehicle future. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, Volume 1, 100012 DOI: <https://doi.org/gg68rw>
- [28] Phetoudom, S., Makó E. (2020). Pedestrian's behavioural adaptation to AVs and its effect on road capacity. In: Iványi, Péter (szerk.) *Abstract book for the 16th Miklós Iványi International PhD & DLA Symposium*. Pécs, Pollack Press, Paper: 78.
- [29] Commsignia (2020). Commsignia introduces new dual-radio roadside unit, Accessed February 10, 2020, <https://www.commsignia.com/news/commsignia-introduces-new-dual-radio-roadside-unit/>
- [30] Borsos A.; Farah, H.; Laureshyn, A.; Hagenzieker, M. (2020). Are collision and crossing course surrogate safety indicators transferable? A probability based approach using extreme value theory. *Accident analysis and prevention*, Paper: 105517 DOI: <https://doi.org/gjddz2>
- [31] Mahmud, S. S., Ferreira, L., Hoque, M. S., and Tavassoli, A. (2017). Application of proximal surrogate indicators for safety evaluation: A review of recent developments and research needs. *IATSS Research*, 2017. 41:153–163 DOI: <https://doi.org/gf9kms>
- [32] Kizawi, A., Borsos, A. (2020). Conflict analysis of vehicle-pedestrian interactions In: Iványi, Péter (szerk.) *Abstract book for the 16th Miklós Iványi International PhD & DLA Symposium*. Pécs, Pollack Press, Paper: 80
- [33] Gaál, B., Horváth, B. (2019): Autonomous cars and urban land use - city shaping force? In: Horváth, G.; Gaál, B.; Horváth, B. (szerk.) *Nemzetközi Közlekedéstudományi Konferencia*, Győr.





### Autonomous vehicles and safe road infrastructure

The development of automated vehicles showed a rapid pace in the recent past, however less attention has been paid to the implications of vehicle automation on safe infrastructure design. A research initiative addressing this gap entitled "Autonomous vehicles and safe road infrastructure" was launched in 2019. Five topic areas have been formed as follows: 1) Road design (certain design aspects of intersections, cross-section and road sections); 2) Detection and perception (road work zones, traffic calming devices, road edges, road markings, and traffic signs); 3) Pavement design (implications of AVs on pavement design); 4) Vulnerable road users (communication and behavioral adaptation); 5) Miscellaneous topics (e.g. conflict analysis). As a result of several brainstorming sessions involving researchers, road operators, vehicle engineers and IT scientists these broad areas have been broken down into specific research tasks. This paper gives an introduction of these research topics.



### Autonome Fahrzeuge und sichere Straßeninfrastruktur

Die Entwicklung automatisierter Fahrzeuge hat in der jüngsten Vergangenheit ein schnelles Tempo gezeigt, jedoch wurde den Auswirkungen der Fahrzeugautomatisierung auf die Sichere Infrastrukturplanung weniger Aufmerksamkeit geschenkt. Eine Forschungsinitiative, die diese Lücke begeht, mit dem Titel "Autonome Fahrzeuge und sichere Straßeninfrastruktur" wurde 2019 ins Leben gerufen. Die Themenbereiche wurden wie folgt gestaltet: 1) Straßengestaltung (Knotenpunkten, Querschnitten und Straßenabschnitten); 2) Erkennung und Wahrnehmung (Straßenarbeitszonen, Verkehrsberuhigungseinrichtungen, Straßenränder, Straßenmarkierungen und Verkehrszeichen); 3) Fahrbahnbemessung (Auswirkungen von AVs auf die Fahrbahngestaltung); 4) Gefährdete Verkehrsteilnehmer (Kommunikation und Verhaltensanpassung); 5) Verschiedene Themen (z.B. Konfliktanalyse). Als Ergebnis mehrerer Brainstorming-Sitzungen, an denen Forscher, Straßenbetreiber, Fahrzeugingenieure und IT-Wissenschaftler beteiligt waren, wurden diese weite Bereiche in spezifische Forschungsaufgaben unterteilt. In diesem Beitrag werden diese Forschungsthemen vorgearbeitet.



# Kevert valóság fejlesztési környezet autonóm járművek számára

A cikkben egy olyan kevert valóságot alkalmazó keretrendszert mutatnak be, amelyben egy valós tesztjármű és több valós objektum is egyszerre kezelhető, miközben mindezek köré a virtuális valóságban virtuális forgalmat generálnak 3D megjelenítésben.

DOI: <https://doi.org/10.24228/KTSZ.2021.3.2>

## Szalai Máttyás – Dr. Tettamanti Tamás

egyetemi tanársegéd

egyetemi docens

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

e-mail: szalai.matyas@mail.bme.hu, tettamanti@mail.bme.hu

### 1. BEVEZETÉS

Napjainkban a járműgyártással kapcsolatos fejlesztések egyre nagyobb arányban fókuszálnak az önvezető képességek megvalósítására [1]. A fejlesztések fő célja a teljes önvezetés. Ennek elérése azonban egy hosszú folyamat. Még számtalan szimuláció, teszt végrehajtása és validációs eljárás kidolgozása szükséges ahhoz, hogy a felhasználók számára is teljes körben elérhető legyen az önvezető jármű.

Egy önvezető jármű - felépítése szempontjából - több architektúrális rétegre osztható. A főbb rétegek: az érzékelési, a döntési, a navigációs, valamint a beavatkozó réteg [2]. Ezek a rétegek az általuk megvalósított különböző funkciók miatt eltérő tesztelési és validációs eljárásokat igényelnek. Ahhoz, hogy ezeket mind szimulációs úton tesztelni tudjuk, számos szimulációs szoftver áll rendelkezésre. Léteznek szimulátorok jól definiált szenzormodellekkel, amelyek kimenete bemenetként szolgálhat az érzékelési réteg számára (pl. Carla, rFpro, Vires VTD, AirSim, PreScan). Járműdinamikai szimulátorokat használhatunk a trajektóriatervező algoritmusok tesztelésére (pl. CarMaker, CarSim). A forgalomszimulációs szoftverek pedig a köz-

lekedési rendszerekben való viselkedés fejlesztésében lehetnek segítségünkre (pl. SUMO, Vissim). Ahhoz, hogy minél több réteget és ezáltal funkciót egyidejűleg is tesztelni lehessen, több szoftver együttes alkalmazása szükséges (ez az ún. „co-simulation”).

Napjainkban már több olyan szimulációs szoftver is létezik, amely valamely funkciókat együttesen tesz elérhetővé [3], [4], [5], [6]. Az elérhető szoftvereken kívül pedig számos kutatás eredményei takarnak megoldásokat több szoftver együttes alkalmazására szimulációs célból. [7] valós tesztjármű és Vires VTD segítségével a virtuális térben elhelyezett objektumokat sötétben megvilágító szimulációs rendszert mutat be. [8]-ban egy olyan vezető központú szimuláció kerül megvalósításra, amelyben virtuális forgalom került generálásra SUMO mikroszkopikus forgalomszimulátor [9] és Unity 3D játékmotor segítségével. [10] egy olyan rendszert mutat be, amelyben a DYNA4 dinamikai szimulátort kapcsolják össze a SUMO forgalomszimulátorral. [11] egy járműirányító algoritmusok tesztelésére fejlesztett rendszert mutat be, amelyben az IPG CarMaker járműdinamikai szoftver kerül összekapcso-

lásra a SUMO forgalomszimulátorral. [12] egy megoldást mutat be arról, hogyan modellezhetünk Vehicular-Ad-Hoc-Network (VANET) rendszereket 3D környezetben. A Carla [3] egy olyan virtuális szenzor készletet nyújt, amellyel már megfelelően lehet érzékelni egy virtuális környezetet ahhoz, hogy az információkkal további tesztek végezhesünk. Ezenkívül lehetőséget biztosít forgalom generálására, tanuló algoritmusok tesztelésére, és rendelkezik ROS (Robot Operating System) interfésszel is. A PreScan szoftver szintén jó lehetőségeket biztosít az ADAS rendszerek teszteléséhez a Model-in-the-Loop (MiL), Software-in-the-Loop (SiL) és Hardware-in-the-Loop (HiL) szimulációs környezetjeivel [4].

Az általunk bemutatott megoldás a korábbi kutatásainkon alapszik [13], és a SUMO mikroszkopikus forgalomszimulátorra, valamint a Unity 3D játékmotorra épül. A kommunikációs interfész a tesztjármű és a tesztkörnyezet között Pythonban lett implementálva. A SUMO segítségével tetszőleges közlekedési szituáció modellezhető, előállítható a valós forgalomra jellemző paramétereket tartalmazó virtuális járműforgalom, ami segíti a tesztjármű forgalomban való tesztelését. A Unity segítségével szabadon alkothatjuk meg a virtuális tesztelési környezetet úgy, hogy az teljes mértékben a mi igényeinknek feleljen meg. Mindezek mellett a rendszer lehetőséget biztosít egy valós tesztjármű valós időben és valós tesztkörnyezetben történő szimulációba csatlakoztatására, amelyet így Vehicle-in-the-Loop (ViL) szimulációnak hívunk. A virtuális környezetben ezen valós tesztjármű klónja, azaz digitális ikerpárja kerül definiálásra. A megalkotott rendszer lehetőséget biztosít Scenario-in-the-Loop (SciL) tesztek elvégzésére is [15].

## 2. A SZIMULÁCIÓS RENDSZER FELÉPÍTÉSE

A szimulációs rendszer fejlesztésekor a fő cél az volt, hogy olyan rendszert alkossunk, mellyel egy valós tesztjármű virtuális környezetben tesztelhető. Mindez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a valós tesztjárművünk minden hardverével, szenzorával és a számítógépein

futó algoritmusokkal együtt egy valós tesztpályán mozog, önvezető üzemmódban. Ez a járműmozgás kerül digitalizálásra, majd a virtuális térben is elhelyezett jármű köré saját igényeink szerint generálhatunk virtuális környezetet. A feladat komplexitását az adja, hogy a tesztjármű nem csak a valóságos tesztkörnyezetet érzékeli, hanem a virtuálisan definiált akadályokat is. Ezen az elven haladva kerül megvalósításra a kevert valóságon alapuló ViL szimulációs környezet.

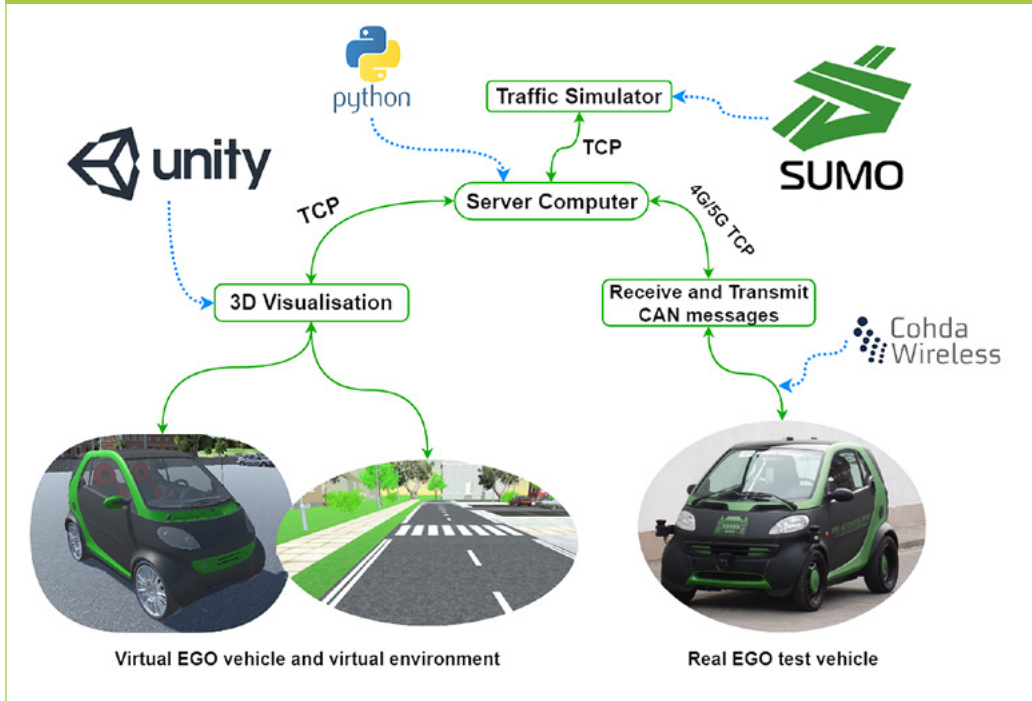
Egy ilyen szimulációs környezet a járművel való valós idejű kommunikációt igényli, amelyre a tesztjármű CAN<sup>1</sup> hálózatán keresztül adódott lehetőség. A járműtől kapott információk feldolgozását követően definiálásra került a valós tesztjármű digitális ikerpárja. Ez a digitális ikerpár a virtuális környezetben mozog, mégpedig a valódi járműtől megörökölt mozgás szerint. A virtuális környezet tartalmazza az összes virtuális szimulációs elemet: az úthálózatot, a forgalmat, az akadályokat, a gyalogosokat, a közlekedési táblákat és forgalomirányító berendezéseket. A virtuális ikerpár környezetét így ismerjük, erre alapozva a mozgásviszony alapján szenzorinformációk csatolhatók vissza a valós jármű felé. A CAN üzenetek dekódolása és a küldéshez megfelelő formátumúvá kódolása Python környezetben történik. A Pythonban megalkotott központi rendszeregység TCP/IP kapcsolaton keresztül kommunikál a forgalomszimulációs egységgel (SUMO), valamint a vizuális megjelenítő egységgel (Unity). A valós tesztjármű és a megalkotott szimulációs rendszer között egy Choda V2X eszközzel került megvalósításra a kommunikáció (CAN üzenetek továbbítása és fogadása rádiófrekvencián, 4G kapcsolaton keresztül). Az így megvalósított keretrendszer az 1. ábrán látható.

### 2.1. Python szerver

A rendszer középpontjában egy Python környezetben fejlesztett szerver áll. Ez a

1 CAN (Controller Area Network): elterjedt autópári szabvány járművön belüli kommunikációra, amely lehetővé teszi a jármű különböző logikai egységeinek kommunikációját egymás között, ill. a központi számítógép irányába.

1. ábra: A megalkotott rendszer strukturális felépítése



rendszeresség felelős a járművel való kommunikációért, a vizualizáció és a forgalom generálásának megfelelő működéséért. A szerver felelős továbbá a rendszer egyes elemeinek megfelelő szinkronizációjáért is. A szerver megnevezés itt nem csak mint a megalkotott TCP/IP kapcsolat szerver oldalára utal, hanem mint vezérlő, központi elemre is. Ezen egység feladata a scenáriók vezérlése, beleértve a különböző virtuális akadályokat is. A virtuális forgalom generálása nem a szerver feladata, de itt szabhatók meg annak paraméterei akár időben való változással is. Az objektumok vezérlésén felül az EGO objektum, azaz a tesztjármű digitális ikerpárja és a további objektumok közötti távolság kiszámítása is itt megvalósított feladat. A kiszámított távolságok alapján adódik lehetőség a jármű valós szenzorait ismerve virtuális szenzorinformációk generálására, amelyeket a jármű CAN hálózatára való küldéssel juttathatunk annak vezérlő számítógépéhez. A megalkotott rendszer al-

kalmas több valós objektum kezelésére is, így akár több valós jármű, dummy<sup>2</sup> gyalogos, vagy valós forgalomirányító berendezések is csatlakoztathatók hozzá. Ezen objektumok kezelése megegyezik a tesztjármű digitális ikerpárjának kezelésével. A megjelenítés és a távolság értékek számítása során minden valós objektum, amely kapcsolatban áll a szerver számítógéppel a valóságnak megfelelően mozog, és a virtuális világban vett távolsága a digitális ikerpárral a valós távolságnak megfelelő. Ezzel a kiterjesztéssel élve az eddigiekben leírt ViL szimulációs környezet SciL szimulációvá bővül.

2 dummy: Az autópári tesztek során valós tesztszemélyek helyett ún. dummy tesztbábukat alkalmaznak. A dummy gyalogosnak EuroNCAP (European New Car Assessment Programme az európai autók biztonságával foglalkozó szervezet) által definiált specifikációja van, ugyanis meghatározott radar reflexióval és vizuális megjelenéssel kell rendelkeznie a valósághú tesztlés érdekében.

## 2.2. Unity 3D – digitális iker, virtuális környezet, objektumok kezelése

A Unity 3D játékmotor használata a vizuális megjelenítés miatt vált indokolttá. A virtuális szimuláció megjelenítése nagyban segíti a szimulációk kiértékelését, és jó lehetőséget biztosít az egyes önvezető funkciók biztonságos környezetben való demonstrálására.

A vizualizációs modulon belül az elsődleges feladat a tesztjármű digitális ikerpárjának virtuális világban való megalkotása volt. A digitális ikerpár megalkotásakor figyelembe kell venni, hogy annak mozgása a virtuális világban a valós jármű mozgásával teljesen azonos kell legyen. Ehhez információkra van szükség a jármű mozgásállapottal kapcsolatban, amelyeket a jármű GPS szenzoraiból, valamint a kormány elfordulását mérő szenzorból kaphatunk meg. Az így kapott pozíció adatok 1-2 cm pontosságúak, amelyek így biztosítják a pontos megjelenítés lehetőségét. Abban az esetben, ha nem állna rendelkezésre ilyen pontosságú információ, becslési eljárások alkalmazásával vagy szenzorfüziónal lehetne elérni a megjelenítéshez szükséges pontosságú adatokat. A kapott adatok azonban a globális földi koordinátarendszer egy pontjára mutatnak, amit valamilyen transformáció nélkül nem lehet egy korlátos kiterjedésű virtuális térbe illeszteni. Ezért szükséges ezen laterális és longitudinális koordináták átváltása a megjelenítő saját x-y koordinátarendszerébe. A szimuláció során minden alkotóelem ezen az x-y koordinátarendszeren alapszik. A kapott koordináták, állásszög, valamint a jármű kormánykerekeinek állásából származtatott elkörmányzási szög ismeretében már elhelyezhető a jármű a virtuális térben.

A szimulációkhoz szükséges virtuális környezet létrehozása több módon is lehetséges. Ez mindig attól függ, hogy a megalkotni kívánt környezetet egy valós környezet pontos, esetleg kiegészített másaként vagy teljesen szabadon egy új, csak virtuális környezetként szeretnénk megalkotni. A valós környezetben alapuló rendszerek esetében a GPS koordináták adják a környezet alapját. A valós helyszínt

leíró longitudinális és laterális koordinátpárokat a SUMO forgalomszimulátorának NETEDIT úthálózat szerkesztőjével konvertálhatjuk át a korábban említett x-y koordinátarendszerbe. Így a forgalomszimulációs modul számára előáll a valós környezet digitális másolata, amely egyaránt rendelkezik a pontok földi, globális és szimulációs lokális koordinátaival is. Ezek alapján már minden pont koordinátája ismert a lokális rendszerben, azok alapján modellezhető a teljes virtuális környezet. Az így kapott környezetet saját igényeink szerint alakíthatjuk, mind a forgalomszimulációs, mind a vizualizációs modulban élve a virtuális valóság adta szabadság lehetőségével. Amennyiben a környezetet teljes mértékben magunk szeretnénk megalkotni, úgy is szükséges a forgalomszimulátor NETEDIT moduljának alkalmazása. Ebben az esetben a valós tesztkörnyezet határoló pontjainak meghatározásához szükséges koordinátatranszformáció alkalmazása. A határoló pontok megállapítását követően már teljes szabadsággal alkotható meg a kívánt virtuális környezet.

A virtuális tesztkörnyezet és a tesztjármű digitális ikerpárján („digital twin”) kívül további, a szimuláció során mozgást végző objektum megalkotására is szükség van a Unity környezetben. Ezek az objektumok a forgalomszimulátor által generált járművek, a virtuálisan generált dummy gyalogos vagy a valós dummy objektumok digitális párjai lehetnek. Ezek megalkotása a szimuláció futása során kell, hogy megtörténjen a vizualizációs modulban, mivel nem tudhatjuk előre, hogy melyik időpillanatban melyik alkotóelemből hány darab alkotja majd a szimulációt. A be- és kilépő járművek és egyéb objektumok kezelését így előre definiált variánsok klónozásával, és az azokra való hivatkozással tudjuk kezelni.

## 2.3. Úthálózat és forgalom generálása SUMO forgalomszimulációs szoftverrel

A SUMO mikroszkopikus forgalomszimulátor alkalmazása az úthálózat generálásához, és a virtuális forgalom megalkotásához szükséges. A SUMO a TraCi (Traffic Control Interface)



[14] interfésze segítségével könnyen kezelhető a választott Python környezetből is. A már korábban említett NETEDIT kiegészítője segítségével modellezhetünk úthálózatokat OpenStreetMap (OSM) térképek alapján vagy teljesen manuálisan. Az OSM térképek előnye, hogy azok tartalmaznak laterális és longitudinális koordinátákat is, így a valós környezetek digitalizálásakor célszerű ezeket használni. A koordináta rendszerek átváltásáról már korábban esett szó. E feladat megvalósításában teljes mértékig a SUMO-ra hagyatkozunk. A hálózat megalkotásán és a koordinátatranszformáción kívül a forgalomsimulátor fő feladata a virtuális forgalom generálása. A SUMO lehetőséget nyújt arra, hogy a valós forgalmi áramlások jellemzői alapján forgalmat generáljunk. Ezt a forgalmat akár fix útvonalon, akár véletlenszerűen a teljes hálózaton át tudjuk vezetni. A SUMO hálózatban a közlekedési lámpák is definiálhatók. Az ezekkel kapcsolatos információk (forgalom, jelzők, jelzőlámpa-program) a TraCi interfészen keresztül lekérdezhetők, ill. ezen objektumok kezelése is a TraCi-n keresztül történik.

## 2.4. Az információ áramlása

Az eddigiekben ismertetett három részegység (Python szerver, Unity, SUMO) együttesen alkotja a szimulációs rendszert. A köztük lévő kapcsolat az 1. ábra szerint alakul. Az elemek közti kapcsolaton felül azonban fontos ismerni az információ áramlásának folyamatát is. A megjelenítéshez szükséges egy információs mező, azaz egy TCP üzenet, amely három részből áll. Az üzenet első része az EGO járművel – azaz a valós tesztjárművel – kapcsolatos információkból áll. A második rész a további objektumokkal kapcsolatos információk továbbítására szolgál, a harmadik pedig a közúti jelzőlámpákkal kapcsolatos információk továbbításáért felel. Az üzenet egyes részeihez tartozó információkat az 1. táblázat tartalmazza.

Minden objektumhoz tartozik egy azonosító (ID): egy x és egy y pozíció. Az objektumok z irányú elhelyezkedését a virtuális környezet viszonyai adják. Az EGO jármű

1. táblázat: A szimulációs keretrendszerben használt TCP üzenetek tartalma

EGO objektum	További objektumok	Közlekedési lámpák
ID (EGO)	ID	ID (junction – kereszteződés)
pos_x	pos_x	ID (lane index – sáv azonosító)
pos_y	pos_y	pos_x
sebesség	sebesség	pos_y
a mozgás iránya abszolút koordináta rendszerben	a mozgás iránya abszolút koordináta rendszerben	állapot (o, r, y, g)
kormányszög	féklámpa állapot (on-off)	
féklámpa állapot (on-off)	„sizeclass” (mért osztály)	

esetén az üzenet tartalmazza a jármű sebességét, állásszögét, elkormányzási szögét, valamint a féklámpájának állapotát. A féklámpa két állapotú rendszerként van definiálva: bekapcsolt, illetve kikapcsolt állapota létezik. A további objektumok esetében a kormányszög nem kerül kiküldésre, mivel azt a SUMO nem tartalmazza, a megjelenítést a többi információ alapján valószínűsített meg. Alkalmaznak viszont egy „sizeclass” változót, amely az adott objektumot mérete szerint sorolja osztályokba. Ez alapján különböztethetők meg a gyalogosok a járművektől, valamint így van lehetőség a rövidebb és hosszabb járművek megjelenítésére is. A közlekedési lámpák esetében a lámpa azonosíthatósága érdekében két azonosító is továbbításra kerül. Az első az adott kereszteződés azonosítója, a második pedig a lámpához tartozó sáv azonosítója. A továbbított állapot négy fajta értéket vehet fel: o – off (kikapcsolt), r – red (piros), y – yellow (sárga), ill. g – green (zöld).

Az EGO jármű objektumról származó információk a korábban ismertetett információs láncon keresztül jutnak el a vizualizációs modulhoz. A tesztautót a CAN hálózatról fogadott információk alapján a Python szerveren belül – azaz a forgalomsimulációs szoftverben is – el kell helyezni, hogy a virtuális SUMO forgalom is érzékelje a valós tesztjár-

mű jelenlétét. Ehhez is felhasználásra kerül a koordinátatranszformációt megvalósító SUMO TraCi parancs:

```
„X,Y = traci.simulation.  
convertGeo(Longitudinal, Lateral,  
fromGeo=True)”.
```

Az így kapott X és Y koordináta a jármű középpontját jelöli, amely a megjelenítő számára szükséges, a SUMO-ban értelmezett járműveket azonban az első lökhárító középpontjának koordinátájával definiálnak. Ezért a kapott koordinátákat az első lökhárítóra kell transzformálni a forgalomszimulátorba illesztés előtt. Ezután történik meg a teljes forgalom minden résztvevőjéről az információk lekérése. A pozíció értékeket ismét transzformálni szükséges, ezúttal a lökhárító középpontjától a járművek középpontjába. Ehhez lekérdezhető a járművek hossza. Az adott szcenárióban szereplő gyalogosokat szintén el kell helyezni a forgalomszimulációs modellben. Valódi dummy gyalogos esetén a mért pozíciója alapján kerül elhelyezésre, hasonlóan a valós tesztjárműhöz, virtuális dummy gyalogos esetén pedig az előre definiált útvonala alapján. Ezzel rendelkezésre áll az összes résztvevő minden tulajdonsága, ami szükséges a megjelenítés szempontjából. A valós objektumok külső TCP kapcsolaton keresztül érkező adatok, minden más virtuális objektumot a SUMO alapján definiálnak.

Lehetőség van a tesztkörnyezet valós tesztjármű nélküli felhasználására is. Ebben az esetben a csak virtuálisan létező EGO jármű irányítása nem külső objektum alapján, hanem valamilyen egyéb bemeneti értékekkel kerül irányításra. Ebben az esetben az információ, amely a tesztjárművet leírja, a vizualizációs modultól származik, ott történik meg a jármű irányítása. Így a Unity és a Python szerver között kétirányú kommunikáció jön létre a TCP kapcsolaton keresztül. Az így létrejövő üzenet alapján kerül aztán elhelyezésre a digitális jármű a forgalomszimulációban.

## 2.5. Szimulált szenzorok

Ahhoz, hogy a tesztjármű érzékelje a virtuális környezetét, szükséges valamilyen érzékelé-

si algoritmus megalkotása is. Ehhez az összes objektumról lekérdezett pozíció, állásszög, szélesség és hosszúság értékek kerültek felhasználásra. Ismerve az EGO jármű pontos pozícióját és haladási irányát, minden egyéb objektum lokalizálható, amely releváns módon a jármű útjában van. Egy ilyen alacsony szintű szenzormodell esetében, amely csak geometria távolságokkal dolgozik, és funkciója csak annyi, hogy minden járműről visszaadja a legközelebbi pontját, fontos volt egy olyan metódus megalkotása, amely nem csak euklideszi távolságok alapján ítéli meg a környezetét. Egy, a tesztjármű útjában ferdén belógó jármű esetén például elképzelhető, hogy a legközelebbi eső pont a jármű űrszelvényéből kiesik, miközben más pontjai akadályozzák a tesztjárművet. Ezért a számításhoz felhasznált, releváns legközelebbi pont az euklideszi távolság ( $d_{\text{euklideszi}}$ ) és a jármű haladási irányával  $\alpha$  bezárt szögön) alapul:

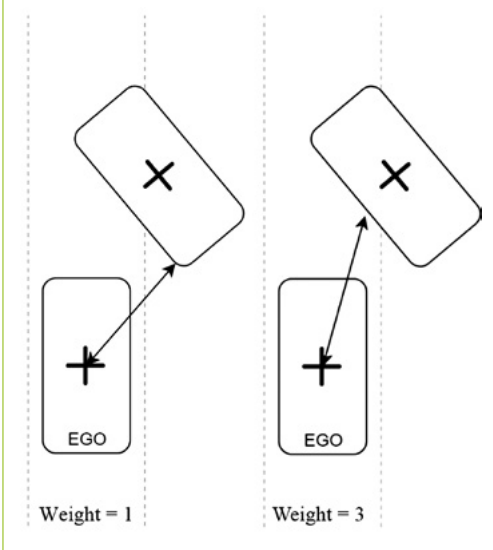
$$d_{\text{releváns}} = d_{\text{euklideszi}} + |\alpha \cdot w|$$

A bezárt szög  $w$ -vel való súlyozásával érhető el, hogy az érzékelt pontok közül a haladási irányba esők számítsanak legnagyobb súlyban. Ezek alapján az összes objektumra kapott releváns pontokat összegezve az összes szenzorirányban a legkisebb érték kerül továbbításra, azaz visszacsatolásra a jármű felé. A releváns legközelebbi pont értelmezését a 2. ábrán látható eset szemlélteti. Amennyiben minden járműről csak egy adatpontot adunk át szenzor információként, mindenképp szükséges foglalkozni azzal, hogy ez melyik pont legyen. Értelemszerűen adódik az EGO jármű középpontjához vagy haladási iránytól függően az első vagy a hátsó lökhárító középpontjához legközelebbi eső pont kiválasztása. Ebben az esetben azonban nem garantálható, hogy a mozgás szempontjából legrelevánsabb adat kerül átadásra (lásd 2. ábra bal oldali része). Ezekben az esetekben fontosabb, hogy a haladási iránynak megfelelően olyan információt válasszunk ki, amely releváns módon adja vissza az érzékelt jármű pozícióját (lásd 2. ábra jobb oldala).

A megfelelő  $w$  súly meghatározása hangolással történik, de akár időben változó paraméter is lehet: a haladás irányától és a haladási sebességtől van értelme függővé tenni.



2. ábra A releváns legközelebbi pont meghatározása



## 2.6. Szimulált szenzorok Unity szoftverben

Ezen a ponton a szimulációs környezet csak a SUMO-ból származó alacsony szintű szenzoradat alapján alkalmas a környezet érzékelésére. Ez limitációkat jelent az érzékelés valóságosságán túl az érzékelt objektumok számában is. A rendszer így csak a forgalomszimulátorban definiált objektumokat képes érzékelni, miközben a virtuális világban lehetőség van további, állandó akadályok, környezeti elemek elhelyezésére is. Ezen limitációk áthidalására a Unity nyújtotta lehetőségek felhasználásával kifinomultabb szenzormodellek alkalmazására van lehetőség, amelynek megvalósítása a jövőbeli munka keretein belül történik meg. A kamera alapú rendszerekkel való tesztelés már megvalósításra került más szoftverekben (mint pl. Carla). A fejlettebb szenzormodellek alkalmazása LiDAR és RADAR szenzorokhoz központi szerepet játszik néhány létező szoftver esetében, pl. PreScan, CarMaker. Ugyanakkor a Unity játékmotor megadja a lehetőséget, hogy flexibilis fizikával rendelkező szenzormodelleket alkossunk. Így a Unity-n keresztül virtuális szenzorinformációk generálására is van lehetőség.

## 3. IRÁNYÍTÁSI LEHETŐSÉGEK

A megalkotott szimulációs keretrendszer lehetőséget biztosít arra, hogy különböző módokon használjuk fel azt egy automatizált/autonóm jármű fejlesztési szakaszaiban. A rendszer fő funkciója, hogy ViL és SciL tesztek elvégzését tegye lehetővé. Ezen felül azonban a rendszer strukturális felépítése lehetővé teszi, hogy valódi tesztjármű nélkül, csak a rendszer további elemeit használva szimulációkat hajtsunk végre. Ebben az esetben az EGO irányítása történhet a virtuális valóságban, vagy valamilyen egyéb külső algoritmus, szimuláció által generált kimenetek alapján.

### 3.1. Vehicle-in-the-Loop irányítás CAN interfészen keresztül

Az irányítás legkézenfekvőbb módja a jármű CAN hálózatán lévő jelek alapján való irányítás. Ennek elméleti hátterét a 2.2. fejezetben fejtettük ki részletesen. A szimulációs rendszerben az információ áramlása egy teljes, zárt kört ír le a virtuális környezet és a tesztjármű között. Kiindulási pont a jármű CAN hálózata, amelyből az információt a Python szerveren keresztül dolgozzák fel. Onnan az információ a forgalomszimulátorba, majd a vizualizációs modulba kerül. Ezzel párhuzamosan számíthatók a virtuális szenzorinformációk. Ezeket visszacsatolják a jármű CAN hálózatára. Ezek a szenzoradatokat tartalmazó üzenetek a tesztjárművön elhelyezett valódi szenzorok adatstruktúrájának megfelelő formátumban épülnek fel, így nincs szükség a járművet vezérlő szoftver átprogramozására. Megemlítendő továbbá, hogy ezek a szenzorinformációk már mint feldolgozott információk jelennek meg, nem pedig nyers mérési adatként. A szenzorok és a jármű közötti kommunikációs folyamatba ott csatlakozunk be, ahol a valódi szenzorok is a már feldolgozott, strukturált formában továbbított adatokat küldik ki. Az általunk generált, virtuális információkat hordozó CAN üzenetek tehát formailag, felépítésüket tekintve csak az azonosítójukban térnek el a valódi szenzorok üzeneteitől. Ennek eredményeként a vezérlő számítógép egyszerre tudja kezelni mind a

valós, mind a virtuális szenzorok információit: azokat logikai „VAGY” kapcsolattal kezelve minden esetben a megfelelő biztonsággal reagál az akadályok érzékelése esetén.

### 3.2. Irányítás billentyűzet vagy digitális kormány segítségével

Egy másik egyszerű – a programban kevés változtatást igénylő – irányítási lehetőség a digitális tesztjármű manuális irányítása billentyűzet vagy valamilyen digitális kimenetekkel rendelkező kormány és pedálok segítségével. Ennek a gyakorlati haszna elsősorban mint a rendszeren belüli hibakeresés jelenik meg. Ebben az esetben a szimuláció bemenetet a valós jármű helyett a digitális tesztjármű adja. A digitális jármű mozgásállapotát jellemző paraméterek kerülnek visszacsatolásra a Unity-ből a szerver modulba. Ezen információk alapján történik a tesztjármű forgalomszimulátorba való illesztése is. Minden más objektum kezelése az eddigi ismertetett módon történik.

A jármű irányítása a Unity-ben definiált horizontális és vertikális tengelyek segítségével lehetséges. A Unity-ben való definiálás ebben az esetben azt takarja, hogy a billentyűzet nyíll billentyűi, valamint a „WASD” billentyűk lenyomásával ezen tengelyek értékeit tudjuk megváltoztatni. Ugyanez igaz a digitális kormányok esetében is, ezért minden olyan teszt, ami a billentyűzettel működik, kormánnyal is megvalósítható. A tengelyek értékei mindig -1 és +1 között mozognak. Ebben az esetben a jármű mozgását a két tengely adta értékek segítségével lehet megvalósítani. Ilyen irányítás esetén ellenőrizhető a tesztjármű és a környezete közötti interakció megfelelő működése, ill. felkészíthető a környezet a valós járművel történő tesztelésre.

### 3.3. Irányítás önvezető algoritmusok segítségével

Az előző fejezetben bemutatott, billentyűzettel való irányítás hátránya, hogy a jármű mozgása nem tartalmaz semmilyen járműdinamikai modellt, így az nem reális. Az ilyen digitális bementekkel rendelkező irányítás esetében felmerülhet az igény, hogy a járművet egy al-

goritmus irányítsa, amire ilyen bemeneti paraméterekkel nehezen lenne lehetőség. Ezért célszerű olyan modellek megalkotása, amelyek tartalmazzanak járműdinamikai paramétereket, valamint biztosítják, hogy a jármű irányítása a kivezérelt nyomaték és kormányzóérték segítségével is megoldható legyen. Ehhez biztosít kiindulási alapot a Unity „Standard Asset” ingyenesen elérhető programsomagja. Ebben elérhető egy, a járművek irányításáért felelős kontroller kód. Ez a kontroller szintén a billentyűzet által generált jeleket használja fel a jármű irányítására, azonban a fizikai korlátokat figyelembe véve egy parametrizálható nyomatékokat használó irányítást és mozgást hoz létre. Ez a modell így már tartalmaz járműdinamikát, habár különösen a járműdinamikai szimulátorokhoz képest ez nem mondható részletesnek. A Unity ugyanakkor lehetőséget biztosít ezen modell továbbfejlesztésére is.

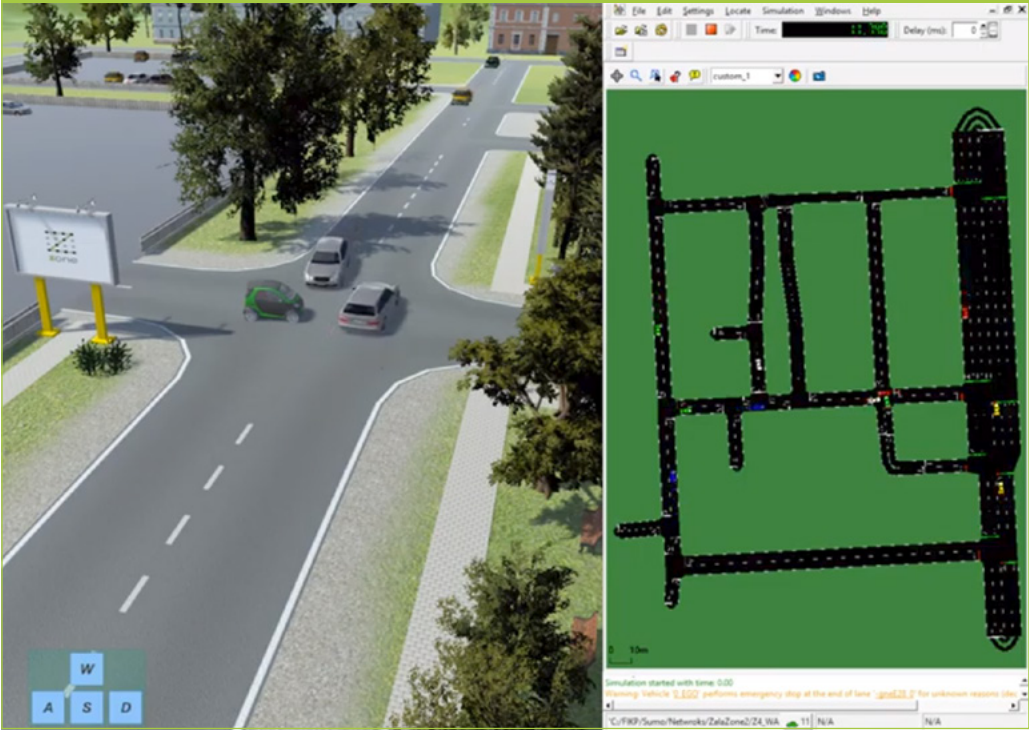
## 4. SZIMULÁCIÓK, TESZTEK ÉS EREDMÉNYEK

A megalkotott szimulációs környezetben több szimulációt és tesztet is sikerült elvégezni. Ezek egy része a rendszer működésének ellenőrzésére, funkciók fejlesztésére irányult, mások pedig konkrét szimulációs eseteken keresztül, valódi teszteteket eredményeztek. Ezen tapasztalatok és eredmények igazolásul szolgálnak a megalkotott keretrendszer létjogosultságára, és irányt mutatnak annak továbbfejlesztésére.

### 4.1. Manuálisan irányított jármű tesztelése virtuálisan generált forgalomban

Ahhoz, hogy a szimulációs rendszert valódi tesztjárművel is kipróbáljuk, szükséges volt a rendszer működésének tesztelésére. Ezzel az olyan nem várt hibák kiküszöbölése volt a cél, amiket a valós tesztek során időigényes lett volna javítani. Ezért a virtuális forgalomba először manuálisan – esetünkben billentyűzettel – irányított járművet helyeztünk (lásd 3. ábra). Így meg tudtuk vizsgálni, hogy a rendszer logikai felépítéséből származik-e a rendszer működését akadályozó probléma. A tesztek során megbizonyosodtunk róla, hogy a virtuális forgalomba illesztett járművet a forgalom résztvevői látják, mozgásukat meg-

3. ábra: A szimulációs rendszer tesztelése billentyűzettel irányított tesztdárművel (<https://youtu.be/dsQRD4rSqf4>)



változtatják a beillesztett jármű érzékelésekor a SUMO beépített járműkövetési modelljének megfelelően, azaz teljes értékű forgalmi résztvevőnek tekintik azt. Megfigyelhető volt ugyanakkor, hogy a tesztdármű jelenléte több esetben nem valós viselkedést, főként vészfékezést váltott ki a forgalom többi szereplőjéből. Ez annak volt köszönhető, hogy a jármű mozgása nem volt teljesen valóságos (hiszen billentyűzettel irányítottuk), valamint annak is, hogy a teszt során nem minden esetben követtük a forgalmi rend szabályait. A vészfékezési reakció jól bizonyítja, hogy olyan esetekben is működőképes a rendszer, amikor nem minden a forgalmi rendben megszokott módon történik a szimuláció során.

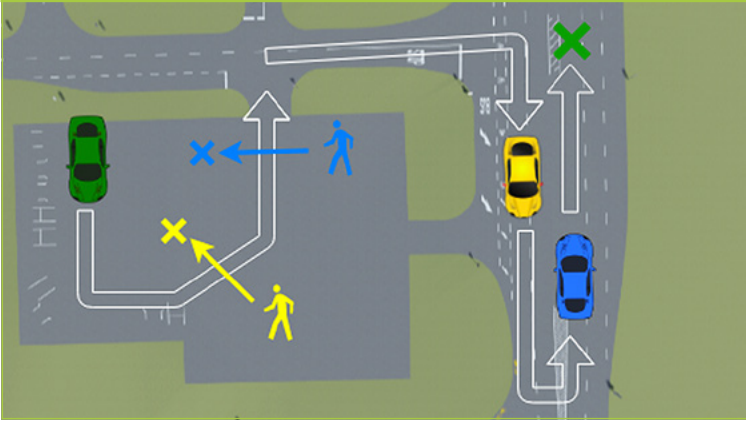
## 4.2. Valós tesztek a ZalaZone járműipari tesztpályán

A megalkotott szimulációs környezet segítségével valós tesztek is végrehajtásra kerültek a

zalaegerszegi ZalaZone járműipari tesztpályán Smart City zónájában [15]. Ezen tesztek során egy olyan SciL scenáriót demonstráltunk, amelyben a valós tesztdárművön kívül szerepelt valós és virtuális dummy gyalogos, valamint virtuális és valós jármű is.

A 4. ábrán a valós teszt során végrehajtott scenáriót mutatunk be. A valós tesztdárművet a zöld színű jármű jelképezi, a sárga színű gyalogos és jármű a virtuális objektumokat jelöli, a kék színűek pedig a valós objektumoknak felelnek meg. A scenárió első szakaszában egy „valet parking” funkció került bemutatásra, amely során a jármű az első fehér színű nyilat követve külső hívásra, teljesen önvezető üzemmódban közlekedett. Az előre rögzített útvonalon való végighaladás során útját először egy virtuális gyalogos, majd később egy valós gyalogos dummy keresztezte. A szimulációs rendszer, valamint a jármű saját szenzorai alapján mindkét esetben megszakitotta útját

4. ábra: A ZalaZone-ban végrehajtott teszt sematikus ábrája



a jármű, azaz amikor a gyalogos a jármű elé lépett, az megállt, majd miután a gyalogos áthaladt előtte, tovább folytatta útját. Ezt követően a járművet járművezető segítségével a többsávos útra irányították, úgy, hogy közben a szimulációs rendszerben továbbra is létezett a digitális iker, a megjelenítő felületen követhető volt a virtuális valóságban való mozgása. Ezek után két „adaptív cruise control” funkciót bemutató szakasz következett. Először egy virtuális jármű követését valósítottuk meg, majd közvetlenül utána, egy valódi járművel is sikerült demonstrálni ugyanezt.

A demonstráció során a szimulációs környezet mindvégig a vártak szerint működött. Az egyes elemek közötti kapcsolat stabil, és megfelelően gyors volt. A jármű mozgása a virtuális térben teljes mértékig reális volt, a mozgás gyakorlatilag teljesen valós időben történt. A szimuláció frekvenciája 10 és 20 ms közé tehető. Ezzel a sebességgel teljes mértékben garantálható, hogy alacsony sebességnél minden információ időben eljusson a tesztkörnyezethez, majd vissza a járműhöz. A szimuláció tapasztalatai alapján elmondható, hogy a keretrendszer használható önvezető járművek bizonyos funkcióival kapcsolatos tesztelés végrehajtásához. Esetünkben a virtuális objektumok érzékelése volt a fő eredmény. A virtuális gyalogos akadályként történő megjelenésére a fékezési és megállási manőver válasz megvalósításra került, valamint a

virtuális járművel is sikeresen működött az adaptive cruise control funkció.

### 4.3. VR megvalósítási lehetőségek

A meglévő rendszer kommunikációjának strukturális kialakításából fakadóan további vizualizációs egységek rendszerhez csatlakoztatására van lehetőség. A már meglévő vizualizációs modell fő feladata a szimuláció kö-

vetethőségének biztosítása. Azonban a Unity lehetőséget nyújt arra is, hogy a virtuális valóságot egy VR eszközön keresztül tekinthessük meg, vagy adott esetben a szimulációba bele is avatkozhatunk. Egy ilyen VR rendszerrel való kibővítés megvalósítható: a jelenleg is kiküldött üzenetet második kliensként fogadva a környezet egy VR eszközön is megjeleníthető. A Unity rendelkezik az Android eszközök támogatásával, így minden giroszkóppal rendelkező Android eszköz (Android API level 21 felett) becsatlakoztatható a szimulációba. A támogatott VR eszközök között szerepel a Google Cardboard, az Oculus, a Daydream, a Gear VR, HTV VIVE, Microsoft HoloLens, Playstation VR, valamint a Windows 10 is [16].

## 5. ÖSSZEGZÉS ÉS TOVÁBBI FELADATOK

Az eredeti célt, hogy lehetővé tegyünk egy valós jármű virtuális környezetben való tesztelését, elértük. A megalkotott szimulációs rendszer ennél többre is képes: a forgalomszimuláció bevonásával jelentősen megnő a lehetséges tesztelési szcenáriók száma. A jelzőlámpákkal együtt valóságos városi közlekedési rendszer építhető fel. Így egy tesztjármű annak teljes szabályozó algoritmusával tesztelhető több olyan forgalmi szituációban, amelyre a valós forgalomban nem lenne lehetőség a szigorú szabályozások miatt. Az elkészített keretrend-



szer a validációs folyamatok támogatására is alkalmas lehet autonóm járműtechnológiák fejlesztése során. Amennyiben egy jármű a virtuális valóság alapján képes megfelelő döntéseket és beavatkozásokat hozni, úgy a sikeres működéssel kapcsolatban csak az érzékelési rétegről nem tehetünk megállapításokat. Egy olyan SciL scenárió esetén, ahol több valós objektum is szerepel, azok megfelelő érzékelése már elegendő alapot adhat arra, hogy az érzékeléssel kapcsolatban is megállapíthassuk annak megfelelő működését.

Az általunk fejlesztett rendszerrel kapcsolatban kiemelendő, hogy nem csak elméleti eredményként valósult meg, hanem valós tesztek során is kipróbálásra került. Így nem csak elméleti és szimulációs tapasztalatokkal rendelkezünk, hanem a rendszer valós, fizikai működésével kapcsolatban is vannak információink. Ezen tesztek során láthattuk milyen előkészületek szükségesek a rendszer megfelelő működéséhez. A szerzett tapasztalatokra alapozva elmondhatjuk, hogy a kidolgozott rendszerfelépítés és megvalósítás egyaránt alkalmas ilyen tesztek elvégzésére. A tapasztaltak alapján minden lehetőség adott, hogy további fejlesztésekkel növeljük a rendszer teljesítményét, alkalmassá tegyük azt még több, szabadabban definiálható tesztesési scenárió végrehajtására. Bizonyítékot nyert, hogy egy ilyen rendszerrel ténylegesen támogatható az autonóm járművek fejlesztési folyamata.

Mindazonáltal, hogy ténylegesen validációs eljárásokhoz lehessen felhasználni egy ilyen rendszert, még további fejlesztésekre van szükség. Fontos, hogy mind a kommunikáció [17], mind a scenáriók leírása kövesse az azokra vonatkozó szabványokat [18]. Meg kell találni a megfelelő csatornát arra, hogy a különböző járműgyártók és azzal kapcsolatos fejlesztő cégek által tesztelt járművekkel milyen módon valósítható meg a kommunikáció. Ennek megfelelően a további fejlesztési munkák során a szabványos eljárások implementálására fókuszálunk. Másik fejlesztési irány pedig a virtuális szenzormodellek alkalmazásának megvalósítása a keretrendszerünkben.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikk elkészítésével kapcsolatos köszönetnyilvánítás: EFOP-3.6.2-16-2017-00002: Autonóm járműrendszerek kutatása a zalaegerszegi autonóm tesztpályához kapcsolódóan - A projekt a Magyar Állam és az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] T. Derenda, M. Zanne, M. Zöldy, Á. Török, Automation in road transport: a review, *Production Engineering Archives*, vol. 20, pp. 3–7, 09 2018. DOI: <https://doi.org/f9vw>
- [2] W. Huang, K. Wang, Y. Lv, and F. Zhu, Autonomous vehicles testing methods review, in 2016 IEEE 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), Nov 2016, pp. 163–168. DOI: <https://doi.org/ggh2p7>
- [3] A. Dosovitskiy, G. Ros, F. Codevilla, A. Lopez, and V. Koltun: Carla - an open urban driving simulator, Eprint: 1711.03938, arXiv, 2017. <https://arxiv.org/abs/1711.03938>
- [4] Tass. (2019, Oct.) Prescan - simulation of adas & active safety (2019.2) <https://tass.plm.automation.siemens.com/prescan>
- [5] Vires. (2019, Oct.) VTD - Virtual Test Drive. <https://vires.com/vtd-vires-virtual-test-drive/>
- [6] Mathworks. (2019, Oct.) Matlab - Automated Driving Toolbox. <https://www.mathworks.com/products/automateddriving.html>
- [7] Y. Laschinsky, K. von Neumann-Cosel, M. Gonter, C. Wegwerth, R. Dubitzky, and A. Knoll, Evaluation of an active safety light using virtual test drive within vehicle in the loop, in 2010 IEEE International Conference on Industrial Technology, March 2010, pp. 1119–1112. DOI: <https://doi.org/fs5rzc>
- [8] C. Biurrin-Quel, L. Serrano-Arriezu, and C. Olaverri-Monreal, Microscopic driver-centric simulator: Linking Unity3D and SUMO, in *Recent Advances in Information Systems and Technologies*, Á. Rocha, A. M. Correia, H. Adeli, L. P. Reis, and S. Costanzo, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2017, pp. 851–860. DOI: <https://doi.org/f9vx>

- [9] P. A. Lopez, M. Behrisch, L. Bieker-Walz, J. Erdmann, Y. Flötteröd, R. Hilbrich, L. Lücken, J. Rummel, P. Wagner, and E. Wießner, Microscopic traffic simulation using sumo, in 2018 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), Nov 2018, pp. 2575–2582. DOI: <https://doi.org/gfvjnh>
- [10] J. Kath, B. Schott, and F. Chucholowski, Virtual testing by coupling high fidelity vehicle simulation with microscopic traffic flow simulation, Conference: Autonomous Vehicle Test & Development Symposium 2018, 06 2018.
- [11] J. Kath and S. Krause, Integrated simulation of microscopic traffic flow and vehicle dynamics, in IPG Apply & Innovate, 09 2016.
- [12] F. Michaeler and C. Olaverri-Monreal, 3D driving simulator with VANET capabilities to assess cooperative systems: 3DSimVanet, in 2017 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), June 2017, pp. 999–1004. DOI: <https://doi.org/f9v3>
- [13] T. Tettamanti, M. Szalai, S. Vass, and V. Tihanyi, Vehicle-In-the-Loop test environment for autonomous driving with microscopic traffic simulation, in 2018 IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety (ICVES 2018), Madrid, Spain, 12-14. Sept. 2018, pp. 295–300. DOI: <https://doi.org/f9v4>
- [14] Wegener, A., Piórkowski, M., Raya, M., Hellbrück, H., Fischer, S., Hubaux, J.P.: Traci: An interface for coupling road traffic and network simulators. In: Proceedings of the 11th Communications and Networking Simulation Symposium, CNS '08, pp. 155–163. ACM, New York, NY, USA (2008). DOI: <https://doi.org/c44qw8>
- [15] M. Horváth, Q. Lu, T. Tettamanti, A. Török, Zs. Szalay, Vehicle-In-The-Loop (VIL) and Scenario-In-The-Loop (SCIL) automotive simulation concepts from the perspectives of traffic simulation and traffic control, Transport and Telecommunication Journal, vol. 20, pp. 153–161, 04 2019. DOI: <https://doi.org/f9v5>
- [16] (2019, Oct.) Unity user manual (2019.2) <https://docs.unity3d.com/Manual/XR.html>
- [17] A. Dua, N. Kumar, and S. Bawa, A systematic review on routing protocols for vehicular ad hoc networks, Vehicular Communications, vol. 1, p. 33–52, 01 2014. DOI: <https://doi.org/f9v6>
- [18] T. Thomsen and P. R. Mai, ASAM OpenSCENARIO - List of features and requirements, Jan. 2019.



### Mixed reality development environment for self-driving cars

During the development of self-driving cars, testing possibilities are rather limited, and carrying them out can be difficult and costly. The solution of this problem can be provided by the so-called mixed reality technology, i.e., the application of systems creating a mixed reality. These systems provide an opportunity to create an environment in which real self-driving cars can be tested in virtual traffic. Systems based on mixed reality can greatly assist the research and development of self-driving cars and can also serve as a basis for the shaping of validation procedures.



### Mixed-Reality-Entwicklungsumgebung für autonome Fahrzeuge

Während der Entwicklung autonomer Fahrzeuge sind die Testmöglichkeiten eher begrenzt, schwierig und kostenintensiv zu implementieren. Dieses Problem kann durch die sogenannte Mixed-Reality („gemischte Realität“) Technologie, d.h. durch die Verwendung von Systemen, die Mixed-Reality realisieren. Diese Systeme bieten die Möglichkeit für die Schaffung einer Umgebung, in der reale autonome Autos im virtuellen Verkehr getestet werden können. Mixed-Reality-Systeme können bei der Forschung und Entwicklung autonomer Fahrzeuge eine große Hilfe gewährleisten und auch als Grundlage für die Entwicklung von Validierungsverfahren dienen.

# A közlekedési "sharing economy" rendszerek szabályozási szükségességé

A közlekedési „sharing economy” hatásaival való foglalkozás, valamennyi résztvevő számára előnyös lehet, ha jól meghatározott összefüggéseit e gyorsan növekvő tendenciákhoz igazítjuk, amelynek első sorban a szabályozásban kell megjelennie. Ez persze nem jelentené azt, hogy a társadalom (állam) ne ismerje el a magánszemélyek jogait, hogy megosszák a tétlen vagy kihasználatlan eszközeiket, hanem ellenkezőleg a cél az lenne, hogy bevezessük ezeket a tevékenységeket a társadalmi kontroll alá, biztosítva ezzel az állampolgárok (utasok) jogait.

DOI: <https://doi.org/10.24228/KTSZ.2021.3.3>

---

## Dr. Szeri István – Berente István

főtanácsos, tudományos főmunkatárs – közszolgáltatási központvezető  
KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft  
e-mail: szeri.istvan@kti.hu, berente.istvan@kti.hu

---

### 1. A SHARING ECONOMY VAGY A MEGOSZTOTT GAZDASÁG NÖVEKEDÉSE

A társadalom digitalizálódásából fakadó látványos összekapcsolhatósággal az emberek együttműködése széles körben terjed. Ez azonnali összefüggést eredményez az alacsony tranzakciós költségekkel, ami jelentős potenciált biztosít a társadalmilag hasznos, erőforrás-hatékony gazdasági cserék (együttműködések) számára.

A létrejövő megosztási gazdaság optimalizálja az eszközök használatát, amelyek hatékonyan oszthatók meg a felhasználók között.

#### Pozitív hatásai számosak:

- erőforrásaink, megtakarításaink vagy további bevételi forrásaink jobb felhasználása a vásárlóerőt növeli,

- további hozzáadott értékeket biztosít diverzifikált megoldásokkal, új társadalmi interakciókkal, amelyek emberi szinergiákat biztosítanak a digitális gazdaság számára,
- szolgálják a társadalmi mobilitás erősödését is.

Mivel a megosztott gazdaság mérete exponenciálisan növekszik, (gondoljunk csak a lakásmegosztásokra a telekocsikra vagy a lakásétermekre, hogy csak a legelterjedtebbeket említsük) növekvő aggodalmak is megfigyelhetők, amelyeket hatékonyan kell kezelni a pozitív externáliák elősegítése érdekében. Valamennyi résztvevő számára előnyössé válhat a jól megválasztott együttműködés, azonban a gyorsan növekvő tendenciához, szükséges az egységes definíció az Európai Unióban, így hazánkban is. A létrejövő megosztás alapú gazdaság optimalizálja



a készenléti vagy szabad eszközök (helyek) használatát, amelyek hatékonyan oszthatók meg sok felhasználó között.

## 2. MEGOSZTÁS VAGY NYERESÉG

### 2.1. Elvárt elvek

- az állampolgároknak/használóknak fontos, hogy minden uniós ország elismerje a magánszemélyek jogait, hogy megosszák a tétlen eszközeiket,
- szükséges megkülönböztetni egy eszköz megosztását a pénzügyi költségekhez való hozzájárulása esetében, ahol a megosztónak nem keletkezik nyeresége,
- vagy a bevételt (nyereséget) realizáló fuvarozás kérdéskörét,
- ezek elkülönítése eltérő adózási és jogi következményeket kell, hogy eredményezzen az eszközök tulajdonosai számára.

A személyszállítási szolgáltatásban ez azt jelenti, hogy a jármű használója és az utazni kívánó megosszák az útjuk során keletkező költségeket. Ha azonban mindez nyereség érdekében, tehát viteldíj beszedésében mutatkozik meg, az már nem költségmegosztás, hanem hivatásos személyfuvarozás.

## 3. AZ EU MÁR KIFEJTETTE NEM HIVATALOS AJÁNLÁSAIBAN, HOGY SZÜKSÉG VAN

- az összes európai ország ösztönzésére,
- amelyhez tisztázni kell a magánszemélyek jogát arra, hogy megosszák az eszközöket és a kapcsolódó költségeket,
- de olyan adózási mechanizmusokkal kell rendelkezni, amelyekkel egyértelműen meghatározhatják, hogy mikor alkalmaznak költségmegosztást vagy deklarálatos nyereséget,
- ezért kulcsfontosságú lenne a megosztott gazdaságnak a jól meghatározott kontextusba való helyezése.

## 4. KÖLTSÉGMEGOSZTÓK (SHARING ECONOMY) TERJEDÉSE A HAZAI KÖZFORGALMÚ KÖZLEKEDÉSBEN

Ma sok vita van a vasúti és autóbuszos távolsági közforgalmú közlekedés értékelése kapcsán, hogy a személygépkocsi költségmegosztók (köznap nevükön a TELEKOCSI rendszerek) működése mennyire szabályszerű, s arról, hogy tevékenységük mennyiben befolyásolja a közszolgáltatási szerződéssel rendelkező hivatásos fuvarozók eredményességét?

A probléma megértéséhez egy kis szakirodalmi áttekintés is szükséges, csupán annyiban, hogy lássuk e tevékenység társadalmi hasznosságát, amennyiben van ilyen. A költségmegosztás vagy angol nevén „sharing economy” még inkább „collaborative economy” nem más, mint közösségi gazdaság vagy megosztásalapú gazdaság, amire jellemző, hogy megosztáson alapul, kihasználatlan kapacitásokra épül a kereslet-kínálat azonnali találkozása. Ma már az informatikai technológiai megoldásokon keresztül érhető el. Fontos eleme a benne szereplők kölcsönös egymás-értékelése (tehát bizalmi jellegű), jórészt közösségi élményt nyújt, és kétségtelen tény legalábbis a közlekedési szolgáltatásokban, hogy fenntarthatósági szempontokat is figyelembe vesz. Persze igazságtalanok lennénk, ha nem említenénk meg azt, hogy a költségmegosztású gazdaság más ágazatokban még inkább beépült a mindennapokba. Hiszen ki ne ismerné a legelterjedtebb ilyen irányú szolgáltatást az ún. lakásmegosztást, rövidtávra (napi néhány órára) kiadott garázsok, vagy lakáskonyhai költségmegosztásokat. Magyarországon 17 különféle költségmegosztás típusú szolgáltatás azonosítása történt meg, s ezek száma – elsősorban Budapesten – évről évre nő. *(A járványhelyzet e tendenciában törést okozott. A főszerkesztő)*

A közlekedési költségmegosztás, mint mobilitásigény a szállásigény után a közösségi gazdaság második sikerágazata. A legismertebb vállalkozások: Uber, Lyft, a BlaBlaCar, Wunder, Zipcar, Waze. A hazai legsikeresebb az Oszkár telekocsi rendszer.

Néhány gondolat az üzleti modellről, amelynek alapja az ún. C2C (consumer-to-consumer), ahol a szolgáltatást nyújtók és igénybevevők egy tőlük független digitális platformon keresztül lépnek kapcsolatba egymással. Tehát a platform, közvetítő tevékenységet nyújt a fuvarozóknak, akik úti céljukba eső személyeket szállítanak elvileg költségük egy részének megtérítésével. A megosztás típusai szerint persze lehet hosszú távú autómegosztás (car sharing, carpooling), akik hosszabb távra vagy állandó periódusban utazó utitársakat keresnek. A rövid távú autómegosztás (ride sharing) jellemzően városon belül keres utastársakat, és ez jórészt céljában is nyereségérdekelte pl.: Uber. Emellett szóba jöhet az (On-demand) autóbérlés is, amely során a bárki által használható és lerakható autót biztosítanak eseti használatra. (pl.: Budapesten a GreenGo, LIMO). Sok országban – így például az USA egyes államaiban vagy az EU néhány tagországában – a társadalmi költségek és a fogyasztók szempontjából előnyösnek minősítik, mert az innovatív gazdasággal összefüggő növekedési lehetőségeket kínál. Ám minden ilyen szolgáltatás fogyasztói, adójogi és munkajogi stb. kérdéseket is felvet. Nevezetesen, hogy melyek azok a paraméterek a mindenkori szabályozók függvényében, amelyeket az ilyen típusú szolgáltatásoknál maguknak a szolgáltatóknak nem csak az üzleti etika terén, hanem az adózás, a fogyasztóvédelem és felelősség kérdésében figyelembe kell venniük. Az világosan látszik, hogy ma még az eltérő nemzeti szabályozások vagy hiányuk jogbizonytalanságot eredményez, gátolva a szabályszerű megosztásalapú gazdaság fejlődését.

## 5. A CÉLOKRÓL

Melyek lehetnek a célok a megosztásalapú gazdaságon keresztül kínált szolgáltatások terén, hogy ne vezessenek adókikerüléshez, tisztességtelen versenyhez, ne sértsenek jogszabályokat, ne illessék meg őket a pozitív diszkriminációk a hagyományos gazdasági tevékenységekkel szemben, valamint a kaucionális, biztosítási, tevékenység engedélyezése stb. ugyanúgy vonatkozzanak rájuk, mint az összes többi gazdasági ágazatra?

Nézzük azonban – a teljesség igénye nélkül – a magyar szabályozást:

A 176/2015. (VII. 7.) Korm. Rendelet a személygépkocsival díj ellenében végzett közúti személyszállításról, amelynek hatálya kiterjed többek között, a személytaxi-szolgáltatást és a személygépkocsis személyszállító szolgáltatást folytató vállalkozásra, a díj ellenében személyt szállító személygépkocsi vezetőjére, a személyszállító szolgáltatást igénybevevőre (az utasra).

Azonban, hogy mindezt megértsük, nézzük a szabályozás paramétereit. A személygépkocsival ellenérték fejében végzett közúti személyszállítás, a rendelet feltételei szerint, egyéb szolgáltatás részeként kiegészítő szolgáltatásként vagy a fő szolgáltatáshoz közvetlenül kapcsolódóan végezhető. Szükséges hozzá tevékenységi engedély, amelyet a hatóság akkor adhat ki, ha a vállalkozás igazolja:

- szakmai irányítójának személyes megbízhatóságát,
- alkalmasságát, megfelelő pénzügyi teljesítőképességét,
- a személygépkocsi műszaki feltételeit, amivel fuvarozni kíván,
- és az önfoglalkoztató vagy alkalmazotti végzettség feltételeit.

Ehhez képest mi az, ami megvan a hazai közlekedési költségmegosztóknak? Nagyjából 10% rendelkezik tevékenységi engedéllyel, a többi nem felel meg az előírt tevékenységi feltételeknek, mert:

- nem vállalkozásként működnek,
- nincs adószámuk (így nem is adóznak), ugyanakkor díj ellenében fuvaroznak (számlát, nyugtát nem adnak),
- nincs kauciójuk,
- nincs utasbiztosításuk,
- tehát (tiszteltet a kivételnek) jó részük hivatásszerűen a szürke és feketegazdaságban dolgozik.

A személygépkocsival végzett személyszállítási szolgáltatás kapcsán számos kérdés merült fel az utóbbi időben szinte az egész világon. Annak érdekében, hogy a szolgáltatás hosszabb távon is megfelelő, feszültségektől mentes és

minél inkább versenysemleges, az igénybevevő (utas) szempontjait messzemenően kielégítő környezetben bonyolódhasson le, szükséges egy szabályozási koncepció elkészítése.

## 6. FELADAT

Korábban az MKIK GVI és a KTI is egy-egy tanulmányban foglalkozott a tevékenység versenyhelyzetével, szabályozási környezetével, hogy a különböző „szürke” és „fekete” alágazati tevékenységek miben szolgálják az egyenlő versenyhelyzetet és azt a célkitűzést, amellyel a magyar gazdaságot tovább lehet „felerősíteni”.

Részletesen kell tehát megvizsgálni a jelenlegi helyzetet, s ennek ismeretében lehet megfogalmazni a rövidebb és a hosszabb távra vonatkozó javaslatokat.

Érdemes tehát feltárni azokat a területeket, amelyeket a későbbiekben, részleteiben is vizsgálni kell, illetve az ott levont következtetések alapján kiterjeszteni az egész közforgalmú személyszállítási rendszerre.

## 7. A HELYZETELEMZÉST A JAVASLATOK TERÉN HÁROM SZEMPONT KÖRÉ CÉLSZERŰ ÖSSZPONTOSÍTANI

- a szolgáltatás követelmény rendszerének szabályozása,
- a gazdálkodási környezet,
- a szolgáltatás engedélyezésének feltételei.

Célszerű a legjobb nemzetközi gyakorlatokat is megvizsgálni és kitérni azok hazai alkalmazásának lehetőségeire.

## 8. A JELENLEGI HELYZET ÉS ANNAK KÖVETKEZMÉNYEI

A személyszállítási (személygépkocsival végzett és taxiszolgáltatás) nyújtásának szabályozási kereteit alapvetően három törvény és két rendelet határozza meg:

- 1990. évi LXXXVII. törvény az árak megállapításáról,

- 2012. évi XLI. törvény a személyszállítási szolgáltatásokról,
- 89/1988. (XII. 20.) MT rendelet a közúti közlekedési szolgáltatásokról és a közúti járművek üzemen tartásáról,
- 31/2013 (IV.18.) Főv. Kgy. rendelete a személytaxival végzett személyszállítási szolgáltatás és a személytaxi-szolgáltatást közvetítő és szervező szolgálat működtetésének feltételeiről, a taxiállomások létesítésének és igénybevételeinek rendjéről és a személytaxi-szolgáltatás hatósági áráról,
- 176/2015. (VII. 07.) Korm. rendelet a személygépkocsival díj ellenében végzett közúti személyszállításról.

A kezdeti jogszabályok értelemszerűen nem foglalkoznak a költségmegosztáson alapuló gépjárműhasználat, aminek eredeti gondolata nem az üzleti haszonszerzés, hanem az egyirányú gépkocsis utazások összevonásából származó egyéni és társadalmi előnyök kihasználása. Amíg a napi gyakorlat megmaradt ennek keretei között, addig nem érték támadások, sőt, támogatást élveztek az ezt alkalmazók annak ellenére is, hogy már akkor látszott miszerint az adózási és tevékenységi szabályrendszereket nem tartották be. Természetesen ezeknek megvoltak a nemzetközi gyakorlati előnyei is, gondoljunk csak pl.: a „HOV lane” létesítésekre, amikor a zárt forgalmi sávokat – elsősorban csúcsidőben – csak azok a járművek használhatják, amelyek több személyt szállítanak. Ám a korszerű informatikai technológia (internet, majd applikációk stb.) lehetőségeit kihasználva jöttek létre azok az alkalmazások és gyakorlatok, amelyek már messze túlnyúlnak a költségmegosztáson alapuló autóhasználat társadalmilag elfogadott keretein. Az így létrejött anomáliák irányították rá a figyelmet a szabályozás nemzetközi és hazai elégtelenségére. Szakmailag az látszik, hogy hiba lenne az új jelenségeket, a korábban rögzített elavult keretek közé szorítani. A helyzetértékelés során részletesen meg kell vizsgálni a jelenlegi szabályozást. Értékelni kell a taxi és személygépkocsis személyszállító szolgáltatókkal szemben támasztott követelményeket, azok szükségességét, korszerűségét, s a már említett piacot befolyásoló hatásokat.

Nagyon fontos a megfelelő megoldás megtalálása. Fel kell tárnunk majd értékelni, hogy hol húzódik és milyen ismérvek határozzák meg azt a határvonalat, ami a társadalmi elfogadottságot jelenti, illetve ami elválasztja a legálisan működő taxi és személygépkocsis személyszállításokat, valamint az egyéb alternatív személyközlekedési szolgáltatásokat a társadalom egy rétege által támogatott költségmegosztó autóhasználatot és a szabályozást tudatosan megkerülő nem jogkövető szolgáltatókat és fuvarszervezőket. Ez azért is lényeges, mert a jelenség sokkal szélesebb körű, mint ami a felszínen látszik. Hiszen nem csak hivatalosan működő digitális szolgáltatók (OSZKÁR, BlaBlaCar, Wunder stb.) keretén belül, hanem a zárt közösségi média kereteken belül is működnek és egyre terjednek. Megvizsgálva a személygépkocsis személyszállításra és a taxi járműre és a jármű vezetőjére vonatkozó állami és önkormányzati előírásokat, látható, hogy a szabályozás túlzó és szigorú. Feltéve a kérdést: mennyiben szolgálják a szabályozások az eredeti célt, azaz az utas biztonságos célba juttatását, a jármű és a vezető biztonságát? Az látszik, hogy az alágazati szereplők nem fordítottak elég figyelmet a folyamatosan változó társadalmi elvárásokra. Kevésbé figyelték meg és vizsgálták a környezeti hatásokat, és nem figyeltek arra, hogy a felhasználó (utas) az olcsóbb és gyorsabb eljutást választja, még akkor is, ha tisztában van azzal, hogy a vele alkalmi jogviszonyban lévő szolgáltatók „adó és szabálykerülők” s nem rendelkeznek semmilyen garanciális elemmel a fuvarozásra (pl.: utasbiztosítás vagy gépkocsivezetői munkaidő szabályozás stb.). Hiszen a legális és illegális szolgáltatások gazdálkodása nagyon is eltér egymástól míg az egyik esetben legális magán vagy társas vállalkozóként dolgozik a szolgáltató s a szabályozást figyelembe veszi, a másik esetben nem teszi ezt, mivel nincs komoly ellenőrzése a rendszernek. Így a legális szolgáltató, – több módon adót fizető vállalkozó –, aki szolgálja az állam, mint az adót beszedő szervezet érdekeit. A másik esetben viszont nem látja az adóhatóság a tevékenységet, mert nincs adózásra bejelentkezve.

Megvizsgálva a taxi (illetve taxi jellegű) szolgáltatás engedélyezését, több olyan elem van elvárásaként megfogalmazva, amelyek már túlhaladtak. Célszerű lenne a kérdést az utas oldaláról megközelíteni. Mi szolgálja a szolgáltatás elegendően magas és fenntartható színvonalát, amiben a fizikai és az anyagi elérhetőség, a biztonság egyaránt szerepet játszik? Ez természetesen magában foglalja a legális vállalkozás szempontjait is. A kérdéskör részét képezi a személygépkocsis és taxiszolgáltatás egyik kulcseleme, az utazásszervezői tevékenység, ahol az utóbbi időben nagy a fejlődés, de ennek ellentétjeként megpróbálták azt technikai módszerekkel megkerülni.

Már most látszik, hogy a „költségmegosztás” az ismert területeken túl (személygépkocsis személyszállítás, taxi, lakáshotel, lakáskonyha stb.) újabb területeket nyitnak ki, ahol rövideSEN hasonló jelenségek várhatók.

A fenti elfogadott szolgáltatások „racionalizálási” lehetőségeit kereső vizsgálatot követően célszerű rátérni azon szolgáltatások elemzésére, amelyek a jelenlegi korlátokat áthágják. Lehetséges, hogy egy jövőbeni részletes vizsgálat arra mutat rá, hogy racionális korlátok már nem ott húzódnak, mint ahol most a szabályozások rögzítik. Ezt mind figyelembe kell venni a javaslatok kidolgozásánál.

A „fekete” és „szürke” piaci szereplők üzleti modelljének jobb megismerése tehát kulcskérdés. Nem csak azért, mert hasznosítható ötletekre is vezethetnek, hanem rámutathatnak a szabályozási hiányosságokra, illetve az új piaci szereplők esetlegesen eltérő gondolatmenetére, „innovációjára”, aminek ismerete elengedhetetlen a megfelelő, rájuk is hatást gyakorló szabályozás kialakításához.

## **9. MA MÉG A TISZTÁNLÁTÁSHOZ IS, DE A FELELŐS JAVASLATOKHOZ IS SOK ELVÉGZENDŐ KUTATÁSI, SZABÁLYOZÁSI FELADAT VAN**

A személyszállítás területén az utóbbi időszakban a különböző újszerű – jórészt „sharing economy” formájában – megjelenő

szervezett személyközlekedési formák jelentős zavarokat okoztak az eddig megszokott és gyakorolt szervezett szállítási rendszerekben. Az ennek következtében jelentkező ellentmondások, illetve ellentétek feloldása nagy valószínűséggel nem történhet meg a jórészt történelmileg kialakult rendszer „foltozásával”, hanem az egész rendszer működtetését, szabályozását célszerű újragondolni. Ennek szükségességét alátámasztja egyrészt a külhoni gyakorlat, amiből egyértelműen nem lehet mindenható eljárásokat átvenni; másrészt az eddigi intézkedések, amelyek nem tudtak átütő eredményeket hozni.

## 10. ALAPVETŐ ÉRDEK TEHÁT EGY ÚJSZERŰ SZABÁLYOZÁSI RENDSZER KIDOLGOZÁSA

A szabályozás alapja a 2012. évi XLI. személyszállításról szóló törvény, amelynek alapvető célja a szervezett személyszállítással (közösségi közlekedéssel) összefüggő kérdések átfogó törvényi szintű szabályozása. Ennek megfelelően az egyéb, nem menetrendszerű személyközlekedési szolgáltatókkal (közösségi és iskolabuszok) elsősorban abból a célból foglalkozott, hogy ezeket a közösségi közlekedés rendszerébe hogyan lehet integrálni. Az amúgy úttörőnek mondható törvény értelemszerűen nem foglalkozhatott azokkal a személyközlekedési módokkal és jelenségekkel, amelyek akkor még nem is voltak.

Az előzőekben ismertetett rendeletekkel összhangba hozva javasolható a törvény és a hozzá tartozó egyéb szabályozások felülvizsgálatát szolgáló munka elvégzése, ami kiterjedne a teljes személyközlekedési rendszer működésére, illetve működtetésére, ötvözve a menetrendszerű, a nem menetrendszerű és az egyéni alapú (taxi, személygépkocsis személyszállítás, bérautó, limuzinszervíz, sofőrszolgáltat stb.) – beleértve a megosztási rendszerekre támaszkodó üzletszerűen működő egyéni – szolgáltatókat is. (Szerencsére a car sharing szolgáltatásra már legalább készült hazai szabályozási koncepció.)

## 11. EGY OLYAN MUNKA ELVÉGZÉSE SZÜKSÉGES, AMELY ALAPJÁN

- definiálható és egzakt mutatók alapján rögzíthető, hogy ki a személyszállítási szolgáltató, és ki nem az,
- meghatározható, hogy milyen hatósági jellegű szabályok vonatkoznak rá,
- egyértelműsíthető, hogy milyen gazdasági tevékenységet folytat és milyen adózási szabályok vonatkoznak rá,
- előírható, hogy hol és kivel kell kooperálnia.

Már most kijelenthető: nagyon lényeges a gazdasági működőképesség szempontjából a járműbeszerzéshez, az üzemanyaghoz kötődő adóterhelések alágazati egységesítése, valamint a közlekedési szolgáltatásokat igénybe vevők adóterheinek ésszerű, a mai igényeknek megfelelően, valamint az általános köz- és szakmapolitikai elvárásokat szolgáló rendszer kialakítása.

Ha a közösségi közlekedés részének tekintjük az ellenőrizhető hivatásforgalmi szolgáltatást, akkor egyenlő helyzetet kell teremteni, például az üzemanyag jövedéki adó visszatérítésben, vagy bármely „hivatásos” fuvarszköz beruházási áfája visszaigényelhetősége terén.

Ha elfogadható az a tény, hogy a személygépkocsival végzett személyszállítás is egyfajta közszolgáltatás, akkor a szolgáltatás költségeit is ennek megfelelően kell alakítani.

Nem lehet ugyanis a mai viszonyok között abban hinni, hogy csak adminisztratív eszközökkel /büntető szankciókkal/ kiszoríthatók a kontárok a piacról. Azt a helyzetet kell megteremteni, hogy a jogkövető állampolgárnak már ne legyen érdeke az illegális vállalkozásokkal alkalmi szerződést kötni.

## 12. MÁR MOST JAVASOLHATÓ:

- a fuvarszköz áfájának visszaigényelhetőségi lehetősége, ha azt kifejezetten csak üzleti célokra használja,
- a felhasznált üzemanyag áfájának visszaigényelési lehetősége, de csak az üzleti célú felhasználás területén,



- az üzemanyag jövedéki adójának más alágazatokkal egyező visszaigénylése, de csak az üzleti célú felhasználás területén,
- a vállalkozások adózási rendszerének választhatóságának kiszélesítése (tétel- vagy általány típusú) stb.,
- a személygépkocsi szolgáltatásokat különösen a taxi szolgáltatást licen- cia vagy koncessziós keretek közé vinni.

## 13. A JELENSÉGRŐL, ÖSSZE-FOGLALVA

Ez a tanulmány nem alkalmas arra, hogy a társadalmi szereplők javaslatait teljes mértékben visszaadja, alkalmas lehet viszont arra, hogy felhívja a társadalom figyelmét a jelenségre és a szükséges intézkedések meg- tételére. A „telekocsi” jelenség túlfeszítette a mai jogszabályi kereteket, és elsősorban fel- használói ösztönző rendszerekkel egyenlő versenyhelyzeti szabályozással (egyszerű adó- politikai eszközök stb.) lehet a társadalmilag is érzékeny ügyet nyugvópontra helyezni. Biztosra vehető, hogy a szektorsemleges, ha- tékony és belső kooperációra kész folyamatok kialakítása nélkül a konszenzus nem jön létre a társadalmi szereplők (utas, szolgáltató és leg- alis költség megosztó) között.

Alapvető érdek tehát egy olyan újszerű szabá- lyozási rendszer kidolgozása, amely:

- képes megkülönböztetni a valódi költ- ségmegosztó mobilitásoptimalizáló tevékenységet az üzletszerű személy- szállítási szolgáltatástól;
- társadalmilag elfogadható, betartha- tó és szektorsemleges adminisztratív hatósági szabályozáson alapul, képes megkülönböztetni a valódi költség- megosztó mobilitásoptimalizáló tevé- kenységet az üzletszerű személyszállí- tási szolgáltatástól;
- közgazdaságilag, adójogilag kü- lönséget tesz az üzletszerű és a „costsharing” alapú magánjellegű tevékenység között, de nem tesz kü- lönséget a különböző formájú üzlet- szerű tevékenységek között.

## 14. FELMÉRÉS

Amivel szeretnénk alátámasztani a fenti el- gondolást az egy, a Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft. Közszolgáltatási Köz- pontja által – adatgyűjtés módszerével – vég- zett mini kutatás, amelynek következtetéseit ismertetjük.

### 14.1. A felmérés módszertana, szerzett tapasztalatok

A felmérés 2020. január 31. (péntek) és 2020. március 1. (vasárnap) közötti időszakban a [www.oszkar.com](http://www.oszkar.com) oldalon felkínált telekocsi szolgáltatásokra terjedt ki. A megfigyelt út- vonalakat a megyeszékhelyek és Budapest kö- zötti viszonylatok jelentették, mindkét irányt figyelembe véve, a teljes napi forgalomra vo- natkoztatva (0-24 óráig). Táblázatokban rö- gzítettük a felkínált szolgáltatások paramétereit (felkínált kapacitás, utasok száma, viszonylat, sofőr neve, időpont, viteldíj). Az adatokat nap- közben 3 óránként frissítettük.

A felmérés időszakában az érintett viszonyla- tokban vasúti vágányzári menetrend nem volt érvényben, ami kihatott volna a telekocsi for- galomra. Megjegyezzük, hogy a korábbi évek- ben a vágányzárak miatti vonatpótló autóbú- szos közlekedés a telekocsik előtérbe kerülését növelhette Pécs, Miskolc és Eger esetében.

A telekocsi szolgáltatást nyújtók jellemzően napokkal korábban meghirdetik a szabad ka- pacitásukat, nem jellemző a visszamondás, mivel így nyilvánosan negatív értékelést kap- hat a már bejelentkezett utastól. Előfordul azonban, hogy utas jelentkezésének hiányában későbbre módosítják az indulási időpontot. Ezzel szemben az utasok részéről gyakori az indulás előtt egy-két órával történő jelentke- zés, bár ez kevésbé jellemző a hétvégékre, ami- kor nagy a telekocsik kihasználtsága, gyorsan betelnek a helyek.

A telekocsi szolgáltatásokat többen a facebook-on is meghirdetik. Az utóbbi idő- ben a fedélzeten bankkártyával is lehet fizet- ni, sőt egyesek már számlát is tudnak adni, azonban ez nem jellemző. A rendszeres uta-

soknál előfordul, hogy közvetlenül (pl.: telefonon, facebook-on) keresik meg a telekocsi szolgáltatót, így némi látencia van a rendszerben, a www.oszkar.com-on nem regisztrált utasok miatt, akik után így a telekocsinak nem kell jutalékot fizetni az oszkar.com felé.

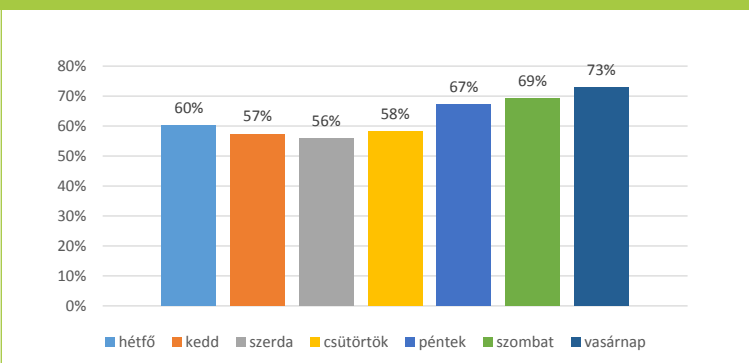
Külföldre irányuló utak magyarországi szakaszának meghirdetését elvértve tapasztaltuk (pl.: Budapest–Bécs utat Budapest és Győr között is meghirdettek). Ugyanazt a telekocsit gyakran több viszonylatban is meghirdetik (pl.: 10:00 Budapest, Keleti pályaudvar–Pécs, illetve 10:30 Budapest, Kelenföld–Pécs).

## 14.2. KONKLÚZIO

A teljes, felmért – 31 nap – időszakban **36 513 telekocsi** indult el **178 334 fő férőhellyel** és **115 398 fő utassal**. A férőhely kihasználtság átlagosan 65% volt, legnagyobb arányban (73%) vasárnap teltek meg az autók. (1. diagram)

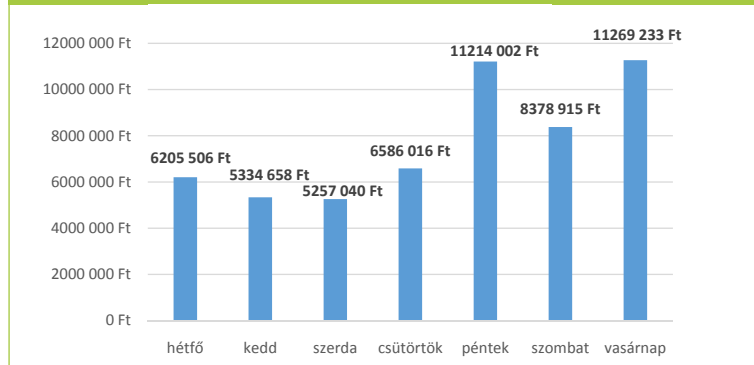
A költségmegosztók **bevételeinek** java része is a hétvégi időszakra esett. (2. diagram)

**1. diagram: Telekocsi férőhely kihasználtsága (saját forrás)**  
*Telekocsi kihasználtság a hét napjain*  
*(utasok aránya a kínált férőhelyen)*



**A legtöbb költségsztáson alapuló utazást** Budapestre, illetve a fővárosból Szeged, Miskolc, Nyíregyháza, Pécs, Debrecen, Szekszárd városok esetében regisztráltunk. Szeged és Kecskemét esetében több telekocsi is a Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtér érintésével közlekedett, akár a normál **tarifa** kétszereséért, így alakulhatott ki a távolsághoz képest magas átlagár. A költségmegosztóval történő utazás **kb. 25%-kal kerül kevesebbe**, mint a teljesárú vonatjegy, buszjegy. Két kivétellel (Salgótarján, Szekszárd) minden megyeszékhely közvetlen IC-kapcsolattal rendelkezik a főváros felé. Salgótarjánból csak átszállással lehetséges a fővárosba vonatozni, ezért ott a közforgalmú utasok által szinte kizárólagosan használt autóbusz-menetjegy ára került feltüntetésre az 1. táblázatban. A 18 megyeszékhely közül 13-at jelenleg is gyorsforgalmi út kapcsol össze Budapesttel, így **a menetidő jellemzően kisebb**, mint az IC-vonatoknál. (Ez alól 4 város kivétel: Győr, Tatabánya, Székesfehérvár és Veszprém esetében tekinthető versenyképesnek a vasúti menetidő az autós eljutási időhöz képest). A menetidők pontos összevetése nehézkes,

**2. diagram: Költségmegosztók átlagbevétele napi bontásban (saját forrás)**  
*Bevételek a hét napjain (átlag)*





## 1. táblázat

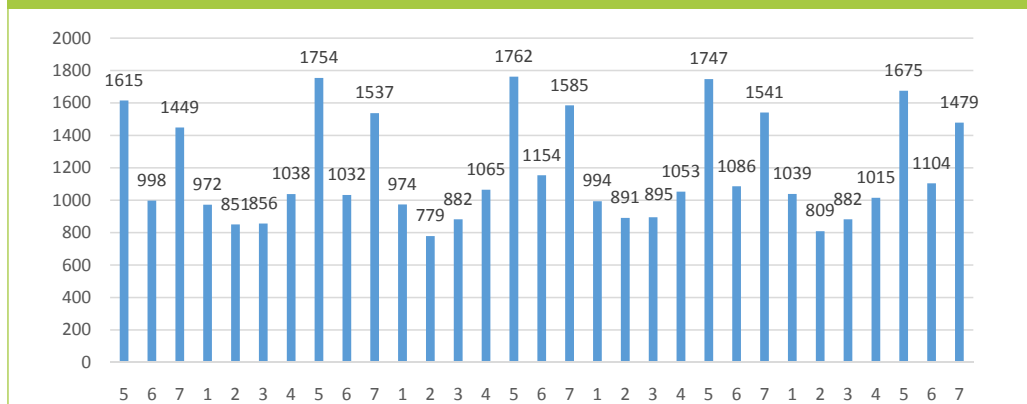
Telekocsis utasok száma (Budapest-megyeszékhely és vissza) 2020.01.31-03.01.	Telekocsis bevétel	Átlagos tarifa Ft/utas	Teljesárú menetjegy vonat II.o., IC/EXP*, autóbuszjegy**	
Szeged	26 057	69 527 380 Ft	2 668 Ft	4 005 Ft
Miskolc	25 168	53 363 373 Ft	2 120 Ft	4 005 Ft
Nyíregyháza	15 441	47 470 374 Ft	3 074 Ft	5 140 Ft
Pécs	14 974	57 852 421 Ft	3 864 Ft	4 605 Ft
Debrecen	9 681	27 426 310 Ft	2 833 Ft	4 605 Ft
Szekszárd	9 160	24 143 035 Ft	2 636 Ft	3 130 Ft*
Kaposvár	3 007	7 551 965 Ft	2 511 Ft	4 255 Ft
Kecskemét	2 858	6 067 132 Ft	2 123 Ft	2 675 Ft
Győr	2 578	5 123 134 Ft	1 987 Ft	3 025 Ft
Szombathely	1 333	4 128 772 Ft	3 097 Ft	5 400 Ft
Eger	1 325	2 477 906 Ft	1 870 Ft	3 025 Ft
Székesfehérvár	1 002	2 094 386 Ft	2 090 Ft	1 450 Ft
Zalaegerszeg	934	2 709 533 Ft	2 901 Ft	4 305 Ft
Veszprém	864	1 433 128 Ft	1 659 Ft	2 675 Ft
Békéscsaba	595	1 646 612 Ft	2 767 Ft	4 005 Ft
Tatabánya	166	409 280 Ft	2 466 Ft	1 940 Ft
Salgótarján	150	227 400 Ft	1 516 Ft	2 375 Ft**
Szolnok	105	158 247 Ft	1 507 Ft	2 310 Ft
<b>Összesen/átlag</b>	<b>115 398</b>	<b>313 810 387 Ft</b>	<b>2 719 Ft</b>	<b>3 513 Ft</b>

figyelembe véve, hogy az oszkar.com rendszerben többféle be- és kiszállási lehetőség is rendelkezésre áll, a kiinduló és a céltelepülésen is – akárcsak a vonatknál, autóbuszoknál.

A vizsgált időszakban megállapítottuk, hogy a hét különböző napjain erősen eltérő a telekocsi-forgalom. Legtöbbször pénteken és vasárnap kínálták szolgáltatásaikat, átlagosan

### 3. diagram: Telekocsi-forgalom napi bontásban (saját forrás)

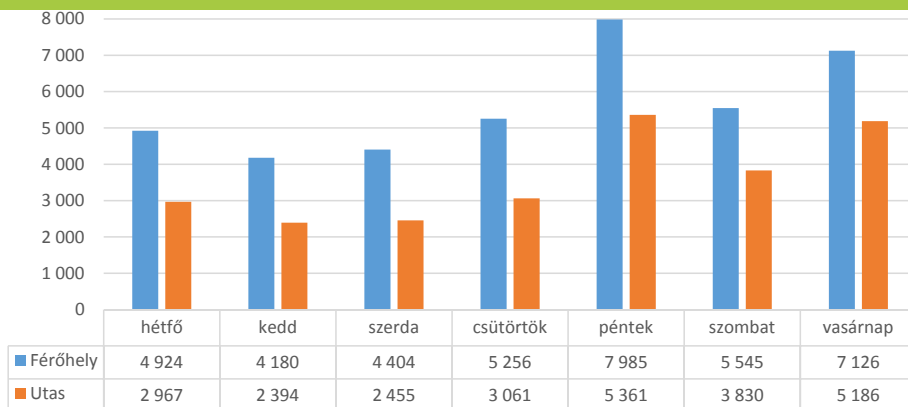
Indított telekocsik száma a megyeszékhelyek és Budapest között  
(két irány egyúttal 2020.01.31-03.01. 1=hétfő,.....5=péntek,.... 7=vasárnap)



## 4. diagram: Férőhely kínálat és az utasok száma napi bontásban (saját forrás)

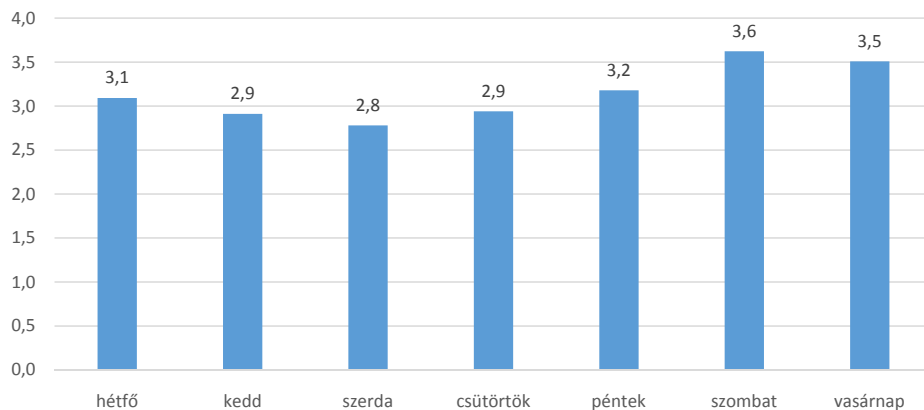
*Férőhely kínálat és az utasok száma*

*(megyeszékhely és Budapest között oda-vissza, napi átlag)*



## 5. diagram: Átlagos férőhely kapacitás autónként (saját forrás)

*Férőhely kapacitás autónként a hét napjainak átlagában*



1500-1700 db gépkocsi indult az említett napokon, míg hét közben 800-1000 db. Ezt a 3. diagramon szemléltettük.

Mint ahogy azt már említettük, a vizsgált – 2020. január 31. – 2020. március 1. közötti – időszakban összesen 178 334 férőhelyen 115 398 fő utazott. Napi bontásban is megvizsgáltuk a férőhely kínálatot és utasok számát. Megállapítottuk, hogy ebben a tekintetben is pénteken és vasárnap volt a legnagyobb

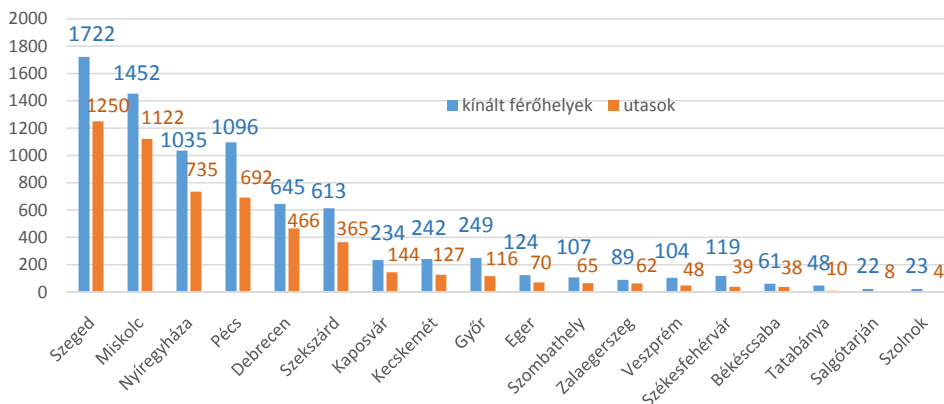
a kereslet: hétfőtől csütörtökig átlagosan 2400-3000 fő utas, míg pénteken és vasárnap 7-8 ezer fő vett igénybe telekocsi szolgáltatást (4. diagram).

A férőhely kapacitás átlagszáma is a hétvégén volt a legnagyobb, ezt szemlélteti a következő diagramunk (5. diagram).

Felmérésünk során megállapítottuk, hogy Szeged és Miskolc esetében több, mint 1000 fő

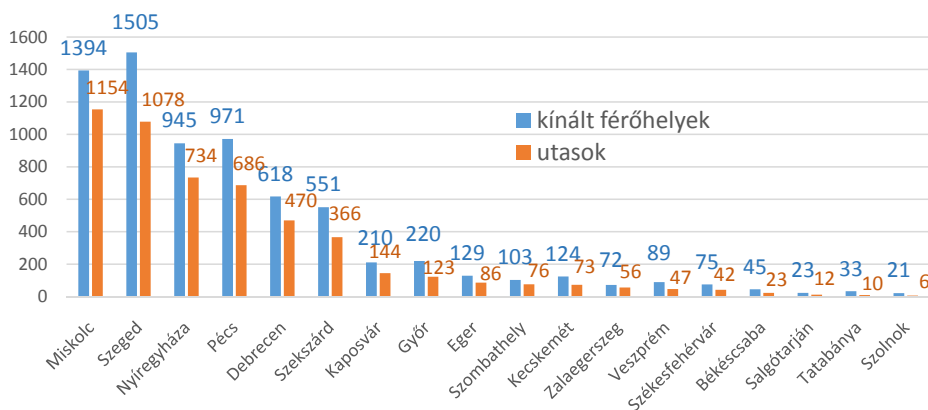
## 6. diagram: Pénteki férőhely kínálat és utasszám (saját forrás)

Férőhely kínálat és az utasok száma pénteken (megyeszékhely-Budapest oda-vissza)



## 7. diagram: Vasárnapi férőhely kínálat és utasszám (saját forrás)

Férőhely kínálat és az utasok száma vasárnap (megyeszékhely-Budapest oda-vissza)



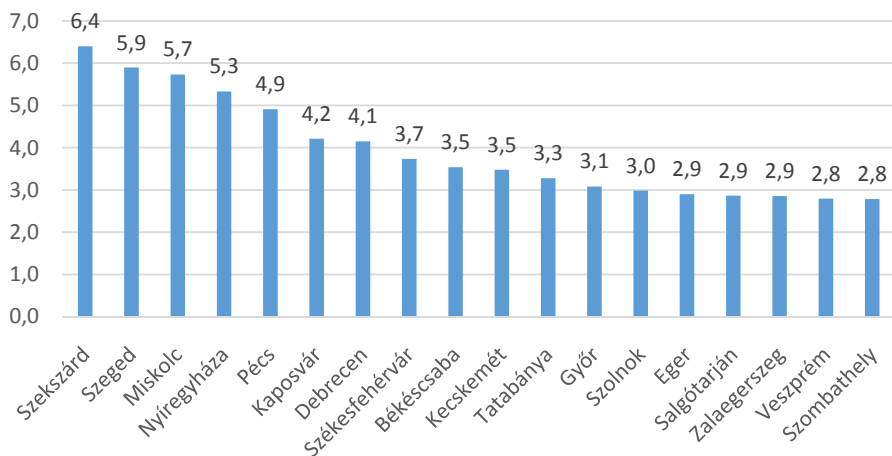
utas veszi igénybe a szolgáltatást egy pénteki vagy vasárnapi napon a fővárosba vagy fővárosból történő utazásához. Ezt mutatja be a 6. és 7. diagram.

A pénteki, illetve a vasárnapi utazások száma számottevően nagyobb (a heti forgalom 45%-a ezen a két napon bonyolódik le), mint a hét többi napján, ez annak köszönhető, hogy sok egyetemi hallgató választja a telekocsit lakóhelye és az egyetemi városok közötti utazásaik során.

Több telekocsis hirdetésben talákoztunk 8 fős férőhely kínálattal, ami egy B kategóriával vezethető kisbuszt takar. Az autónkénti átlagos férőhely alapján a legtöbb ilyen gépjármű Szekszárdról, Szegedről, Miskolcra és Nyíregyházáról indult. Ezen járművek – szinte menetrend szerint – akár naponta többször is megtették a főváros és a megyeszékhely közötti utat (8. sz. diagram).

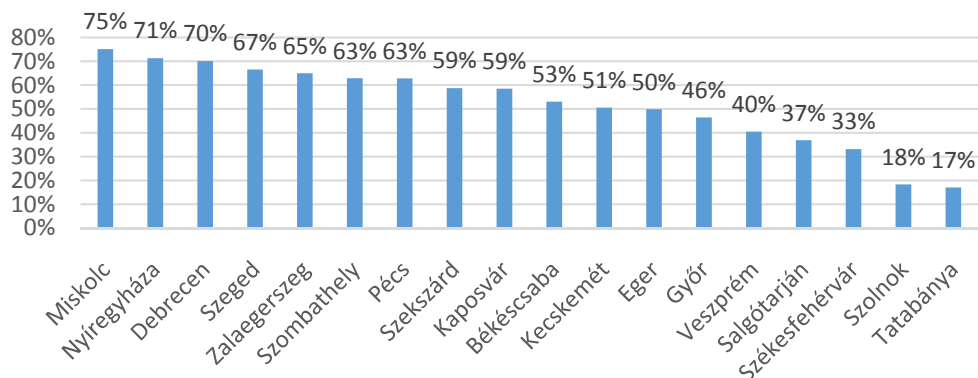
## 8. diagram: Települések átlagos férőhely kapacitása (saját forrás)

Átlagos férőhely kapacitás



## 9. diagram: Relációnkénti kihasználtság (saját forrás)

Telekocsi kihasználtsága relációnként (utasok aránya a kínált férőhelyeken)



Végül a 9. sz. diagramon a telekocsi kihasználtságot mutatjuk be településenként.

Azokban a viszonylatokban, ahol a közszolgáltatásban szinte kizárólagosan a vasút van jelen (ilyen település Miskolc, Szeged, Győr, Debrecen és Nyíregyháza) nagy a telekocsi kínálat és kereslet.

A fővároshoz közelebbi, autóbusszal vagy vonattal gyorsan elérhető relációkban (Eger, Veszprém, Székesfehérvár, Tatabánya, Sal-

gótarján, Szolnok) kevesebb, mint 50 fő utast regisztráltunk és itt az igénybevételi hajlandóság is mindössze 16-50% között mozog, ami a közszolgáltatásra nézve nem túl jelentős.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Szántó Péter: Mi az a sharing economy, Piac és Profit 2019.
- [2] Dudás, Gábor és Boros, Lajos (2019) A közösségi gazdaság (sharing economy) definiálásának dilemmái, Tér és Társadalom,
- [3] Dr. Szeri István: Költségmegosztók (sharing economy) terjedése a hazai közforgalmú közlekedésben, Városi Közlekedés 2019/1
- [4] Lazányi, Orsolya és Veress, Tamás és Bársony, Fanni (2020) Megosztásos gazdaság – a megosztás vagy a fogyasztás tere?
- [5] Szigeti, Cecília és Kovács, Zoltán és Egedy, Tamás és Szabó, Balázs (2019) Az ingázásból származó ökológiai lábnyom csökkentésének lehetőségei a közösségi gazdaság révén a budapesti városrégióban. Közlekedéstudományi Szemle, DOI: <https://doi.org/f9v7>



### The need for the regulation of the transport sharing economy systems

This paper discusses the effects of the sharing economy for passenger transport. It is an undoubted fact that carpools can result in positive externalities in Hungary, too, and they can serve social mobility, which must also appear in the regulation. This would not mean that society does not recognize the rights of individuals to share their unutilized assets, but on the contrary, the aim would be to bring these activities under social control, thus guaranteeing the rights of passengers.



### Die Notwendigkeit der Regulierung von "Sharing Economy"-Systemen im Verkehr

Der Artikel befasst sich mit den Auswirkungen der „Sharing Economy“ auf den Personenverkehr. Es ist zweifellos eine Tatsache, dass „Fahrgemeinschaften“ auch zu positiven Externalitäten in Ungarn führen können, sie können der sozialen Mobilität dienen, sollten aber auch in den Regelungen erscheinen. Dies würde nicht bedeuten, dass die Gesellschaft das Recht des Einzelnen, sein unterausgenutztes Vermögen zu teilen, nicht anerkennen sollte. Im Gegenteil, das Ziel wäre es, diese Aktivitäten unter soziale Kontrolle zu bringen und so die Rechte der Passagiere zu gewährleisten.



# KÖZLEKEDÉS ÉS KÖRNYEZETVÉDELEM

## Emlékeztető az MTA Közlekedés- és Járműtudományi Bizottságának üléséről

DOI: <https://doi.org/10.24228/KTSZ.2021.3.4>

*Horváth Balázs, Török Ádám*

Az MTA Közlekedés- és Járműtudományi Bizottsága (KJTb) 2021. április 7-én a közlekedés és környezetvédelem kérdésével foglalkozott első tudományos ülésén. Az ülést **Dr. Török Ádám** elnök nyitotta meg, aki ismertette az alakuló ülésen elhangzottakat, a megújított bizottság éves programját. Köszöntötte Dr. Berki Zsolt, Dr. Borsos Attila, Dr. Farkas Gyula, Dr. Tóth Csaba kooptált tagokat. Bevezetőjében köszöntötte a megjelenteket és kiemelte a környezetvédelem fontosságát. Külön köszöntötte a felkért előadókat, az előkészített anyagokat.

**Szalmáné Dr. Csete Mária** ismertette, hogy a klímaváltozás napjaink egyik legösszetettebb kihívása, amely a jelenkori társadalmi-gazdasági folyamatok és a természeti környezet vonatkozásában egyaránt jelentős változásokkal, kockázatokkal jár. Nemcsak a kibocsátások csökkentése, hanem a várható hatásokra, illetve problémákra való felkészülés és alkalmazkodás megoldási lehetőségeinek különböző területi szinteken és ágazati szempontból történő vizsgálata is egyre inkább a kutatói és szakpolitikai érdeklődés középpontjába kerül. A 2021. február végén megjelent új uniós Alkalmazkodási Stratégia (COM/2021/82 final) az éghajlatváltozás hatásaival szembeni reziliens Európai Unió megvalósítását helyezi a középpontba, amely összhangban áll az EU zöldgazdaság-fejlesztési és fenntarthatósági törekvéseivel is. A stratégia fő célkitűzése, hogy az EU 2050-re az éghajlatváltozás hatásaival szemben reziliens társadalommá váljon, amiben a klímainnovációs törekvések városi szinten és közlekedésfejlesztési szempontú fejlesztései is kiemelt szerepet játszhatnak. Hazánkban 2020-ban alakult meg a Magyar Éghajlatváltozási Tudományos Testület

(HuPCC), amely az IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, Éghajlatváltozási Kormányközi Testület) mintája alapján létrejött tudományos fórum. Alapvető céljai közé tartozik, hogy az éghajlatváltozással kapcsolatos számos területet érintő tudást és a legújabb kutatási eredmények magyarországi vonatkozásait feltérképezze és tudományos értékelő jelentések formájában összegezze. A HuPCC tudományos értékelésének célja a kormányzati szféra (állami, megyei és települési), valamint egyéb szereplők (pl. üzleti szféra, intézmények, civil szféra) döntéshozóinak tájékoztatása az éghajlatváltozással kapcsolatos tudományos eredményekről, az előrejelzések, a hatások, az alkalmazkodás és a mérséklés témakörében egyaránt.

Hazánkban 2003-2006 között az MTA-KvVM VAHAVA (VÁltozás-HATás-VÁlaszadás) projekt tett elsőként kísérletet arra, hogy szintetizálja a klímaváltozással kapcsolatos hazai tudományos eredményeket, amely az első Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia megalapozásául is szolgált (Faragó et al., 2010).

**Korunk összetett és szerteágazó problémakörének vizsgálatához és a megoldási lehetőségek feltérképezéséhez** nem szokványos megoldások szükségesek, hanem jellemzően inkább interdiszciplináris szemléletmód és kreatív problémamegoldás. Napjainkban egyre inkább előtérbe kerül a digitális átmenet megvalósításának kérdésköre is, amely újabb teret adhat az innovatív megoldások előtérbe kerülésének. A klímaváltozáshoz kapcsolódó problémák megoldásának kulcsa többek között az innovatív megoldások és vállalkozások előtérbe kerülésében, ill. a kapcsolódó javaslatok hatékony megvalósításában rejlik. A műszaki-technológiai inno-

vációk jelentős mértékben hozzájárulhatnak a társadalmi kihívások megoldásához, de olyan negatív társadalmi externáliákkal is járhat, amelyeket érdemes szem előtt tartani a tervezés és megvalósítás során egyaránt (Csete-Horváth, 2012; Csete-Buzási, 2016; Salvia et al., 2021).

Az innováció és a fenntartható fejlődés előmozdítása az egyik központi eleme az európai fejlesztési politikáknak. Egy erőforrás-hatékony, zöldebb és versenyképesebb gazdaság elősegítésében az innováció egyértelműen kulcsszerepet játszik. A társadalmi és gazdasági folyamatok térben és időben zajlanak, s a természeti környezetet érintő hatásokkal járnak, ami a közlekedés esetében sincs másként. A fenntarthatóság irányába történő elmozdulás megvalósításának érdekében a társadalom mobilitási igényeinek környezetkímélő és gazdaságilag hatékony módon történő kielégítése szükséges.

**A társadalom jogos igénye a közlekedésből származó környezetterhelések, károsanyag-kibocsátások minimalizálása.** Földünk klímája változik, ami a társadalom és a gazdaság állapotára egyaránt hatással van (Szlávik-Csete, 2012, Szalmáné Csete 2020b). Napjainkban a klímaváltozás mérséklése és a várható hatásokra való felkészülés fenntarthatósági vonatkozásai mellett a digitalizációs átmenet kihívásainak való megfelelést és annak hatásait is célszerű figyelembe venni. A klímaváltozás-fenntarthatóság-digitalizáció hármasának innovatív megoldásait városi térben a közlekedés vonatkozásában vizsgálva a klímaorientált okos megoldásokban rejlik potenciál a kihívások intelligens, dinamikus és szisztematikus megválaszolásában (Szalmáné Csete, 2020a). A klímainnováció fogalmához kapcsolódó újításokat jellemzően a mitigációs tevékenységekkel társítják, de adaptációként is létrehozhatók (WWF, 2011).

**Napjainkban a városokhoz kötődő üvegházhatásúgáz-kibocsátás az egyik legfőbb globális kihívás** nemcsak a fejlődő, hanem a fejlett világ döntéshozói számára is. A városi területek a legújabb nemzetközi kutatásokban, illetve a gyakorlati fejlesztések

esetén is a középpontba kerültek, köszönhetően a rendszer komplexitásának, illetve a városokban élő népesség nagyságának (Buzási et al. 2016). A fenntartható, klímaorientált és innovatív városfejlesztési folyamatokhoz – kapcsolódóan a közlekedésre vonatkozóan számos hazai indikátoralapú értékelés – ex ante vagy ex post, illetve menedzsment szempontú vizsgálati eredmény és módszertani fejlesztés is társul (Szemere-Samu, 2016; Csete-Buzási 2016; Buzási-Szalmáné, 2017). A városok komplex rendszerek, ezért az innovatív megoldások az ipar, a közlekedés, a kommunikációs technológiák, a gazdasági szerkezetváltás, a társadalmi kohézió és az érintett felek közötti párbeszéd erősítése érdekében elengedhetetlenek (Lindenau-Böhler-Baedeker, 2014; Soma et al., 2018). A klímaorientált okos megoldások városi szinten is azonosíthatók és a kialakított scorecard alapú smart planning értékelő rendszer segítségével közlekedési aldimenzió szempontjából is értelmezhetők (Szalmáné-Buzási, 2020). A smart városi közlekedés kétségtelenül az okos városok egyik legfontosabb építőeleme. Az olyan innovatív megoldások, amelyek például az egyéni, járművel való közlekedési igényt vagy IKT megoldásokon keresztül a szektor által kibocsátott szennyezőanyagokat csökkentik, mind-mind részesei egy olyan városi alrendszernek, ami méltán említhető a fenntarthatósági törekvések középpontjában (Buzási et al. 2016). **Napjaink fenntartható városfejlesztési törekvéseinek megvalósítása elképzelhetetlen a közlekedés klímainnovációs megoldásainak alkalmazása nélkül.**

**Dr. Torma András** előadásában kitért **az elektromos üzemű személygépjárművek teljes életcikluson alapuló, rendszerorientált fenntarthatósági értékelésére alkalmazható elemzési modell alapjaira.**

Az e-mobilitás terjedése az egyik leginkább meghatározó a jelenlegi és jövőbeli gazdasági trendek közül, környezeti hatásainak komplex elemzése azonban részletesen még nem kutatott terület. Számos irányadó tanulmány született már eddig is az elektromobilitás

különböző részelemeinek környezetre gyakorolt hatásáról, azonban ezen részterületek egymásra való hatása, a hatások dinamikájának és erősségének megértése még további kutatásokat tesz szükségessé.

***Az Európai Unió tagállamai által eddig bevezetett intézkedések hatására a teljes üveg-házhathatóság-kibocsátás jelentősen csökkent a bázisnak tekintett 1990-es évhez képest.***

A csökkenés szinte minden területen megfigyelhető, szemben a közlekedés területével, amely a csökkenés helyett egyenletesen növekvő tendenciát mutat, és jelenleg már az EU-27 tagállamai által éves szinten kibocsátott üveg-házhathatóság (ÜHG) közel 25%-át teszi ki.

***A közlekedéshez kötődő kibocsátások meghatározó része a közúti közlekedésből, azon belül is elsősorban a személygépjárművekből származik.***

Hasonló trendek figyelhetők meg a hazai kibocsátások esetében is, ahol a közlekedés a teljes ÜHG-kibocsátás nagyságrendileg 22%-áért felel. Szemben az EU-27-tel Magyarországon még dominánsabb a közúti közlekedés szerepe a kibocsátásokban. A közúti kibocsátásokhoz kötődő közvetlen kibocsátások csökkentésének egy lehetséges eszköze az elektromos üzemű személygépjárművek részarányának növelése az összes személygépjármű állományban, amely folyamat az elmúlt évtizedben, de különösképpen az elmúlt öt évben gyorsuló ütemet mutat, 2019-re elérve a közel 4%-os részesedést a teljes gépjárműállományon belül. ***A változás üteme Magyarországon is hasonló, bár hazánkban az e-mobilitás aránya még elmarad az európai értéktől.***

A közvetlen kibocsátások csökkentése mellett az e-mobilitásnak számos, szerteágazó környezeti hatása van, amik esetenként mértékükben és minőségükben jelentősen eltérnek az eddig klasszikusan alkalmazott belső égésű megoldások hatásaitól. Ezen eltérések megértése érdekében kutatásuk során egy olyan komplex modellt állítottak össze, amely alkalmas az e-mobilitás hatásainak fenntarthatósági értékelésére, továbbá az egyes részelemek egymásra hatásának vizsgálatára is. A modell felépítéséhez a System of systems (SoS) módszertant használták.

A rendszermodell felépítése során 7 különböző hatás csoportot definiáltak, amelyek tovább bontásra kerültek 35 alkategóriába. Az így kialakult komplex rendszer matematikai leírása és modellezése a későbbiekben lehetővé teszi az egyes rendszer elemek egymásra való hatásának és a hatás erejének megértését. Elsődlegesen a környezeti elemekre való hatásokra, azon belül is kiemelten a környezeti zaj, a levegőemisszió és a környezeti káresemények kérdéseire fókuszáltak.

***Szakirodalmi elemzés és modellkísérletek segítségével mutatta be az elektromos üzemű gépjárművek és a hagyományos belső égésű motorral hajtott járművek által okozott hatások közötti legjellemzőbb különbségeket.***

Természetesen az elektromobilitás környezeti hatásainak teljes körű megértése nem szorítkozhat csak ezekre a témakörökre, hanem szükséges a teljes életciklus szemlélet, azon belül is az energiaforrások esetében a „kúttól a kerékig” – well to wheel megközelítés alkalmazása. Ezért meghatározták azokat a kutatási feladatokat is, amelyek révén a téma még jobban leírhatóvá válik.

***A zajvédelmi témakör*** kutatási felvetése, hogy a tisztán elektromos üzemű személygépjárművek elterjedése meghatározó módon befolyásolja a városi zajterhelés alakulását. Ennek bizonyítására több egymástól eltérő szcenáriót is modelleztünk. A kutatás során használt modellben állandó sebességű haladást vettünk alapul. Az elektromos autók zajkibocsátási értékei alacsony sebességnél átlagosan 4-5 dB-lel alacsonyabbak, mint a belső égésű motorral hajtott verziók esetében. 30 km/h haladási sebesség felett a kibocsátott zaj különbsége a két meghajtás között nem jelentős, hiszen meghatározó válik a gördülési zaj. Ebből következik, hogy az elektromos autók ténylegesen képesek csökkenteni a közlekedési zajokat, de csak abban az esetben, ha a járművek sebessége nem haladja meg 30 km/h-t. Normál városi sebességtartomány mellett a tisztán elektromos üzemű gépjárművek számának növekedése a modellek alapján nem okoz jelentős változást a zajterhelésben. Mivel a modellben csak egyenletes haladási sebességet vettek figyelembe,

így annak finomítása szükséges, egyrészt a városi forgalomra jellemző megállás – várakozás – elindulás üzemmódok figyelembevételével, valamint a személygépjárművek mellett az elektromos üzemű közösségi közlekedési járművek, valamint teherjárművek figyelembevételével. Ez utóbbi két kategória esetében a zajterhelés csökkenése várhatóan jelentősebb mértékű. A levegőtisztaságvédelmi témakörben kutatási kérdés, hogy a teljesen elektromos üzemű személygépjárművek (BEV = Battery Electric Vehicle) elterjedése meghatározó módon befolyásolja-e a városi levegő minőségének alakulását? A modellezéshez input adatként a gyártók által biztosított kibocsátási emissziós adatokat használták. A modell felépítése során itt is több eltérő forgatókönyvet vizsgáltak:

- az első esetben a jelenlegi jellemző magyarországi gépjárműállományt vették alapul, és vizsgálták a forgalom lassításával elérhető változásokat,
- a második esetben 25%-os, tisztán elektromos üzemű gépjárműállományt vették alapul,
- a harmadik verzióban 100% volt a teljesen elektromos üzemű gépjárműállomány.

A választott részarány oka az elektromos járművek által kifejthető maximális hatás feltárása volt. Mind a három esetben az egyéb körülmények (sebesség, környezeti paraméterek) változatlanok voltak. A modellezést mind az egyszerűbb Gauss számítási modell (csak a légszennyezőanyag terjedésének számítása), mind pedig az összetettebb Lagrange modell (az időjárás és az épületek hatásainak figyelembevétele is) segítségével is lefolytatták. A modell eredményei azt mutatják, hogy 50%-os BEV arány felett már a légszennyezési értékek lényegesen jobbák a jelenlegi forgalmi összetételhez és terheléshez képest, de a kibocsátási forrástól számított meghatározott távolság után a változások már nem jelentősek. A modell jövőbeli finomítása során beépíthetők az adott vizsgálati területre vonatkozó tényleges immisziós adatok, vizsgálhatók az időjárási körülmények hatásainak változása, valamint a városi forgalomra jellemző megállás – várakozás – elindulás üzemmódok hatásai is.

**A balesetek lehetséges környezeti hatása-  
inak vizsgálatakor** a tisztán elektromos üzemű személygépjárművekkel kapcsolatos baleseti események jelentősen eltérő környezeti problémákat okozhatnak a belső égésű motoros gépjárművekhez képest. A terület sokszínűsége miatt többet kell vizsgálni. A környezeti hatások jelentkezhetnek közvetlenül a baleset helyszínén, vagy akár – az akkumulátorcellák öngyulladásra való hajlama miatt – az elszállítást követően, a későbbi tárolás során is.

**Szintén eltérő biztonsági kérdéseket és potenciális környezeti rizikókat jelent a gépjárművek „hajtóanyaggal” való feltöltése is,** például az elektromos gépjárműtöltők IP-védelmének változása. A havária események vizsgálatánál feladat a keletkező környezetszennyezések súlyozása, hatásbecslése, a hatások összevetése a konvencionális közlekedési módozatok hatásaival (*Buruzs et. al., 2014*).

**A további kutatási feladatok közül** az első a kidolgozott, 35 részelemből álló komplex rendszer részei közötti ok-okozati összefüggések és ezen kapcsolatok erősségének megállapítása, valamint a rendszermodell további finomítása és szakértők általi validálása. Mindezek alapján elkészíthető a rendszer leíró matematikai modellje, amelyhez tervezetten a fuzzy kognitív térképek (FCM = Fuzzy Cognitive Maps) módszertant fogjuk alkalmazni. Ennek segítségével iterációkkal meghatározható a modell egyensúlyi állapota, azaz az a pont, amely az egyes rendszer-elemek egymáshoz képesti optimális súlyát és kapcsolatát mutatja. A kutatás célja nem csak a jelenleg elérhető műszaki megoldások elemzése, ezért a kidolgozott modellnek alkalmasnak kell lenni a jövőbeli változások dinamikus integrálására is. **Szintén jövőbeli kutatási feladat** a környezeti hatások még részletesebb vizsgálata, valamint további környezeti hatásterületek, mint például a teljes életciklus kapcsán jelentkező környezeti hatások vagy éppen az életciklus végi szakaszban a hulladékkezelés környezeti hatásainak modellbe való bevonása is (*Buruzs et al., 2015*).

**Dr. Zöldy Máté** előadásában *a 21. század egyik nagy technológiai kihívását mutatta be*: a növekvő energiaigény mellett hogyan lehet az energiát minél hatékonyabban és minél kevésbé környezetterhelő módon előállítani és felhasználni, ezzel hozzájárulva a saját, a környezetünk, a következő nemzedékek és az egész Föld ökoszisztémájának egyensúlyban tartásához. Előadásának alapja húsz éves tudományos és szakmai munkássága: energiahatékonyságnövelő- és emissziócsökkentő megoldások fejlesztése közúti járművek számára.

**Kutatásai fókuszában** kezdetben a megújuló tüzelőanyagok, elsősorban a bioetanol állt (Zöldy, 2001), (Emőd et al., 2005). Később ez kiegészült egy harmadik tüzelőanyaggal, így a bioetanol-biodízel-gázolaj hármass keverékek alkalmazásának műszaki, környezetvédelmi és gazdasági kérdéseivel foglalkozott (Emőd, Tölgyesi, Zöldy, 2006) (Zöldy, 2006). Kutatásai eredménye egy egyedülálló előállítású, nehéz tehergépjárművek számára kifejlesztett, a gépjárművek hatékonyabb tüzelőanyag-felhasználását lehetővé tevő tüzelőanyag (Zöldy, 2019). Előadásában kiemelte az egyéb alternatív tüzelőanyagok alkalmazástechnikájára épülő kutatásait is: biodízelek alkalmazhatóságának javítása, butanol-gázolaj keverékek fejlesztése (Zöldy, Hollo, Thernesz, 2010) (Zöldy, 2020). Összefoglalta a tüzelőanyag-fejlesztésben elért eredményeit (Barabás, Zöldy, Todorut, 2015), (Zöldy 2019), illetve annak áttételes hatását a belső égésű motorok fejlesztésére (Nyerges, Zöldy, 2020), illetve az önvezető járművek jövőbeli, várható hatékonyságra (Zöldy, 2018) (Zöldy, Zsombók, 2018) és környezetterhelésre gyakorolt hatását (Zöldy, Szalay, Tihanyi, 2020).

Bár az elektromobilitás térnyerése a szabályozási környezet és a fejlődő technológia támogatásával egyre gyorsul, de a jelenlegi ismereteink szerint a következő három-négy évtizedben és különösen a nagyméretű járműveknél, hosszú utakon a távolsági áruszállításban nem várható a teljes térhódítása.

A **hatékonyságnövelés** és a környezetterhelés csökkentésének a szükségessége azonban iga-

zolja, hogy az általa kutatott és a bemutatottak, valamint azok eredményeinek van és lesz felhasználási területük: mint például különleges motorhajtóanyagok, amelyek alacsony fogyasztásra és kibocsátásra fókuszálnak, a bioüzemanyagok bekeverése vagy a járművek fogyasztásának és újratöltésének új megoldásai. Az első évek, illetve évtizedek mai szemmel nézve kisméretű előrelépéseket jelentettek, ugyanakkor ezek a lépések alapozták meg a belső égésű motorok és a járműtechnológia fejlődésének irányát jó 150 évre. A környezetvédelmi szempontok később jelentek meg, de szerepük egyre inkább erősödött és mára már az egyik legerősebb hajtóerőt jelentik a járművek fejlesztése mögött. A feltöltött motorok, a megújuló és továbbfejlesztett tüzelőanyagok hatásainak elérése után az elektromobilizáció és az autonóm közlekedés az irány, amely tovább gördíti a járművek hatékonysága és a környezetterhelés vezetete fejlesztéseket. Az autópárházban négy nagy, kulcsfontosságú fejlődési terület jelent meg: alternatív energiahordozók alkalmazása, a hibrid és elektromos mobilitás előretörése, a közlekedés-menedzsment erősödése (pl.: járműmegosztás) és az önvezető járműtechnika fejlődése.

**Előadását azzal zárta**, hogy a Nemzetközi Energiaügynökség 2018-as elemzése alapján az elemző intézetek (Shell, BNEF, OPEC) reális szcenárióiban az új autók között az elektromos hajtással rendelkező személygépkocsik részaránya 2050-re várhatóan az új autó értékesítések harmada-fele között lesz. Figyelembe véve az autópárház lassú átforgási sebességét, ez azt jelenti, hogy a személygépkocsi park nagyjából 70%-a még fosszilis vagy ahhoz nagyon hasonló üzemanyagot fog használni. Ezek ismeretében a kutatásai során vizsgált és az előadásban bemutatott hajtóanyagok, illetve belső égésű motorok továbbfejlesztése piacilag alátámasztott.

**Dr. Barsi Árpád** előadásában kiemelte *a közlekedés és a járműipar számára a térinformatika egyre növekvő mértékben nyújthat segítséget* (Barsi, et al., 2019). A térinformatika világából érkezett előadó a térinformatika alapvető szemléletét mutatja be. Ez a modell-



vezérelt megközelítés a valóság egyes tárgyait, folyamatait és azok kapcsolatait előbb elméleti modellé egyszerűsíti, majd a hatékony informatikai támogatás kihasználása érdekében logikai és fizikai modelleket hoz létre, s tölti fel azokat a megfelelő geometriai és attribútum információkkal (Sipos, Mekonnen, Szabó, 2021). A keletkező termék egy adatbázis, aminek megjelenítése további modellt igényel (Barsi, et al., 2017).

A valóság modelljeként tekintettünk korábban a térképre, ami a térinformatikai megközelítés során fokozatosan digitálissá alakult. A mai térkép ezért már digitális adatbázisként értendő. **A térkép létrehozásához a Föld alakjának ismerete, a térképi megjelenítéshez szükséges koordinátarendszer és vetítési folyamat megalkotása szükséges** (Barsi, 2001). Napjainkban a globális felhasználású vonatkozási rendszerek élveznek előnyt. A közlekedésben használt térképek fejlődése nemcsak a digitalizálódás és globalizálódás folyamatát jelentette, hanem az információs rendszer, mint kezelési platform azt is eredményezte, hogy a tartalmat képező elemek felmérésében alkalmazott technológiák, továbbá az elemzési és megjelenítési megoldások köre is szélesedett (Szabó, Sipos, 2020). Ennek köszönhető, hogy a geodézia, távérzékelés klasszikus módszerein túl a számítógépi látás és mesterséges intelligencia ezen a téren is erőteljesen formálódik (Szepessy, et al., 2018). Hasonlóképpen a megjelenítésben a mozgókép, az animáció, továbbá a virtuális és augmentált valóság eszközei egyre nagyobb teret nyernek az egyébként bővülő kínálatban.

**A távérzékelés komoly segítséget jelent a környezet megóvása szempontjából.** A Föld körül keringő mesterséges holdak képalkotó érzékelőivel nagy felbontású térképek készíthetők többek között olyan tematikákkal, mint a levegő szennyezéséért felelős káros anyagok – köztük a szálló por, a nitrogén-oxidok, szén-monoxid, szén-dioxid, metán stb. A nagy területre elvégzett, nagyfrekvenciájú távérzékelés adatgyűjtés ezen anyagoknak a koncentráció-meghatározásán túl a térbeli és időbeli terjedési folyamatáról is képet ad. A modern közlekedési térképek mostanra ki-

zárólag szabványosított eszközökkel készülnek, készülhetnek (Barsi, et al., 2018). Ennek köszönhetően a létrehozási folyamat ellenőrizhető, a minőség akár a biztonságkritikus alkalmazásokhoz is biztosítható. Növekszik a részletezettség, mivel az úttengelyek mellett a sávokra és a környezetre vonatkozó elemek, az utcabútorok, helymeghatározási jelölők, s lassan a mérési eredmények, például kameraképek is betöltésre kerülnek. A törekvés eredményeként a kifejezetten gépi felhasználásra szánt nagyfelbontású (HD) térképek megkülönböztetésre kerülnek az emberi célokra szolgáltatóktól (SD).

**A 3D tartalom tekintetében** az útmagasságtól az útkörnyezet domborzati viszonyain keresztül az épületek háromdimenziós modelljének bevonásával bővült a térkép, majd a térbeli mérési eredmények pontfelhős vagy voxeles reprezentációja teszi bőségeesebbé (Sipos, 2014). Külön érdemes kiemelni a tárolt információk halmazából a fejlett aszisztensek számára hasznosítható ADAS-információkat, például az úttengely görbületének adatait, amik a biztonságos kanyarodás számára jelenthetnek előnyt. A legnagyobb elmozdulás a térkép fejlődési folyamatában az időbeliség terén tapasztalható. A papírtérképek frissítése években volt még mérhető, az adatbázis-forma ezt jelentősen felgyorsította. Eleinte az éves, majd negyedéves szabályos frissítési időköz vált általánossá. Közben az elosztott adatbázisok kezelése még radikálisabb gyorsulást tett lehetővé, így a térképre felkerülhettek a fél-dinamikus jelenségek, például a forgalom, annak korlátozásai (ütlezárások, munkálatok) vagy az időjárás adatai (Török et al., 2018). A gyorsulással az elemek frissítési ideje tovább redukálódik, így a kereszteszövedések jelzőlámpás irányításában érdekes ütemek, a lámpák pillanatnyi állapota is térképi tartalommal vált. Tovább növelve a frissítési sebességet, egyúttal az adatbázis kapacitásának kihasználása mellett megjelent a dinamikus térkép, ami magukat a közlekedőket tartalmazza, azaz a járművek, gyalogosok aktuális helyét, méretét, sebességét is mind megadja az adatbázis. Ennek a lehetőségnek az önzetetés veheti hasznát, természetesen kiegészülve a megfelelő kommunikációs

megoldásokkal. A kommunikáció ráadásul nemcsak egyirányú, vagyis nem csak a térkép szolgáltató a járművek felé, hanem kölcsönös, amikor a járművek a saját észleléseiket töltik fel a térképszolgáltató számára, megteremtve annak módját, hogy a nagyszámú megfigyelés a térképi adatok minőségén, aktualitásán folyamatosan frissítéseket végezzenek.

## IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Barabás I, Zöldy M, Todorut I A (2015) "The potential of biodiesel-petrodiesel-bioethanol blends as an alternative fuel for compression ignition engines," in *Oil and Natural Gas*, vol. 3, pp. 577–606
- [2] Barsi, A. (2001). Performing coordinate transformation by artificial neural network. *Allgemeine Vermessungs-Nachrichten*, 4(108), 134-137.
- [3] Barsi, Á., Kugler, Z., Juhász, A., Szabó, G., Batini, C., Abdulmuttalib, H., ... & Shen, H. (2019). Remote sensing data quality model: from data sources to lifecycle phases. *International Journal of Image and Data Fusion*, 10(4), 280-299. DOI: <https://doi.org/f9v8>
- [4] Barsi, Á., Nyerges, Á., Potó, V., & Tihanyi, V. (2018). An offline path planning method for autonomous vehicles. *Production Engineering Archives*, 19. <https://doi.org/10.30657/pea.2018.19.08> DOI: <https://doi.org/f9v9>
- [5] Barsi, A., Poto, V., Somogyi, A., Lovas, T., Tihanyi, V., & Szalay, Z. (2017). Supporting autonomous vehicles by creating HD maps. *Production Engineering Archives*, 16. p 43-46
- [6] Buruzs Adrienn; Torma András; Dömötör Zsanett; Farkas Alexandra (2015): A regionális hulladékgyűjtési rendszerek átfogó értékelése, *TÉR-GAZDASÁG-EMBER* 3(3):101-115.
- [7] Buruzs Adrienn; Torma András; Kóczy T. László; Hatwagner Ferenc Miklós (2014): Retrospective Reconstruction of Time Series Data for Integrated Waste Management, *WORLD ACADEMY OF SCIENCE ENGINEERING AND TECHNOLOGY* 8: 12 pp. 3979-3982. , 4 p. (2014)
- [8] Buzási, Attila; Szalmáné, Csete Mária (2017): Ex-ante Assessment of Urban Development Projects. *EUROPEAN JOURNAL OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT* 6: 4 pp. 267-278. , 12 p. DOI: <https://doi.org/f9wb>
- [9] Buzási, Attila; Szalmáné, Csete Mária; Németh, Bálint (2016): Smart közlekedés a fenntartható városfejlesztésben In: Péter, T (szerk.) *Innováció és fenntartható felszíni közlekedés*, IFFK 2016 Budapest, Magyarország: Magyar Mérnökakadémia (MMA), pp. 86-91. Paper: Paper 17 , 6 p.
- [10] COM/2021/82 final. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Forging a climate-resilient Europe – the new EU Strategy on Adaptation to Climate Change.
- [11] Csete, Mária; Buzási, Attila (2016): Climate-oriented assessment of main street design and development in Budapest. *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING AND LANDSCAPE MANAGEMENT* 24: 4 pp. 258-268. , 11 p. DOI: <https://doi.org/f9wc>
- [12] Emőd I, Füle M., Tanczos K, Zöldy, Máté. (2005). A bioetanologyarországi bevezetésének műszaki, gazdasági és környezetvédelmi feltételei. *MAGYAR TUDOMÁNY*. 50.. 278-286.
- [13] Emőd I, Tölgyesi Z, Zöldy M (2006) „Alternatív járműhajtások” [Alternative drivetrains], Maróti Könyvkiadó ISBN 9639005738
- [14] Faragó, T. et al. (2010): Climate Change and Hungary: Mitigating the hazard and preparing for the impacts: the „VAHAVA” Report. Budapest, Magyarország: MTA (2010), 124 p. ISBN: 978963508605
- [15] Kósi Kálmán; Torma András (2005): Tracing material flows on industrial Sites, *PERIODICA POLYTECHNICA-SOCIAL AND MANAGEMENT SCIENCES* 13: 2 pp. 133-150. , 18 p.
- [16] Lindenau, Miriam, and Susanne Böhrer-Baedeker. (2014): Citizen and Stakeholder Involvement: A Precondition for Sustainable Urban Mobility. *Transportation Research Procedia* 4: 347–60. DOI: <https://doi.org/f9wd>
- [17] Mária, Csete; Levente, Horváth (2012): Sustainability and green development in

- urban policies and strategies. APPLIED ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL RESEARCH 10: 2 pp. 185-194. , 10 p.
- [18] Mária, Szalmáné Csete (2020a): IoT based mitigation and adaptation planning as a tool for sustainable urban development in Budapest. In: Gyula, Zilahy (szerk.) Sustainability in Transforming Societies: Proceedings of the 26th Annual Conference of the International Sustainable Development Research Society. Budapest, Magyarország: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, p. 151
- [19] Mária, Szalmáné Csete (2020b): Climate Change Impacts on Society and the Economy In: Palocz-Andresen, M.; Szalay, D.; Gosztom, A.; Sáros, L.; Taligás, T (szerk.) International Climate Protection Cham, Svájc: Springer International Publishing (2019) 337 p. pp. 277-282. Paper: Chapter 35, 6 p. DOI: <https://doi.org/f9wf>
- [20] Nyerges Á, Zöldy M (2020) „Verification and Comparison of Nine Exhaust Gas Recirculation Mass Flow Rate Estimation Methods” SENSORS (1424-8220 1424-8220): 20 24 Paper 7291. 24 p. (2020) DOI: <https://doi.org/f9wg>
- [21] Salvia, Monica; Reckien, Diana; Pietrapertosa, Filomena; Eckersley, Peter; Spyridaki, Niki-Artemis; Krook-Riekkola, Anna; Olazabal, Marta; De Gregorio Hurtado, Sonia; Simoes, Sofia G.; Geneletti, Davide et al. (2021): Will climate mitigation ambitions lead to carbon neutrality? An analysis of the local-level plans of 327 cities in the EU RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS 135 p. 110253 Paper: 110253 DOI: <https://doi.org/gjb3dp>
- [22] Sáros T., Mekonnen A. A., Szabo Zs. (2021): Spatial Econometric Analysis of Road Traffic Crashes, Sustainability, MDPI, DOI: <https://doi.org/f9wh>
- [23] Sáros, T. (2014). Coherence between Horizontal and Vertical Curves and the Number of the Accidents. Periodica Polytechnica Transportation Engineering, 42(2), 167-172. DOI: <https://doi.org/f9wj>
- [24] Soma, K., M. W.C. Dijkshoorn-Dekker, and N. B.P. Polman. (2018): Stakeholder Contributions through Transitions towards Urban Sustainability.” Sustainable Cities and Society 37 (October 2017): 438–50. DOI: <https://doi.org/f9wk>
- [25] Szabó, Z., & Sáros, T. (2020). Separation effects in a microregion: traffic volume estimation between the settlements of Lake Velence. Regional Statistics, 10(2), 186-205. DOI: <https://doi.org/fxwm>
- [26] Szalmáné Csete, Mária; Buzási, Attila (2020): A smart planning szerepe a fenntartható városfejlesztésben TERÜLETI STATISZTIKA 60: 3 pp. 370-390. , 21 p. DOI: <https://doi.org/f9wm>
- [27] Szemere, Samu and Judit, Rab (2016): Az Okos Város Fejlesztési Modellről. Információs Társadalom 16 (3): 146–56.
- [28] Szepessy, Z., Barsi, A., Kránitz, K., & Nagy, Z. Z. (2018). The evolution of central retinal and choroidal thickness in acute anterior uveitic patients with spondyloarthropathy. Journal of ophthalmology, 2018. 9136017. DOI: <https://doi.org/gd5vzb>
- [29] Szilávik, J., Csete, M. (2012). Climate and Energy Policy in Hungary. Energies, 5(12), 494–517. DOI: <https://doi.org/f9wn>
- [30] Török, Á., Barsi, Á., Bögöly, G., Lovas, T., Somogyi, Á., & Görög, P. (2018). Slope stability and rockfall assessment of volcanic tuffs using RPAS with 2-D FEM slope modelling. Natural Hazards and Earth System Sciences, 18(2), 583-597. DOI: <https://doi.org/gc43s8>
- [31] WWF (2011): Enabling the Transition: Climate Innovation Systems for a Low-Carbon Future. Stockholm, Sweden. 132 p. ISBN 978-91 89272-19-4
- [32] Zöldy M (2001) “Bioetanol, mint Otto- és dízelmotorok hajtóanyaga,” JÁRMŰVEK, vol. 12, p. 19,
- [33] Zöldy M (2006) „Belső égésű motorok üzemeltetése alternatív motorhajtóanyagokkal” Budapest: Elgoscár-2000, 2006. - 72 p. Környezetvédelmi füzetek, ISSN 0866-6091; 2006/10) ISBN 963-87034-2-3
- [34] Zöldy M (2018) “Legal Barriers of Utilization of Autonomous Vehicles as Part of Green Mobility,” in Proceedings of the 4th International Congress of Automotive and Transport Engineering (AMMA 2018), 2018. DOI: <https://doi.org/f9wp>
- [35] Zöldy M, Hollo A, Thernesz A (2010)

- "Butanol as a Diesel Extender Option for Internal Combustion Engines," SAE Technical Paper 2010-01-0481, DOI: <https://doi.org/fhz5q2>
- [36] Zöldy M, Szalay Zs, Tihanyi V (2020) "Challenges in homologation process of vehicles with artificial intelligence" Transport (Vilnius), DOI: <https://doi.org/f9wq>
- [37] Zöldy M, Zsombók I (2018) „Modelling fuel consumption and refuelling of autonomous vehicles” Horizons of Railway Transport 2018 37, MATEC Web of Conferences 235, 000 DOI: <https://doi.org/f9wr>
- [38] Zöldy M. (2019): Improving heavy duty vehicles fuel consumption with density and friction modifier, International Journal of Automotive Technology, Vol. 20, No. 0, pp. 1–8 (2019), DOI: <https://doi.org/f9ws>
- [39] Zöldy M. (2019): Investigation of Correlation Between Diesel Fuel Cold Operability and Standardised Cold Flow Properties, Periodica Polytechnica Transportation Engineering, DOI: <https://doi.org/d2mq>
- [40] Zöldy, M. "Fuel Properties of Butanol – Hydrogenated Vegetable Oil Blends as a Diesel Extender Option for Internal Combustion Engines”, Periodica Polytechnica Chemical Engineering, 64(2), pp. 205-212, 2020. DOI: <https://doi.org/f9wt>



### E számunk lektorai

Dr. Gulyás András ■ Dr. Katona András  
Dr. Mocsári Tibor ■ Dr. Tóth János

**Melléklet**

**Közlekedésbiztonság - Közlekedési környezetvédelem**





# A kijelölt gyalogos-átkelőhelyek biztonsági szintjét befolyásoló kockázati tényezők értékelése

Magyarországon az elmúlt években a gyalogos balesetek az országban történt összes személyesérüléses közúti baleset körülbelül hetedét jelentették. A gyalogos balesetek jelentős hányada történik a kijelölt gyalogos-átkelőhelyen. Az előfordulások gyakorisága indokolja azon kockázati tényezők azonosítását és többszempon्तú rangsorolását, amelyek a lakott területen belül kijelölt gyalogos-átkelőhelyek közlekedésbiztonsági szintjét negatív irányba befolyásolhatják.

DOI: <https://doi.org/10.24228/KTSZ.2021.3.5>

**Pauer Gábor<sup>1</sup> – Krizsik Nóra<sup>1</sup> – Berta Tamás<sup>2</sup> – Hamza Zsolt<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft. Közlekedésbiztonsági Kutatóközpont

<sup>2</sup> KTE Közlekedéstudományi Egyesület. Közlekedésbiztonsági Tagozat

e-mail: pauer.gabor@kti.hu, krizsik.nora@kti.hu, bertatamasnak@gmail.com, hamza.zsolt@kti.hu

## 1. BEVEZETÉS

### A KIJELÖLT GYALOGOS-ÁTKELŐHELYEK LEHETSÉGES KOCKÁZATI TÉNYEZŐINEK FELTÁRÁSA

Kutatásunk első lépéseként a gyalogos-átkelőhelyekre fókuszálva olyan potenciális kockázati tényezőket azonosítottunk és foglaltunk össze rendszerszemléletben, amelyek a lakott területen belül kijelölt gyalogos-átkelőhelyek közlekedésbiztonsági szintjét negatív irányba befolyásolhatják. Célunk ezek értékelése és több szempontú rangsorolása annak érdekében, hogy meghatározzuk a leginkább kockázatos paramétereket, amelyek megszüntetésével a legnagyobb közlekedésbiztonsági előnyök érhetőek el.

A tényezőket négy kategóriába sorolva, rendszerszemléletben határoztuk meg. Feltárásuk

során támaszkodtunk az utak forgalomszabályozásának és a közúti jelzések elhelyezésének alapelveit tartalmazó 20/1984. (XII.21.) KM rendeletről [1], a gyalogosközlekedés közforgalmi létesítményeinek tervezését előíró Útügyi Műszaki előírásra (ÚT 2-1.211) [6], a gyalogos-átkelőhelyek kockázatait értékelő nemzetközi tanulmányok eredményeire [2], [4], [9], [10], továbbá a közútkezelő kollégákkal folytatott egyeztetésekre.

A feltárt tényezőket az alábbiak szerint rendszereztük.

A, a kijelölt gyalogos-átkelőhely műszaki kialakításával, szabályozásával kapcsolatos tényezők:

- A1: Lakott területen a gyalogosnak túl sok forgalmi sávot (három vagy több) kell kereszteznie jelzőlámpás forgalom-

irányítás vagy közbenső biztonságos megállási lehetőség (pályaosztó sziget) nélkül,

- A2: A kijelölt-gyalogosátkelőhely azonos irányú sávokat keresztez, amelyen a párhuzamosan közlekedő járművek kitakarhatják egymás látómezejének egy részét,
- A3: Nem biztosított a köztúttól való megfelelő elválasztottság (pl. szegély), a kétoldali szilárd burkolatú járdakapcsolat, az akadálymentes gyalogos felállóhely, középsziget esetén a megfelelően széles felállási hely,
- A4: A kijelölt gyalogos-átkelőhely szabályozása nincs összhangban a járműforgalom sebességével és nagyságával, illetve az átkelőhely egy jelzőlámpával szabályozott átkelőhelyhez képest 100 m távolságon belül van, vagy összehangolt útvonalon található,
- A5: Nem biztosított a kijelölt gyalogos-átkelőhely minimális szélessége (főútvonalon legalább 4,5 m, egyéb úton legalább 3m), vagy az úttengellyel bezárt szöge nem merőleges (nem biztosítja a legrövidebb áthaladást, nehezíti a láthatóságot),
- A6: Nincs közvilágítás vagy nem megfelelő a kijelölt gyalogos-átkelőhely és környezetének megvilágítása (átmenet jellege, fénypontok színe, erőssége, környezeti térvilágítás zavaró hatása, stb.).

**B**, a kijelölt gyalogos-átkelőhely és környezetének építési kialakításával kapcsolatos tényezők:

- B1: A kijelölt gyalogos-átkelőhely nem, vagy csak nehezen felismerhető legalább 50 méteres távolságból (pl. útkanyarulat, bukkanó, stb.),
- B2: A gyalogosok és járművezetők egymást történő észlelése takaró elemek miatt akadályoztatott (pl. növényzet, építmény, parkoló járművek, autóbusz megállóhely, stb. zavarja).

**C**, a kijelölt gyalogos-átkelőhely és környezetének forgalomtechnikai kialakításával kapcsolatos tényezők:

- C1: A kijelölt gyalogos-átkelőhelyhez tartozó forgalomtechnikai eszközök

(pl. útburkolati jelek, jelzőtábla) nem megfelelő állapotúak (pl. hiányos, rongált, kopott, stb.),

- C2: A kijelölt gyalogos-átkelőhely előjelzése indokolt lenne, azonban hiányzik,
- C3: A kijelölt gyalogos-átkelőhelyet előjelző útburkolati jelek és jelzőtábla nem megfelelő állapotú, nehezen észlelhető (pl. hiányos, kopott, rongált, takart, túl korán/későn van kirakva, stb.),
- C4: A kijelölt gyalogos-átkelőhely előtt hiányzik/hiányos a záróvonallal is jelzett előzési tilalom elrendelése.

**D**, figyelmet megosztó forgalmi jellemzők, szituációk és objektumok:

- D1: A kijelölt gyalogos-átkelőhelyhez közel, az átkelőhely előtt a járművezetők figyelmét megosztó szituáció van (pl. besorolás sávefogyást követően, kihajtás körforgalomból, bonyolult irányválasztás, útbaigazító rendszer, elindulás lejtőn, stb.),
- D2: A kijelölt gyalogos-átkelőhelyhez közel, az átkelőhely után a járművezetők figyelmét megosztó szituáció van (pl. közvetlenül az átkelőhely után nyílik kanyarodósáv, behajtás körforgalomba, vasúti átjáróba, stb.),
- D3: A kijelölt gyalogos-átkelőhely környezetében a járművezető figyelmét megosztó közlekedési vagy egyéb objektum található (pl. busz/villamos megálló, koncentrált rakodóhely, várakozást lehetővé tevő szabályozás, reklámtábla, elektronikus elemek, stb.),
- D4: A kijelölt gyalogos-átkelőhely környezetében jellemző a nagy forgalom, ezen belül a nagy tehergépjármű-forgalom,
- D5: A kijelölt gyalogos-átkelőhely környezetében jellemző túl nagy sebesség (sebességkorlátozás hiánya vagy a kialakítás által sugallt (pl. lejtő) túl nagy sebesség választása jellemző),
- D6: A kijelölt gyalogos-átkelőhelynél fokozott kockázatot jelentő gyalogos forgalomnagyság/összetétel jellemző (pl. sok gyermek, idős, alacsony gyalogforgalom, stb.).

Az azonosított tényezők a gyalogos-átkelőhelyek környezetében a forgalom alakulását és a járművezetők viselkedését több szempont szerint is befolyásolhatják: egyrészt hatnak a közlekedésbiztonságra, másrészt befolyásolhatják az elsőbbségadási hajlandóságot, illetve a járművezetők figyelmi beállítódását is.

### 1.1. Szakértői értékelés

A tényezőkhöz tartozó befolyásoló hatás értékelését közlekedésmérnökök, illetve forgalomtechnikai szakértők véleménye alapján végeztük el. A szakemberek a felsorolt tényezőket az alábbi szempontok szerint értékelték, 5-ös skálákon:

- I. Járművezetők hibájából adódó balesetek kockázatára gyakorolt hatás (1- egyáltalán nem növeli, 5- kiemelt mértékben növeli),
- II. Gyalogosok hibájából adódó balesetek kockázatára gyakorolt hatás (1- egyáltalán nem növeli, 5- kiemelt mértékben növeli),
- III. Elsőbbségadási arányra gyakorolt hatás [1- egyáltalán nem befolyásolja, 5- kiemelt mértékben befolyásolja (mindegy, hogy negatív vagy pozitív irányba)],
- IV. Előfordulási gyakoriság a hazai közúthálózaton (1- egyáltalán nem fordul elő, 5- kiemelten gyakran fordul elő),
- V. Fokozott figyelmi beállítódás elérésére gyakorolt hatás (1- egyáltalán nem gátolja, 5- kiemelt mértékben gátolja).

A szakértők minden egyes befolyásoló tényezőt értékelték a megadott öt szempont szerint: átlagos forgalmi összetétel, közepes jármű- és gyalogosforgalmat feltételezve azonosították, hogy milyen hatást gyakorolhatnak a felsorolt tényezők a járművezetők, illetve a gyalogosok hibájából adódó balesetek kockázatára, illetve az elsőbbségadási hajlandóságra. Továbbá meghatározták azt is, hogy a tényezők milyen gyakorisággal fordulnak elő Magyarországon közúthálózatán (lakott területen belül kijelölt gyalogos-átkelőhelyek környezetében), illetve hogyan hatnak az átkelőhelyek környezetében a járművezetőktől elvárt fokozott figyelmi be-

állítódás elérésére.

A szakértők által adott értékelő pontszámokat átlagoltuk. A területi korlátok miatt az összes tényezőre vonatkozóan az összes szempont szerint kapott átlagos pontszámok bemutatásától eltekintünk. Érdekesképpen kiemeltük, hogy a legmagasabb átlagos pontszámokat (4,571) a közvilágítás hiányosságainak, illetve az átkelőhely környezetében jellemző túl nagy járműsebességeknek tulajdonították a járművezető hibájából adódó balesetek kockázatára gyakorolt hatásokat szempontjából. A legalacsonyabb átlagos pontszámot (1,143) az előzési tilalom hiányának a gyalogos hibákból adódó balesetek kockázatára gyakorolt hatása kapta.

A tényezők értékelését az adatok rangsorolását lehetővé tévő KIPA módszerrel elemeztük, majd klaszteranalízis segítségével elvégeztük a tényezők különböző szempontok szerinti osztályozását is, azon csoportok keresésére fókuszálva, amelyeket a szakemberek valamely szempont(ok) szerint kiemelten kockázatosnak ítélték.

## 2. A KOCKÁZATI TÉNYEZŐK RANGSOROLÁSA

Az elemzések megfelelőségének érdekében első körben megvizsgáltuk a tényezőkre adott (összes szempont szerinti) átlagos pontszámok relatív szórásainak értékeit. A relatív szórások csak három esetben alakultak magasabb értéken az elvárt 0,2 küszöbértéknél, ekkor is csak igen kis mértékben. Kiugró érték sem volt tapasztalható, ami a pontozás heterogén szerkezetét mutatja. Így elsődleges vizsgálataink során, a szórásokat elfogadva a mintát az átlagok segítségével jól jellemzettnek tekintettük, a KIPA-elemzést alkalmazhatónak találtuk.

### 2.1. KIPA-eljárás módszertana szerinti értékelés

A KIPA-eljárás komplex rendszerek összemérésére alkalmas, segítségével a meghatározott 18 db potenciális kritikus tényező a vizsgált szempontok mindegyikének figyelembevétele mellett rangsorolható.[5] Ezáltal megállapíthatjuk, hogy a szakértői becslés alapján melyek azok a tényezők, amelyek a leginkább

kritikusnak tekinthetők, a legnagyobb problémákat okozzák a kijelölt gyalogos-átkelőhelyek környezetében. Az alternatívák jellemzése az értékelő szempontok súlya alapján képzett skálákon történt, a páros összehasonlítás elve alapján.[3] Az alternatívák képzett skála szerinti minősítésének alapját a szakértői pontok átlagai képezték. Az eljárás fő lépései a következők:

1. az értékelési tényezők mérési skáláinak megszerkesztése (a súlyok figyelembevételével),
2. a KIPA-módszer alaptáblázatának elkészítése (az alternatívák szakértői minősítésének az előző skálára való leképezésével),
3. a KIPA-mátrix elkészítése (páros összehasonlítás),
4. preferencia és diszkvalifikancia küszöbértékek megadása,
5. a preferencia sorrend meghatározása.

A KIPA-módszer lehetőséget nyújt az értékelési szempontok súlyainak figyelembevételére is. Jelen esetben az öt meghatározott értékelési szempontot azonos súllyal (1-es súlysúly) vettük figyelembe, mindegyiket ugyanolyan fontosnak ítélve. Így az értékelési tényezők szerinti mérési skálák megegyeztek az eredeti (1-től 5-ig terjedő) értékelési skálákkal, a KIPA-elemzés alaptáblázata pedig a szakértők által adott átlagos pontszámokat tartalmazta.

A KIPA-mátrix előállítására érdekében következő lépésként a  $c_{ij}$  preferencia (előny) és  $d_{ij}$  diszkvalifikancia (hátrány) mutatók számítását végeztük el, páros összehasonlítások alapján. Az előnymutató az  $i$ -edik alternatíva  $j$ -edikkel szembeni előnyéről szolgál információval, ami minden egyes viszonylatban számításra kerül. Értéke azon értékelési szempontok százalékban kifejezett súlysúlyainak összegzésével áll elő, amelyek tekintetében az adott alternatíva preferál, illetve indifferens (az alaptáblázatban hozzá rendelt érték nagyobb vagy egyenlő) az összehasonlított alternatívával szemben.

A hátránymutatókat szintén minden viszonylatban számítottuk, azonban meghatáro-

zásukhoz csak azt az értékelési szempontot kellett figyelembe venni, amelynek tekintetében a preferenciaintenzitás a legnagyobb. A hátránymutatók értékének előállításához első lépésben tehát kiválasztottuk azt az értékelési szempontot, ami eleget tesz a következő két feltételnek:

- az adott szempont szerint a  $j$ -edik alternatívához rendelt érték magasabb az  $i$ -edikhez rendeltél,
- az  $i$ -edik és  $j$ -edik alternatívákhoz rendelt értékek különbségének abszolút értéke a legnagyobb.

Az ily módon kiválasztott szempont szerinti értékek különbségének abszolút értéke azon legnagyobb skálakülönbség, ahol a vizsgált  $i$ -edik alternatíva hátrányban van a  $j$ -edik alternatívához képest. A diszkvalifikancia mutatók számításához ezen értéket osztottuk el a legnagyobb skála terjedelmével (jelen esetben mindegyik skála egyforma méretű, hiszen a szempontok azonos súlyt kaptak), majd az eredményt a százalékos forma előállítása érdekében 100-zal szoroztuk.

A preferencia és diszkvalifikancia mutatók segítségével a KIPA-mátrix előállíthatóvá vált (a mátrix nagy mérete miatt az 1. táblázatban szemléltetésekként csak egy részletet közöljük). A mátrix első sora és oszlopa az alternatívák (vagyis a vizsgált kockázati tényezők) azonosítóit tartalmazza, az  $i$ -edik sor és  $j$ -edik oszlop metszeteként előálló cella felső részében (**félkövér számokkal**) a  $c_{ij}$  előny-, alsó részében (**dőlt számokkal**) pedig a  $d_{ij}$  hátránymutatókat tüntettük fel.

1. táblázat: Az előállított KIPA mátrix egy részlete

	A1	B1	C1	D1
A1		<b>0,400</b> <i>0,257</i>	<b>0,200</b> <i>0,086</i>	<b>0,200</b> <i>0,200</i>
B1	<b>0,800</b> <i>0,257</i>		<b>0,800</b> <i>0,086</i>	<b>0,400</b> <i>0,200</i>
C1	<b>0,800</b> <i>0,086</i>	<b>0,200</b> <i>0,086</i>		<b>0,000</b> <i>0,171</i>
D1	<b>0,800</b> <i>0,200</i>	<b>0,600</b> <i>0,200</i>	<b>1,00</b> <i>0,171</i>	



A preferencia sorrend meghatározását, a kockázati tényezők rangsorolását a mátrix adatai alapján végeztük el. A preferencia küszöbértéket 70%-os értéken ( $c_{ij} > 0,7$ ), a diszkvalifikancia küszöbértéket pedig 20%-os értéken ( $d_{ij} < 0,2$ ) vettük figyelembe. Mindkét elvárásnak együttesen összesen 66 db páros összehasonlítás tett eleget.

## 2.2. A potenciális kockázati tényezők rangsora, az eredmény elemzése

A küszöbértékeknek megfelelő 66 db páros összehasonlítás eredményei szerint asszortációs gráf rajzolható fel: a gráf csúcsait a vizsgált kockázati tényezők képezik, az összehasonlított elem párok közti élek irányítottak, a preferált alternatívából indulnak és a másik tag felé mutatnak. A gráf a változatok sorrendjének meghatározására és az eredmények szemléltetésére alkalmazható (az az alternatíva a legjobb, amelytől a legtöbb nyíl „elmutat”, és az a változat a legrosszabb, amely felé a legtöbb nyíl mutat).

A gráfot jelen esetben nagy mérete miatt (a csúcsok száma egyenlő az alternatívák számával) nem szemléltetjük, de felépítését (a csúcsokból induló, és oda érkező nyilak számával) a 2. táblázatban szemléltetjük. A táblázatban az alternatívák már a preferencia sorrendben szerepelnek.

A rangsor alapján a szakértők véleménye szerint a vizsgált potenciális kockázati tényezők közül a közvilágítás hiánya vagy nem megfelelőse tekinthető a legkritikusabb problémának a lakott területen belül kijelölt gyalogos-átkelőhelyek esetén (együttesen figyelembe véve a közlekedésbiztonsági, az elsőbbségadási, a gyakorisági és a figyelemmel kapcsolatos szempontokat). A rangsorban ezt a gyalogosok és járművezetők egymást történő észlelésének nehézségei miatti tényezők követik [párhuzamosan közlekedő járművek, illetve útszéli elemek (pl. növényzet, építmény, parkoló járművek) takaró hatása miatti kockázatok]. A három legkritikusabbnak ítélt tényező mindegyike tehát közvetlenül az átkelőhelyen való láthatóság kérdéskörével kapcsolatos.

**2. táblázat: A vizsgált befolyásoló, potenciális kockázati tényezők rangsora**

Rangsor	Befolyásoló tényező jelölése	A csúcsból induló élek száma	A csúcsba érkező élek száma
1.	A6	13	0
2.	A2	9	2
2.	B2	9	2
3.	D1	6	1
4.	D5	4	1
5.	B1	4	2
6.	A4	4	3
7.	A1	4	5
8.	D2	3	4
8.	D3	3	4
9.	C1	3	7
10.	C3	2	9
11.	A3	1	3
12.	D6	1	4
13.	C4	0	3
14.	D4	0	4
15.	A5	0	5
16.	C2	0	7

A tényezők rangsorában aránylag elől szerepelnek még a gyalogos-átkelőhely előtt végrehajtható, figyelmet megosztó szituációk (pl. besorolás sávegyfogyást követően, bonyolult irányválasztás); a járműforgalmat jellemző túl nagy sebesség; a kijelölt gyalogos-átkelőhely felismerhetetlensége legalább 50 méteres távolságból; az útvonali szabályozási összhang hiánya; illetve a közbenső biztonságos megállási lehetőség nélküli túl sok forgalmi sáv keresztelése.

Érdekes megjegyezni, hogy a C csoportba sorolt befolyásoló tényezők mindegyike a rangsor hátsó felében szerepel, azaz a többi tényezőhöz viszonyítva a szakértők a kijelölt gyalogos-átkelőhely és környezetének forgalomtechnikai kialakításával kapcsolatos hatásokat ítélték a legkevésbé kritikusnak. Ez egyébként a kiosztott átlagos pontszámok alapján is megmutatkozott, a képzett négy kategória átlagos pontszámai az alábbiak szerint alakultak:

- **A**, a kijelölt gyalogos-átkelőhely műszaki kialakításával, szabályozásával kapcsolatos tényezők átlagos pontszáma: 3,11 pont,
- **B**, a kijelölt gyalogos-átkelőhely és környezetének építési kialakításával kapcsolatos tényezők átlagos pontszáma: 3,53 pont,
- **C**, a kijelölt gyalogos-átkelőhely és környezetének forgalomtechnikai kialakításával kapcsolatos tényezők átlagos pontszáma: 2,64 pont,
- **D**, figyelmet megosztó forgalmi jellemzők, szituációk és objektumok átlagos pontszáma: 3,34 pont.

Azaz, csupán az átlagosan adott pontok átlagai alapján a gyalogos-átkelőhely és környezetének építési kialakításával kapcsolatos tényezőket értékelték a legkritikusabbnak.

A KIPA-elemzés alapján négy olyan tényező adódott (a rangsor utolsó elemei), amelyek az adott küszöbértékek mellett egyik tényezővel szemben sem "preferáltak", azaz az értékelés alapján a legkevésbé kritikusnak tekinthetők: a gyalogos-átkelőhely előtti előzési tilalom záróvonallal jelzett elrendelése; a nagy forgalom és tehergépjármű forgalom; a nem megfelelően széles vagy nem úttengelyre merőleges átkelőhelyek; illetve a hiányzó előjelzés.

### 3. A KOCKÁZATI TÉNYEZŐK CSOPORTOSÍTÁSA

A rangsorolást követően a befolyásoló tényezőket csoportképzés módszertanával is vizsgálat alá vontuk. A szakértők által adott átlagos értékelés alapján az SPSS statisztikai programmal a tényezőket klaszterekbe soroltuk, majd vizsgáltuk az egyes csoportok jellemzőit.

A klaszterképzést a hierarchikus eljárások közé sorolt Ward-módszerrel végeztük. Ezen eljárás a gazdasági alkalmazásokban igen elterjedt, gyakorlati szempontból is jól értelmezhető és nagyjából egyforma nagyságú csoportokat eredményez [11]. A módszer öszvevonáson alapul, azaz a kezdő lépés során

minden egyes elemet külön klaszterként tekint és kapcsol össze, egyre nagyobb csoportokat képezve. A Ward-féle eljárás esetében a klaszteren belüli pontokra kiszámítjuk az átlagot, illetve a pontok átlagtól való négyzetes eltéréseinek összegét, és azt a pontot vagy klasztert vonjuk be a nagyobb klaszterképzéshez, amely bevonásával az eltérés négyzetösszeg növekménye a legkisebb.

A klaszterezés során a vizsgált 18 db tényezőt rendre 3-8 különböző klaszterbe soroltuk. Az eredmények vizsgálata alapján a jellemzésre legalkalmasabbnak az öt klaszteres megoldást találtuk, amelynek eredményét a 3. táblázatban ismertetjük. A táblázatban feltüntettük az összes (18 db) tényezőre vonatkozó átlagos értékeket, amihez képest a klaszterek jellemzőit viszonyítani lehet. Az átlagostól jelentős lefele történő eltérést zöld háttérszínekkel (10%-ot meghaladó eltérés esetén halvány, 15%-ot meghaladó eltérés esetén sötét zöld), a jelentős pozitív irányú eltérést pedig narancssárga háttérszínekkel emeltük ki (10%-ot meghaladó eltérés esetén halvány, 15%-ot meghaladó eltérés esetén sötét narancssárga). Az utolsó oszlopban jelöltük, hogy az egyes klaszterekbe mely tényezők kerültek.

A 2. klaszterbe soroltuk a leginkább kritikus elemeket, ezek pontszámai az átlagtól minden szempont szerint felfelé jelentősen eltérnek, azaz a kedvezőtlen irányba. Nagyobb baleseti kockázatot és nagyobb figyelmet gátló hatást társítottak melléjük a szakértők, és emellett gyakorinak, illetve az elsőbbségadást is jobban befolyásolónak tartották azokat. Érdekes eredmény, hogy a rangsorolás és a klaszterképzés szerint is ugyanazon hat tényező bizonyult a leginkább kockázatosnak az adott szempontok szerint.

A további klaszterek vizsgálata alapján a következő megállapítások tehetők. Az 1. klaszterbe került három olyan elem, amit a szakértők legtöbb szempont szerint átlagosnak értékelték, azonban a gyalogosok hibájából adódó balesetek kockázatát a meglátások szerint az átlagosnál jobban növelik. A szakértők meglátása szerint ezek olyan szituációk, ahol a

### 3. táblázat: A vizsgált befolyásoló tényezők alapján képzett klaszterek jellemzői

Vizsgált csoport	Elem-szám	Átlagos pontszám és (szórás) Járművez. hibájából adódó balesetek kockázata	Átlagos pontszám és (szórás) Gyalogos hibájából adódó balesetek kockázata	Átlagos pontszám és (szórás) Elsőbbségadási arány	Átlagos pontszám és (szórás) Gyakoriság	Átlagos pontszám és (szórás) Fokozott figyelmi beállítódás elérésének gátlása	Klaszter elemei
Összes tényező	18	3,65 (0,68)	2,55 (0,77)	3,27 (0,66)	2,96 (0,56)	3,21 (0,76)	
1. klaszter	3	3,52 (0,58)	3,05 (0,08)	3,10 (0,30)	2,76 (0,46)	3,43 (0,14)	A1; A4; D4
2. klaszter	6	4,33 (0,28)	2,86 (0,54)	3,93 (0,31)	3,26 (0,46)	3,79 (0,43)	A2; A6; B1; B2; D1; D5
3. klaszter	3	2,81 (0,58)	3,24 (0,33)	2,67 (0,54)	2,48 (0,36)	1,95 (0,22)	A3; A5; D6
4. klaszter	5	3,57 (0,32)	1,74 (0,33)	3,23 (0,33)	2,83 (0,57)	3,34 (0,39)	C1; C2; C3; D2; D3
5. klaszter	1	2,86 (-)	1,14 (-)	1,86 (-)	3,86 (-)	2,14 (-)	C4

gyalogos az átlagosnál könnyebben hibázhat, kelhet át figyelmetlenül, míg a többi szempont szerint átlagos a kockázat.

A 3. klaszter ehhez hasonló elemeket tartalmaz, itt is a gyalogosok hibájából eredő balesetek kockázata tér el felfele az átlagtól, azonban e tényezőket a többi szempont szerint az átlagnál alacsonyabb kockázatokkal jellemezték. A szakértők meglátása szerint ezek olyan szituációk tehát, ahol a gyalogos az átlagosnál könnyebben hibázhat, kelhet át figyelmetlenül, míg a többi szempont szerint alacsony a kockázat, különösen alacsony az előfordulási gyakoriság, illetve a fokozott figyelem elérésének gátlása.

A 4. klaszter az 1. klaszterrel "ellentétes", olyan elemeket tartalmaz, ahol a gyalogosok hibájából adódó balesetek kockázatát az átlagnál alacsonyabbnak tartották, míg a többi szempont szerint átlagos a kockázat. Ezek a szituációk tehát abban tértek el az átlagtól, hogy a szakértők szerint kevésbé befolyásolják a gyalogosok hibázási gyakoriságát, ami érthető is, hiszen az ide sorolt tényezők gyakorlatilag a járművezetők észlelését nehezítő körülmények, figyelemelterelő hatások.

Egyetlen tényező önálló csoportot képez az eljárás alapján: „A kijelölt gyalogos-átkelőhely előtt hiányzik/hiányos a záróvonallal is jelzett előzési tilalom elrendelése”. Ezen tényező a szakértői megállapítások szerint közlekedésbiztonsági, figyelmi és az elsőbbségadás befolyásolás szempontjából nem annyira jelentős (átlag alatti pontszámok), azonban a felsoroltak közül a leggyakrabban előforduló tényezőknek minősítették.

## 4. KONKLÚZIÓ

A gyalogos baleseteken belül jelentős a kijelölt gyalogos-átkelőhelyeken történt esetek aránya, amit az átkelőhelyeken és környezetükben felmerülő kockázatok értékelését indokolta. Kutatásunk során olyan potenciális kockázati tényezőket azonosítottunk és foglaltunk össze rendszerszemléletben, amelyek a lakott területen belül kijelölt gyalogos-átkelőhelyek közlekedésbiztonsági szintjét negatív irányban befolyásolhatják.

A tényezők értékelése szakértői vélemények alapján történt, az adatok több szempontú rangsorolását lehetővé tévő KIPA módszerrel, továbbá klaszteranalízis segítségével. Célunk a

leginkább kockázatos paraméterek azonosítása volt, amelyek felszámolásával a legnagyobb közlekedésbiztonsági előnyök érhetők el.

A rangsorolás és a klaszterezés eredményei azonos irányba mutattak, egyértelműen kijelölve a szakértők által leginkább kritikusnak ítélt tényezőket:

- az azonos irányú párhuzamos sávokat keresztező átkelőhelyek (A2),
- a közvilágítás hiánya, nem megfelelésége (A6),
- a kijelölt gyalogos-átkelőhely megfelelő távolságból történő nehéz felismerhetősége (B1),
- a gyalogosok és járművezetők észlelésének takaró elemek miatti akadályoztatottsága (B2),
- a gyalogos-átkelőhely előtti figyelemmegosztó szituációk (D1),
- a gyalogos-átkelőhely környezetében jellemző túl nagy sebesség (D5).

Ezen tényezők tehát azok, amelyekhez a szakértők a többi paraméternél nagyobb baleseti kockázatot és nagyobb figyelemgátló hatást társítottak, és emellett relatíve gyakorinak, illetve az elsőbbségadást is jobban befolyásolónak tartották azokat. Új gyalogos-átkelőhelyek kialakítása és a meglévők felülvizsgálata során a fenti jellemzők negatív hatásának megszüntetése, illetve mérséklése fontos a közlekedésbiztonság és a szolgáltatási szint növelése érdekében.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

[1] 20/1984. (XII. 21.) KM rendelet az utak forgalomszabályozásáról és a közúti jelzések elhelyezéséről. [https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=98400020.KMB\(2020.01.22.\)](https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=98400020.KMB(2020.01.22.))

[2] Antov D., Röivas T., Antso I., Sürje P.: A Method For Pedestrian Crossing Risk Assessment Urban Transport 2011/XVII. 116. 587-598. DOI: <https://doi.org/cnbnmjx>

[3] Gyarmati József: Többszemponos döntésmélet alkalmazása a haditechnikai eszközök összehasonlításában. PhD értekezés, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Haditechnikai és Minőségügyi tanszék, Budapest, 2003

[4] Juhász János: A közúti közlekedés áramlásának és a gyalogos átkelés baleseti kockázatának vizsgálata gyalogátkelőhelyek környezetében. PhD értekezés, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki Kar, Közlekedésüzemi Tanszék. Budapest, 2007

[5] Kindler J., Papp O.: Komplex rendszerek vizsgálata- Összemérési módszerek. Műszaki Könyvkiadó: Budapest, 1977 41. 151-175. ISBN: 963 10 1830 X

[6] Közlekedési, Hírközlési és Energiaügyi Minisztérium Közlekedési Infrastruktúra Főosztálya: Ütügyi Műszaki Előírás. e-ÚT 03.07.23. ÚT 2-1.211. A gyalogosközlekedés közforgalmi létesítményeinek tervezése (A KTSZ kiegészítése), Budapest, 2017

[7] Központi Statisztikai Hivatal: Közlekedési baleseti statisztikai évkönyv,2015, Budapest, 2016

[8] Központi Statisztikai Hivatal: Közlekedési baleseti statisztikai évkönyv,2014, Budapest, 2015

[9] Pashkevich A., Nowak M: Road safety risk assessment at pedestrian crossings: a case study from Sułkowice. Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport.2017, 95. 159-170. DOI: <https://doi.org/f9wv>

[10] Pashkevich M., Krasilnikova A., Antov D.: Method for Pedestrian Crossing Risk Assessment and Safety Level Determination: the Case Study of Tallinn. CIT2016 – XII Congreso de Ingeniería del Transporte València, Universitat Politècnica de València, 2016. DOI: <https://doi.org/f9wv>

[11] Simon Judit: A klaszterezés alkalmazási lehetőségei a marketingkutatásban. Statisztikai Szemle. 2006 84. évf. 7. sz. 627–651



**Assessment of risk factors affecting the safety level of designated pedestrian crossings**



**Bewertung von Risikofaktoren, die das Sicherheitsniveau ausgewiesener Fußgängerüberwege beeinflussen**

## A KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI SZEMLÉBEN 2020. ÉVBEN MEGJELENT CIKKEK

Év/szám	Oldal	Szerzők	Cikk címe
2020/1	7	Papp István	A Közlekedéstudományi Szemle első számához (részletek)
2020/1	11	Dr. Ivány Árpád	50 éves a Közlekedéstudományi Szemle
2020/1	16	Dr. Katona András	50 éves a Közlekedéstudományi Szemle
2020/1	22	Kövesné Dr. Gilicze Éva	Új hangsúlyok és vonások a közlekedési felsőoktatás és a közlekedéstudomány
2020/1	25	Dr. Timár András	Gondolatok a Közlekedéstudományi Szemle megjelenésének 70. évfordulóján
2020/1	27	Tánczos Lászlóné dr.	A közlekedés gazdasági társadalmi és környezeti hatásainak feltárása és a közlekedéspolitikai, különös tekintettel a városi mobilitás fenntarthatóságára
2020/1	31	Dr. Prileszky István	Múlt-jelen-jövő: korszakváltások a személyközlekedésben
2020/1	34	Dr. Tóth László	A magyar közlekedés fejlesztés-politikájának elvárható megalapozása
2020/1	38	Szűcs Lajos	Az ITS fogalmának újra-értelmezése napjainkban
2020/1	40	Perger Imre	A magyar vasút 2020-ban...
2020/1	43	Barlog Károly	A tudományra mindenkor érzékeny szeizmográfnek lenni <i>Gondolatok a 70 éves Közlekedéstudományi Szemlééről</i>
2020/1	44	Horváth Gábor	Navigare necesse est ...
2020/1	49	Berta Tamás	A hazai közlekedésbiztonság múltja és jövője
2020/1	54	Bécsi Tamás Aradi Szilárd Fehér Árpád	A gépi tanulás szerepe és hatásai a közlekedésben <i>DOI 10.24228/KTSZ.2020.1.1</i>
2020/1	66	Majó-Petri Zoltán Huszár Sándor	Autonóm járművek, önzetű autók: mit gondol a közönség? <i>DOI 10.24228/KTSZ.2020.1.2</i>
2020/1	77	Ficzere Péter Horváth Ákos Márk Sipos Tibor	Elalvásos balesetek csökkentési lehetősége additív gyártási eljárással fejlesztett kapszulák segítségével <i>DOI 10.24228/KTSZ.2020.1.3</i>
2020/2	4	Esztergár-Kiss Domokos Aba Attila Tettamanti Tamás	MOVECIT a fenntartható munkahelyi mobilitásért <i>DOI 10.24228/KTSZ.2020.2.1</i>
2020/2	17	Dr. habil. Gáspár László Pusztai Gábor	A városi útburkolat-gazdálkodás sajátosságai <i>DOI 10.24228/KTSZ.2020.2.2</i>
2020/2	30	Küzmös György	Forgalmi potenciálok változása 1995. évtől a közúthálózat alakulásának függvényében. 1. rész <i>DOI 10.24228/KTSZ.2020.2.3</i>
2020/2	40	Molnár Balázs	A nemzetközi vasúti személyszállítás versenyképessége <i>DOI 10.24228/KTSZ.2020.2.4</i>
2020/2	54	Dr. Sándor Zsolt Monostori Ákos	Gyorsforgalmi útszakaszok forgalmi elemzése az átlagsebesség-mérés módszerével. 1. rész <i>DOI 10.24.228/KTSZ.2020.2.5</i>
2020/3	4	Cserhádi Balázs Horváth Márton Tamás	Közúti közösségi közlekedési hálózat modellezése a Transmodel szabvány felhasználásával <i>DOI 10.24228/KTSZ.2020.3.1</i>
2020/3	19	Küzmös György	Forgalmi potenciálok változása 1995. évtől a közúthálózat alakulásának függvényében. 2. rész <i>DOI 10.24228/KTSZ.2020.3.2</i>

Év/szám	Oldal	Szerzők	Cikk címe
2020/3	33	Boldizsár Adrienn Mészáros Ferenc Tánczos Lászlóné	Egyensúlyi modellek evolúciója – általános egyensúlyi modellek a közlekedésben <i>DOI 10.24228/KTSZ.2020.3.3</i>
2020/3	44	Horváth Márton Tamás	Többkritériumú dinamikus útvonal-tervezés menetrendkövető autonóm járművek számára <i>DOI 10.24228/KTSZ.2020.3.4</i>
2020/3	57	Dr. Sándor Zsolt	Az átlagsebesség-mérés bevezetésének a közlekedésbiztonságra gyakorolt lehetséges hatásai <i>DOI 10.24228/KTSZ.2020.3.5</i>
2020/4	4	Dr. Tettamanti Tamás	Vezeték nélküli, elosztott szabályozási struktúrájú jelzőlámpa koncepciója és prototípusfejlesztése <i>DOI 10.24228/KTSZ.2020.4.1</i>
2020/4	13	Szűcs Lajos	A követési távolság megválasztásának elmélete, gyakorlata, a közlekedőknek a hazai gyorsforgalmi utakon megfigyelt követési távolság tartási szokásainak elemzése <i>DOI 10.24228/KTSZ.2020.4.2</i>
2020/4	29	Dobi Sándor	Európa pilóta nélküli légi járműveket érintő jogszabályi környezetének áttekintése <i>DOI 10.24228/KTSZ.2020.4.3</i>
2020/4	45	Dr. Jankó Domokos	Vélemény a „Gyorsforgalmi útszakaszok forgalmi elemzése az átlagsebesség-mérés módszerével” c. cikkel kapcsolatban
2020/4	47	Prof. Dr. Holló Péter Dr. Sipos Tibor	Közúti baleseti veszteségek aktualizálása <i>DOI 10.24228/KTSZ.2020.4.4</i>
2020/4	53	Zalacko Roland Zöldy Máté Simongáti Győző	Alternatív tüzelőanyagok alkalmaz-hatósága a hajózásban és tüzelőanyag-fogyasztás számítási módszerek <i>DOI 10.24228/KTSZ.2020.4.5</i>
2020/5	4	Erdősi Ferenc DSc	A világtörténelem legnagyobb nemzetközi közlekedésfejlesztési projektje <i>DOI 10.24228/KTSZ.2020.5.1</i>
2020/5	20	Dr. Tettamanti Tamás Varga Balázs Dr. Varga István	Budapesti sebességkorlátozások változtatásának hatásvizsgálata forgalom-szimulációval <i>DOI 10.24228/KTSZ.2020.5.2</i>
2020/5	34	Mika Péter	Giroszkóppal kompenzált gyorsulás szenzoros járműtrajektória mérés <i>DOI 10.24228/KTSZ.2020.5.3</i>
2020/5	52	Dr. Jankó Domokos	Közúti baleseti sérülések kockázata Magyarországon <i>DOI 10.24228/KTSZ.2020.5.4</i>
2020/6	4	Tóth Róbert Péter Szalai Máttyás Dr. Tettamanti Tamás	A HU-GO elektronikus útdíjrendszerből származó adatok forgalombecslési és forgalomirányítási célú felhasználási lehetőségei <i>DOI 10.24228/KTSZ.2020.6.1</i>
2020/6	21	Mika Péter	Pályaszerkezet hátralevő élettartam becslés a keréktalperő alapján <i>DOI 10.24228/KTSZ.2020.6.2</i>
2020/6	34	Kisfaludi Balázs Péterfalvi József Primusz Péter	Automatizált, állókép alapú forgalomszámlálás erdészeti utakon <i>DOI 10.24228/KTSZ.2020.6.3</i>
2020/6	46	Kőrízs András László	Ovibringa - szemléletformálás hosszú távú hatásokkal <i>DOI 10.24228/KTSZ.2020.6.4</i>
2020/6	54	Varga Károly	Több mint 120 éve létesítették a körmendi fűtőházat
2020/6	59	Prof. Dr. Holló Péter	Biztonságiövs-viselési arányok Magyarországon és külföldön <i>DOI 10.24228/KTSZ.2020.6.5</i>



# Támogatóink



Innovációs és Technológiai  
Minisztérium

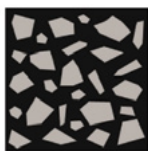


FÜMTERV



STADLER

Stadler Trains Magyarország Kft.



EUROASFALT  
ÉPÍTŐ ÉS SZOLGÁLTATÓ KFT.

HungaroControl

Magyar Légiforgalmi Szolgálat

KÖZLEKEDÉS  
FŐVÁROSI TERVEZŐ IRODA KFT.



NEMZETI  
ÚTDÍJFIZETÉSI  
SZOLGÁLTATÓ ZRT.

