



**TRANSPORT  
SAFETY  
CONFERENCE**

**Győr  
2023**



Széchenyi István Egyetem Közlekedési Tanszék  
&  
Közlekedéstudományi Egyesület  
&  
Magyar Közlekedéstudományi és Logisztikai Intézet  
szervezésében

Szerkesztők:

Dr. Horváth Balázs  
Dr. Henézi Diána  
(Széchenyi István Egyetem)

A kiadványban szereplő cikkeket lektorálták:

Berta Tamás  
Gaál Bertalan  
Dr. Henézi Diána  
Dr. Horváth Richárd  
Dr. Kormányos László  
Lévai Zsolt  
Dr. Miletics Dániel  
Nagy Viktor

ISBN 978-615-6443-20-5



## Köszöntő

A Széchenyi István Egyetem, mint az egykori Közlekedési és Távközlési Műszaki Főiskola jogutódja, mindig is nagy hangsúlyt fektetett a közlekedéssel kapcsolatos ismeretek oktatására és kutatására. Napjainkban ezen ismeretek között egyre nagyobb hangsúlyt kap a biztonság kérdése, legyen az a közlekedési rendszerek fizikai, de akár kibertérben értendő biztonsága.

Nagy öröm ezért a Széchenyi István Egyetem és azon belül az Építész, Építő- és Közlekedésmérnöki Kar részére, hogy a Közlekedéstudományi Egyesülettel karöltve első ízben, hagyományteremtő szándékkal megrendezheti e Közlekedésbiztonsági Konferenciát.

A rendszervény programját áttekintve jó látni, hogy a pálya-jármű-ember hármas mindegyike, és a közlekedési alágazatok többsége megjelenik az előadások között.

Általában egy konferencia jó alkalom új ismeretek szerzésére, szakmai kapcsolatok elmélyítésére, reméljük ez most sem lesz másképp, ehhez kívánok hasznos találkozókat, jó beszélgetéseket!

Győr, 2023. szeptember 21.

*Dr. habil. Horváth Balázs*  
dékán, tanszékvezető

## Tartalomjegyzék

A biztonságos közlekedésre nevelés fontossága és lehetőségei a 6-14 éves korosztály esetén / The importance and possibilities of educating safe transportation for the age group of 6-14.....	2
A blokklánc technológia, mint a vasúti biztonság új eleme / Blockchain technology as a new element of railway safety .....	13
A hazai közúti közlekedésbiztonság alakulásának áttekintése a külső mérföldkövek tükrében / Overview of the development of Hungarian road safety in the light of external milestones.....	23
A közlekedésbiztonság fokozása a Komplex ITS Ökoszisztémával / Improving of the transport safety with the Complex ITS Ecosystem.....	32
A vasúti infrastruktúra védelmi célú felkészítésének hatása az alágazat közlekedési biztonságára / The impact of the preparation for defence of the railway infrastructure on the transport safety in the rail sub-sector .....	42
Analysis of relative accident rates in city traffic .....	54
Bike simulator applications in traffic engineering: a comprehensive review.....	61
Dilemma: fessünk vagy ne fessünk a körpályán? A Szombathely 86-87 főutak koncentrikus kétsávos körforgalmának közlekedésbiztonsági tapasztalatai / The dilemma: to paint or not to paint on the circuit? Traffic safety experiences of the concentric two-lane roundabout on Szombathely main roads 86-87	73
Elfáradásos, elalvásos balesetek / Falling asleep and fatigue accidents.....	86
Eltérő erőviszonyok - közös felelősség / Different power relations - joint responsibility .....	92
Gyalogos csoportok átkelési döntéseinek vizsgálata jármű távolság alapján - budapesti esettanulmány / Examining crossing decisions of pedestrian groups based on vehicle distance – Budapest case study .....	102
Gyalogos közlekedők figyelemelterelő hatásai / Distracting factors of pedestrian mobility .....	110
Harminc a városban – Komplex városi sebességcsillapítás európai tapasztalatai / 30Cities – lesson learnt from Europe.....	117
How dangerous are the level road-railway crossings? .....	130
Kerékpáros forgalom időszakos tényezőinek vizsgálata / Analysis of the variation in the volume of bicycle traffic over time .....	142
Kerékpárral közlekedők előzésekor tartandó oldaltávolság vizsgálata OpenBikeSensor mérőműszerrel mérve / Analysis of passing distance for cyclist measured via OpenBikeSensor .....	153
Közlekedésre felkészítés a közoktatásban / Road safety prevention in public education .....	166
Road safety analysis of Hungarian signalized roundabouts .....	175
Roundabout Capacity Modeling: A Comprehensive Review.....	185
Safety Issues and Autonomous Vehicle Performance in the Dilemma Zone at Signalized Intersections .....	197
Sémák találkozása / Meeting of Schemes .....	205
Tavaszi „porviharok, hófúvások” és vasúti felsővezetéki sérülések közös időjárási háttere, s előreláthatóságuk kérdései / Weather background of blowing dust or snow as well as failures related to railway overhead lines, and issues of preparedness .....	213
Tömeges turisztikai forgalmú megállóhelyek utasbiztonsága a regionális vasútvonalakon / Passenger safety at stops with significant tourist passenger traffic on regional railway lines .....	223

# A biztonságos közlekedésre nevelés fontossága és lehetőségei a 6-14 éves korosztály esetén / The importance and possibilities of educating safe transportation for the age group of 6-14

Maráczai Rodrigó Dávid<sup>1</sup> – Bihariné Németh Zsuzsanna<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fejér Európa Kft.

<sup>1</sup>rodrigo.maraczi@gmail.com

<sup>2</sup>Szent Imre Gimnázium, Általános Iskola és Óvoda

<sup>2</sup>zsunemeth@gmail.com

**Kivonat:** A közlekedési balesetek száma évről évre emelkedik, ezért rendkívül fontos, hogy a gyermekeket minél korábban és minél hatékonyabban neveljük a biztonságos közlekedésre. Kutatásunkban a 6-14 éves korosztály biztonságos közlekedésre nevelését vizsgáljuk. Célunk, hogy bemutassuk a jelenlegi közlekedésbiztonsági helyzetet, valamint a közlekedési ismeretek szerepét a közoktatásban.

Kutatásunk során ismertetjük a 2020-as Nemzeti Alaptantervhez kiadott technika és tervezés kerettanterveket, melyekben megjelenik a közlekedés témaköre. A gyermekek ismereteinek vizsgálatához egy kérdőívet készítettünk, melynek eredményei bemutatásra kerülnek.

A felsőoktatás hiányosságaira is rámutatunk, amelynek hatása a gyermekek biztonságos közlekedésére is kihat. A tanítóképző intézményeknek nagyobb figyelmet kell szentelniük arra, hogy a leendő pedagógusok számára megfelelő oktatási módszereket mutassanak be, amelyek elősegítik a biztonságos közlekedésre nevelést. Áttekintjük, hogy a 2022/23-as tanévben a hatályos tematikák alapján milyen szinten edukálják a hallgatókat a témában.

A gyermekek biztonságos közlekedésre nevelése fontos, mivel közlekedési balesetek kialakulását előzheti meg. Az oktatás és nevelés területén még számos hiányosság van, amelyekre megoldásokat kell találni. Bemutatjuk azokat az intézkedéseket, amelyeket az oktatási intézmények, valamint a pedagógusok megtehetnek a gyermekek biztonságos közlekedésre nevelésének elősegítése érdekében.

**Abstract:** The number of traffic accidents is increasing year by year, so it is extremely important to educate children as early and effectively as possible about safe transportation. In our research, we examine the education of safe transportation for the age group of 6-14. Our goal is to present the current traffic safety situation and the role of transportation knowledge in public education.

During our research, we present the framework curriculum for techniques and planning issued for the 2020 National Basic Curriculum, which includes the topic of transportation. We have prepared a questionnaire to assess children's knowledge, and the results will be presented.

We also highlight the shortcomings in higher education, which also affect the safety of children in transportation. Teacher training institutions need to pay more attention to introducing appropriate teaching methods to future educators that promote education for safe transportation. We review how universities educate students on this topic based on the currently applicable syllabi for the 2022/23 academic year.

Educating children about safe transportation is important as it can prevent traffic accidents. There are still many deficiencies in the field of education and upbringing that need to be addressed. We present measures that educational institutions and teachers can take to promote education for safe transportation among children.

*Kulcsszavak: közlekedési balesetek; biztonságos közlekedés; közlekedési ismeretek; oktatási módszerek; nevelés*

*Keywords: traffic accidents; safe transportation; knowledge; teaching methods; upbringing*

## Bevezetés

Ma a technológiai változások és az állandóan fejlődő közlekedési környezet miatt még fontosabbá vált a gyermekek megfelelő felkészítése a biztonságos közlekedésre. Ezek a változások jelentős hatással vannak a gyermekek közlekedési tapasztalataira, mivel 10-20-30 éve a közlekedés egészen más volt, mint ma. A személygépjárművek kevésbé voltak elterjedtek, az utak kevésbé voltak zsúfoltak, a kerékpárosok sokkal szabadabban közlekedhettek. A mobiltelefonok és okostelefonok még nem léteztek, amelyek ma könnyedén veszélyeztethetik a közlekedőket azzal, hogy elvonják a figyelmüket.

A gyermekeknek meg kell tanulniuk, hogyan tudják biztonságosan használni az okostelefonokat és az online térben való kommunikációt, mivel ezek mind hatással vannak a közlekedésükre és a biztonságukra. Az állandóan fejlődő közlekedési környezetben elengedhetetlen, hogy a közlekedésoktatás dinamikus legyen annak érdekében, hogy lépést tudjon tartani a technológiai változásokkal és az új közlekedési kihívásokkal.

A közlekedésoktatásnak nemcsak a közlekedési ismeretekre és szabályokra kell összpontosítania, hanem a gyermekek készségeire és attitűdjére is egyaránt. Az empátia, a figyelem, az előrelátás, a döntéshozatal és a kommunikációs készség mind olyan kulcsfontosságú területek, amelyeket fejleszteni kell a gyermekekben a biztonságos közlekedés érdekében. A gyermekeknek már korán, kisiskoláskorukban el kell sajátítaniuk az alapvető közlekedési ismereteket. Fel kell tudniuk ismerni a veszélyeket és tudniuk kell biztonságosan közlekedni.

A pedagógusoknak és az intézményeknek segítség, valamint támogatás kell a feladatok ellátásához. Annak érdekében, hogy homogén közlekedésre nevelés valósuljon meg, elengedhetetlen, hogy szakmailag ellenőrzött, egységes módszertani tananyagok kerüljenek átadásra a pedagógusok részére. [1]

A szülők felelőssége nagyban meghatározó a gyermekek által elszenvedett közúti halálozások, sérülések, balesetek kapcsán. Ez a felismerés jelentheti az alapját a gyermekbalesetek megelőzésére irányuló intézkedéseknek az elkövetkezendő évek során. [1]

A biztonságos közlekedésre nevelés nem csak az általános iskolákban, hanem a köznevelés minden szintjén szükség van. Kutatásunk során az általános iskolai kötelező tananyagokat vizsgáljuk. Kitekintünk a közoktatáson felül a felsőoktatásra (egyetem, főiskola) is, a közlekedésoktatás jelenlétét vizsgáljuk a pedagógusképzésben.

Ma már a közoktatási intézményeknek és a pedagógusoknak több lehetőségük van a közlekedési ismeretek elmélyítésére a kötelező tananyagokon kívül. Kutatásunk során bemutatunk néhány már alkalmazott működőképes megoldást, melynek célja az lenne, hogy minél szélesebb körben elterjedjenek.

## 1. Közlekedésoktatás fontossága a 6-14 éves korosztály esetén

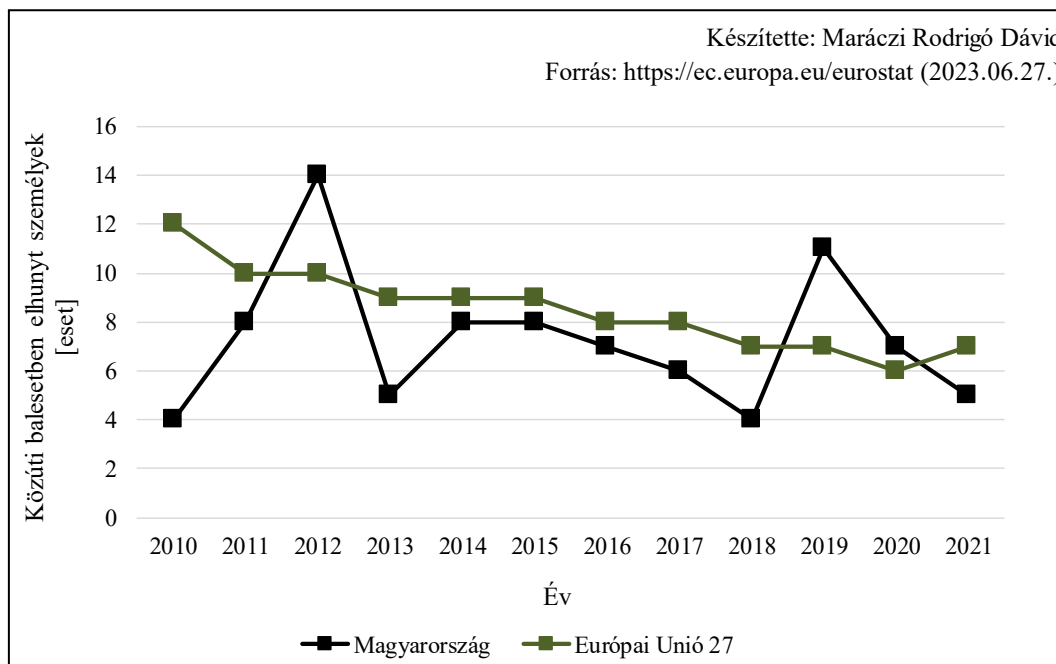
A közlekedésoktatásnak számos pozitív hatása van a gyermekek életére. Megtanulják a közlekedési szabályokat és a veszélyhelyzetek megelőzésének módjait, ezáltal is növelve a biztonságukat és csökkentve a balesetek kialakulásának lehetőségét. A közlekedésoktatás lehetővé teszi a gyermekek számára, hogy függetlenül közlekedjenek. Elsajátítják, hogyan használjanak különböző közlekedési eszközöket (közösségi közlekedés, kerékpár stb.), fejlődik a navigációs képességük, amivel növekszik a mobilitásuk és függetlenségük. Mindezek mellett a gyermekek több lehetőséget kapnak a testmozgásra, amely az egészségükre is pozitív hatással van. Az aktív közlekedési módok, mint például a gyaloglás vagy a kerékpározás hozzájárulnak az egészséges életmódhoz is, ezért nélkülözhetetlen a közlekedési szabályok pontos ismerete. [2]

### 1.1 Baleseti statisztikák Európában

A közúti közlekedési balesetben meghalt 15 év alatti személyekről szóló statisztikákat vizsgálva kijelenthető, hogy európai viszonylatban Magyarországon kevesebben halnak meg, mint az Európai Unió 27 tagállamának átlaga. Az Eurostat adatbázisa alapján egymillió 15 év alatti lakosra vetítve 2010 és 2021 között Magyarországon átlagosan 8, míg az Európai Unióban átlagosan 9 gyermek halt meg. Az Európai Unióban 2010-2020 között folyamatos csökkenés tapasztalható a halálozások esetében, míg

Magyarországon 2014-2018 között. A balesetek alakulását az egyes évek során az 1. számú ábra mutatja be.

A legkevesebben Svédországban (átlagosan 4 személy), míg a legtöbben Romániában (átlagosan 24 személy) haltak meg szintén egymillió 15 év alatti lakosra vetítve. [3]



1. ábra: Közúti balesetben elhunyt 15 év alatti személyek egymillió lakosra vetítve

Svédország és Magyarország között számos tényező van, amelyek magyarázhatják a különbséget a közlekedési balesetekben elhunyt gyermekek számában. A közlekedési kultúra, infrastruktúra és jogi környezet mellett az oktatás is érdemben eltér. Svédországban nagy hangsúlyt fektetnek a közlekedésoktatásra és a tudatosság növelésére a gyermekek körében. A „Cykelkört” programmal is a gyermekek biztonságos kerékpározási készségeit fejlesztik, mely nagyban hozzájárul a balesetek megelőzéséhez. A programot általában iskolák szervezik Svédországban, akik szorosan együttműködnek a helyi hatóságokkal. A programon való részvétel után a gyermekek kapnak egy nem hivatalos „jogosítványt”, amely igazolja, hogy megszerezték a szükséges tudást a biztonságos kerékpározáshoz. [4]

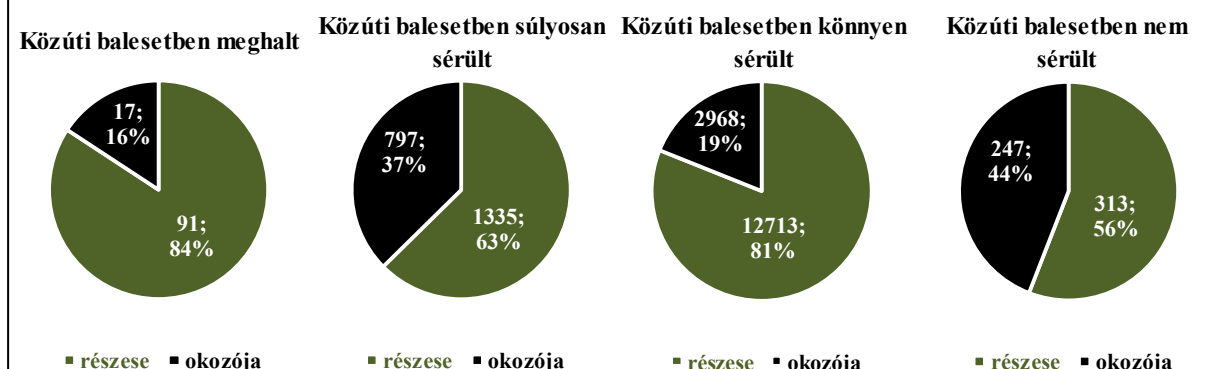
## 1.2 Baleseti statisztikák Magyarországon

A 15 év alatti gyermekek jellemzően nincsenek tisztában vagy nem rendelkeznek pontos ismeretekkel a közlekedési szabályokról, emiatt ők a legvédtelenebbek a közlekedés során. A legtöbb esetben nem egyedül vesznek részt a forgalomban, hanem járművek utasaként, ami által a járművezetőtől függ a testi épségük. Minden évben 2011 – 2022 között a közúti balesetekben meghalt gyermekek több, mint 60%-a gépjármű utasa volt. [1]

A 2010 – 2022 közötti statisztikákat vizsgálva meglepőnek mondható, hogy mekkora arányban okoznak baleseteket 15 év alatti gyermekek. A 2. ábrán látható, hogy a vizsgált 13 évben az egyes baleset kimenetelek esetében milyen arányban voltak résztvevők és okozók a gyermekek. Az adatok alapján valóban látható, hogy az okozói arányok a 15 év alatti személyek közúti baleseteiben meglehetősen magasak. A halálos balesetek esetében az okozók aránya 16%, a súlyos sérülések esetében 37%, és a könnyű sérülések esetében 19%. Összességében nézve a gyermekek a balesetek 22%-át okozták. Ez a magas okozói arány aggodalomra ad okot, mert azt jelenti, hogy a gyerekek veszélyeztetik saját biztonságukat és másokét is a közúti közlekedésben. Ez lehet következménye a helytelen viselkedésnek, a figyelmetlenségnek, a szabálytalanságoknak vagy más hanyag cselekedeteknek. [5]

Készítette: Maráczai Rodrigó Dávid

Forrás: <https://webbal.kozut.hu/> (2023.06.16.)



2. ábra: Közúti balesetek kimenetele a 15 év alatti személyek esetében 2010 – 2022 között [eset]

A 15 év alatti személyek által okozott balesetek kimeneteleit 2010 – 2022 között az 1. táblázat mutatja be. Az adatokból kiolvasható, hogy az évek során csökkenés tapasztalható, amely pozitív fejleménynek tekinthető a közlekedésbiztonság tekintetében. Ennek oka lehet a közlekedésoktatás és/vagy a közlekedésbiztonsági rendszerek hatékonysága.

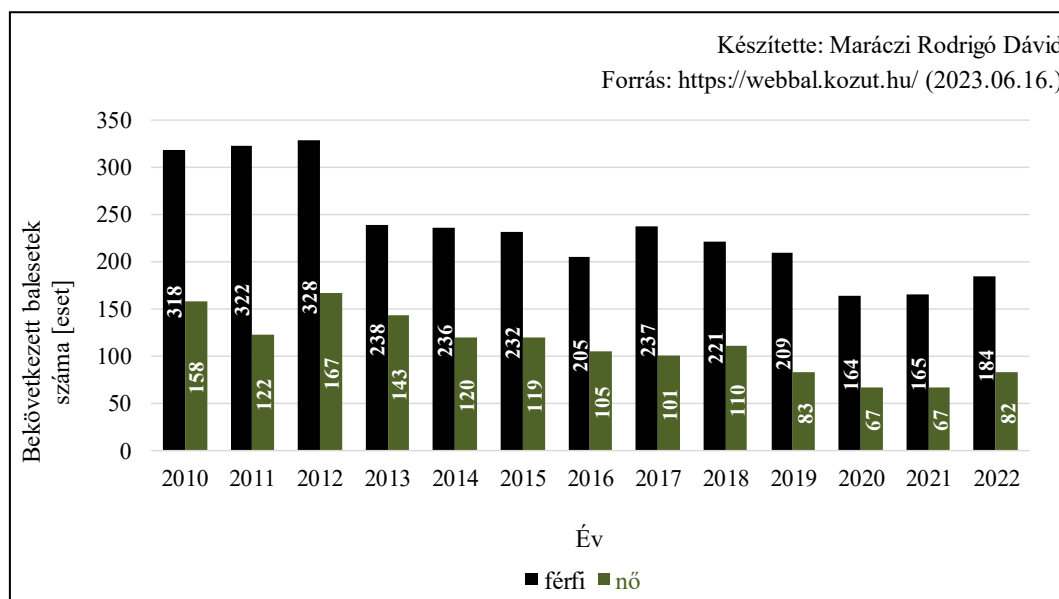
1. táblázat: A 15 év alatti személyek által okozott balesetek kimenetele

Készítette: Maráczai Rodrigó Dávid					
Forrás: <a href="https://webbal.kozut.hu/">https://webbal.kozut.hu/</a> (2023.06.16.)					
Év	Baleset kimenetele	fő	Év	Baleset kimenetele	fő
2011	meghalt	0	2017	meghalt	1
	súlyosan sérült	81		súlyosan sérült	60
	könnyen sérült	343		könnyen sérült	260
	nem sérült	20		nem sérült	17
2012	meghalt	7	2018	meghalt	1
	súlyosan sérült	106		súlyosan sérült	59
	könnyen sérült	348		könnyen sérült	246
	nem sérült	34		nem sérült	25
2013	meghalt	1	2019	meghalt	3
	súlyosan sérült	81		súlyosan sérült	63
	könnyen sérült	280		könnyen sérült	213
	nem sérült	20		nem sérült	13
2014	meghalt	1	2020	meghalt	1
	súlyosan sérült	61		súlyosan sérült	40
	könnyen sérült	264		könnyen sérült	174
	nem sérült	30		nem sérült	17
2015	meghalt	0	2021	meghalt	1
	súlyosan sérült	81		súlyosan sérült	56
	könnyen sérült	253		könnyen sérült	162
	nem sérült	17		nem sérült	13
2016	meghalt	0	2022	meghalt	1
	súlyosan sérült	66		súlyosan sérült	43
	könnyen sérült	227		könnyen sérült	198
	nem sérült	17		nem sérült	24

A baleseti adatokat jobban megvizsgálva észrevettük, hogy évente közel kétszer több a balesetet okozott 15 év alatti férfi, mint nő. Ennek a pontos alakulását a 3. ábra mutatja be.

Ennek több oka is lehet, amelyek a nemek közötti érettségbeli különbségekből eredhetnek. Ezek az eltérések óvodáskorban és kisiskoláskorban nem szembetűnőek. Igazán nagy változást a serdülőkor hoz,

mely során a lányok akár több évvel is megelőzhetik a fiúkat. A kamaszok számára nagy nehézséget okoz a döntéshozatal társaik jelenlétében. A barátoknak való túlzott megfelelni akarás mellett a kamaszkort a kicsapongás, a szenvedély, a lobbanékonyság, a felnőttekkel szembeni engedetlenség is jellemzi. [6]



3. ábra: 15 év alatti személyek miatt bekövetkezett balesetek alakulása

A baleseti statisztikákból is jól látszik, hogy a gyermekek nagyon nagy veszélynek vannak kitéve a közlekedés során. A baj egy pillanat alatt váratlanul is bekövetkezhet. Sokszor halljuk szülők, nagyszülők szájából, hogy „Vigyázz magadra!”, „Jól nézz körül!”. A gyerekek számára azonban ez kevés ahhoz, hogy biztonságosan közlekedjenek. Meghatározó tényezők az életkori sajátosságok és a pszichológiai adottságok. Emellett fontos tudni, hogy a gyermekek számára a világ teljesen más képet ölt, mint a felnőttek számára. Figyelmük még könnyen elterelhető, a hangforrás lokalizálása bizonytalan, vagyis a közeledő jármű hangját hallják, de nehezen állapítják meg, hogy az melyik irányból jön. A távol lévő járművet kicsinek érzékelik, s azt nem tudják felmérni, hogy mekkora sebességgel közlekedik, valamint mennyi idő alatt ér el addig a pontig, amelyen ők tartózkodnak. Természetesen a kor előrehaladtával ezek a tényezők változnak, azonban a gyermekek veszélyérzékenységét a későbbiek során sem szabad túlbecsülni. [7] A kicsik számára az elsődleges követendő példa a szülő. [8] Sajnos a rossz példát is követik. Sokan nincsenek tudatában annak, hogy milyen veszélynek teszik ki a gyermeküket például akkor, amikor a gyalogátkelőhelyen körültekintés nélkül kelnek át, vagy a már villogó zöld jelzéskor indulnak el. Ahhoz, hogy a balesetek elkerülése minél hatékonyabb legyen, a szülőknek már kisgyermekkorban el kell kezdeni a biztonságos közlekedésre nevelést. A legcélravezetőbb módszer a valós helyzetekben történő folyamatos gyakorlás. [7]

A 15 év alatti személyek közúti balesetekben betöltött magas okozói aránya azt mutatja, hogy sürgős intézkedésekre van szükség a közlekedésbiztonság javítása érdekében, különösen a gyerekek közlekedésével kapcsolatban. Fontos, hogy a közlekedésoktatás fókuszáljon a gyerekek közlekedési ismereteinek és készségeinek fejlesztésére, valamint a felelős és biztonságos közlekedési magatartásra. Emellett szükség van a szülők, pedagógusok összefogására és aktív részvételére is. Az ő szerepük fontos abban, hogy jó példát mutassanak, támogassák és felhívják a figyelmet a közlekedésbiztonság fontosságára. A cél az, hogy csökkentsük az okozói arányokat a gyerekek közúti baleseteiben. Ez hosszú távú munkát igényel, beleértve a hatékony közlekedésoktatást, a szigorúbb közlekedési szabályozásokat és az infrastrukturális fejlesztéseket is. A 15 év alatti férfiak által okozott balesetek száma is csökkenhet az oktatás hatékonyságának növelésével.

## 2. A diákok valós közlekedési ismeretei

Egy Fejér vármegyei település általános iskolájában 2023. június 6. és 9. között általunk összeállított tesztet töltöttünk ki az intézmény 2-8. évfolyamos tanulóival. A feladatlapot 129 diák töltötte ki. A kérdéseken keresztül megvizsgáltuk a nebulók ismereteit a következő témákban: jelzőtáblák felismerése, kerékpáros szituációk, kerékpár kötelező felszerelése, segélyhívás, saját élmények.

A jelzőtáblák megnevezésénél a gyerekek sok esetben pontatlan vagy súlyosan téves válaszokat adtak, amelyek közül kiemeljük a leggyakoribb válaszokat:

- “Elsőbbségadás kötelező” jelzőtábla helyett a “Behajtani tilos”;
- “Kerékpárút” jelzőtábla helyett “Biciklitároló”;
- “Mindkét irányból behajtani tilos” jelzőtábla helyett “STOP”, illetve “Nem adhatsz elsőbbséget”

A jelzőtáblákat már a 2. évfolyamtól kezdve mindenkinek tanulnia kellett volna, azonban a 129 diák csupán 45%-ban adott helyes választ a feladatra. Az 5. évfolyamosok teljesítettek a legrosszabbul ebben a feladatban (míg a 2. évfolyamosok nagyobb arányban adtak helyes válaszokat), csupán 33%-ban ismerték fel az egyes táblaképeket.

A 2. és 3. kérdésben a kerékpáros elsőbbségadást helyeztük a középpontba, melyeket 1-1 szituációt ábrázoló képpel illusztráltunk, melyeket az Abelovszky Tamás és Berta Tamás által írt Közlekedő kisokos munkafüzetből használtunk fel. Az ábrák a következők voltak:



4. ábra: Tesztben felhasznált kerékpáros szituációk

A diákok többsége tudta, hogy ki ad elsőbbséget és kinek, de az indoklásuk, hogy miért, az kevés esetben volt megfelelő. Számszerűsítve a jobbkéz szabály esetében a kitöltők 52%-a (67 diák) meg tudta nevezni kinek van elsőbbsége, azonban csak 13%-a (17 diák) tudta megindokolni, miért. A kerékpáros átvezetésnél a gyerekek 47%-a (60 diák) adott helyes választ, hogy kinek kell elsőbbséget adnia, azonban csupán 18%-uk (23 diák) indokolta meg helyesen.

A kerékpár kötelező felszereléseit átlagosan 58%-ban nevezték meg helyesen. A teszt ezen feladatához egy képről kellett felismerniük az egyes részeit a kerékpárnak, melyet szintén a Közlekedő kisokos munkafüzetből használtunk fel. Az alábbi eszközöket kellett felismerniük: fék, kormány szerkezet, első lámpa, hátsó lámpa, első prizma, hátsó prizma, küllőprizma, csengő. A legkevésbé ismert felszerelés a prizma volt, 43%-ban adtak helyes választ.

A teszt során megkérdezésre került az általános segélyhívószám, melyre a kitöltők 90%-a (116 diák) helyesen tudta a választ. Az alsóbb évfolyamokon a helyes válasz mellett/hiányával megjelent a „911” is, amelyet valószínűleg filmek során hallhattak és jegyezhetek meg.

A teszt során megkérdeztük a gyerekeket, hogy láttak-e már közlekedési balesetet, vagy voltak-e résztvevői. Meglepő módon a diákok 64%-a (82 diák) már látott, míg 11%-a (14 diák) részese volt közlekedési balesetnek.

Az utolsó kérdésnél arra voltunk kíváncsiak kitől tanulnak legtöbbet a közlekedésről, kít tekintenek követendő példának. A diákok 67%-a (86 diák) említette a szülőjét és 27%-a (34 diák) a pedagógusát. Ebből is jól kivehető, hogy a szülőknek nagy felelőssége van a gyermekek közlekedési szokásainak kialakulásában.

### 3. Közlekedésoktatás az általános iskolában [9, 10, 11]

A 2020-as Nemzeti Alaptanterv alapján a technika és tervezés tantárgy keretében kerül oktatásra a közlekedés témaköre. A tantárgy középpontjában a problémamegoldó gondolkodás, valamint a saját tapasztalás útján szerzett ismeretszerzés áll. A Nemzeti Alaptantervben rögzített kulcskompetenciák közül leginkább a kommunikációs, a digitális, a matematikai, gondolkodási, a személyes és társas kapcsolati, illetve a kreativitás, a kreatív alkotás, önkifejezés és kulturális tudatosság kompetenciákat fejleszti.

Kutatásunk során megvizsgáltuk az általános iskolások számára kifejlesztett technika és tervezés kerettanterveket.

#### 3.1 Közlekedés témaköre az 1-2. évfolyamon

A kerettantervben előírt éves óraszám évfolyamonként 34, mely heti 1 tanórát jelent. Ebből a közlekedés témakörére előírt óraszám 3.

Az érintett témák, tanórák címe 1. évfolyamon:

1. *Veszélyes helyzetek a közlekedésben*
2. *Tanulmányi kirándulás, közlekedési helyzetek megfigyelése*
3. *Jelek, jelzések a közlekedésben*

Az érintett témák, tanórák címe 2. évfolyamon:

1. *Jelzőtáblák*
2. *A gyalogos és kerékpáros közlekedés szabályai*
3. *Közlekedési eszközök*

A kerettantervben megjelölt főbb fejlesztési célok és feladatok, javasolt tevékenységek: a gyermekek ismerjék a közlekedésben saját felelősségüket. Alakuljon ki szabálykövető magatartásuk a közlekedési szabályok, jelzések, jelzőtáblák megismerése által, különös tekintettel a gyalogos közlekedésre. A szabályos viselkedés mellett a szabálytalan viselkedés megfigyelése és elemzése tankönyvi példákon keresztül, majd tanulmányi séta során. Tömegközlekedési eszközök megismerése, az azokon történő utazás során betartandó udvariassági és biztonsági szabályok megismerése és alkalmazása.

#### 3.2 Közlekedés témaköre a 3-4. évfolyamon

A kerettantervben előírt éves óraszám évfolyamonként 34, mely heti 1 tanórát jelent. Ebből a közlekedés témakörére előírt óraszám 3. évfolyamon 2 tanóra, 4. évfolyamon 4 tanóra.

Az érintett témák, tanórák címe 3. évfolyamon:

1. *Társasjáték készítése a közlekedési ismeretek felhasználásával*
2. *Közlekedési szabályok és helyzetek a gyakorlatban*

Az érintett témák, tanórák címe 4. évfolyamon:

1. *Közlekedés és környezet*
2. *A közlekedést segítő jelzések*
3. *A közösségi közlekedés*
4. *Közlekedés kerékpárral*

A kerettantervben megjelölt főbb fejlesztési célok és feladatok, javasolt tevékenységek: a tömegközlekedés során alkalmazott udvariassági és biztonsági szabályok és szokások megszilárdítása. A gyalogos és kerékpáros közlekedési szabályok megszilárdítása. Közlekedési eszközök megismerése, környezettudatos használatuk. A közlekedési balesetek lehetséges okainak felismerése és megelőzése, a veszélyérzet kialakítása. Figyelem és elővigyázatosság fejlesztése. Az úttest részei, valamint az útburkolati jelek megismerése. Kerékpárút helyes használata. Társasjáték és terepasztal készítése a tanult ismeretek elmélyítéséhez.

#### 3.3 Közlekedés témaköre az 5-6. évfolyamon

A kerettantervben előírt éves óraszám évfolyamonként 34, mely heti 1 tanórát jelent. Ebből a közlekedés témakörére előírt óraszám 5. évfolyamon 4 tanóra, 6. évfolyamon 2 tanóra.

Az érintett témák, tanórák címe 5. évfolyamon:

1. *A szárazföldi közlekedés*

2. *Gyalogos közlekedés*
3. *Közlekedési helyzetek, közlekedésbiztonság*
4. *Lakó-pihenő övezet*
5. *A településmakett úthálózatának befejezése*

Az érintett témák, tanórák címe 6. évfolyamon:

1. *Kerékpárral az iskolába*
2. *Közlekedéstörténet*

A kerettantervben megjelölt főbb fejlesztési célok és feladatok, javasolt tevékenységek: a városi és a közúti közlekedés rendszereinek megismerése. A közlekedési hálózatok szerepének, fontosságának felismerése a település lakóinak életminőségében. A közlekedés infrastruktúrájának modellezése településmaketten. Biztonságos kerékpáros közlekedés szabályainak megszilárdítása, alkalmazása. Környezettudatos magatartás erősítése korszerű környezetkímélő közlekedéstechnikai eljárások megismerésével. Közlekedéssel kapcsolatos szakmák megismerése.

#### **3.4 Közlekedés témaköre a 7. évfolyamon**

A kerettantervben előírt éves óraszám 34, mely heti 1 tanórát jelent. Ebből a közlekedés és közlekedési rendszerek témakörére előírt óraszám 6 tanóra.

Az érintett témák, tanórák címe:

1. *A közlekedés szerepe a mindennapokban*
2. *Útvonaltervezés*
3. *Utak, alul- és felüljárók*
4. *Hidak*
5. *A közlekedési eszközök és a közlekedés jövője*

A kerettantervben megjelölt főbb fejlesztési célok és feladatok, javasolt tevékenységek: közlekedés a településen és települések között. Közösségi közlekedés. Települések közlekedési infrastruktúrájának tanulmányozása. Információk gyűjtése, valamint megosztása a saját település, lakókörnyezet úthálózatáról, tömegközlekedéséről. Az ott élők életmódjára gyakorolt hatásainak felismerése. A személy- és teherszállítás történetének, valamint a közlekedési infrastruktúra fejlődésének megismerése. Statisztikai adatok, táblázatok, diagramok elemzése alapján véleményformálás a közlekedési hálózatok szerepéről, a személy- és teherszállítás jelentőségéről. A közlekedési eszközök által okozott, a környezetet terhelő, illetve az egészséget károsító hatások megfigyelése esettanulmányokon keresztül. Híd- vagy felüljárómodell építése önálló tervek alapján. Az elkészült modellek vizsgálata terhelési próbával.

A kerettanterv által javasolt feladatok, tevékenységek komplexek, változatosak, gyakorlatiasok, érdekesek. Az ismeretnyújtás leginkább játékos formában (terepasztal-készítés, közlekedési társasjáték összeállítása), valamint tevékenykedtetés útján (kerékpárvezetési-gyakorlatok, tanulmányi séták, közlekedés megfigyelése) történik. [10, 11] Mi lehet az oka annak, hogy az általunk kitöltött tesztek mégis azt mutatják, hogy a tanulók tudásának megszilárdításához ez kevés?

Az új ismeretek megszerzése még nem jelenti azok megfelelő szintű elmélyítését, a tanultak emlékezetbe vésését, elraktározását, szükség esetén előhívását és gyakorlatban történő alkalmazását. [12] Ahhoz, hogy a szerzett tudás bevésődjön, valamint biztossá váljon, az évenkénti csekély számú tanórán történő felelevenítés nem elegendő. Fontos és szükségszerű, hogy a folyamatos gyakorlásra és az életszerű használatra is sor kerüljön.

#### **4. Közlekedésoktatás helye a pedagógusképzésben**

A közlekedésoktatásnak fontos helye van a pedagógusképzésben, mivel a leendő tanítóknak és tanároknak alapvető ismeretekkel kell rendelkezniük a közlekedés terén. Ha hiányoznak ezek az ismeretek, fennáll annak a kockázata, hogy téves információkat adnak át a diákoknak, vagy bizonytalanságuk miatt nem tudnak kellő hatékonysággal oktatni.

Az egyetemeken, főiskolákon való közlekedésoktatás lehetőséget ad a pedagógusjelölteknek arra, hogy megismerjék a közlekedésbiztonsági szabályokat, a helyes viselkedést a közúti környezetben és az

általános közlekedési ismereteket. Ezáltal felkészültebbek lesznek a közlekedésoktatásra, és képesek lesznek átadni ezeket az ismereteket a diákoknak.

Fontos kiemelni, hogy a fiúk és lányok közlekedési szokásai különbözhetnek, és ez befolyásolhatja a baleseti kockázatot is. Az oktatás során érdemes kitérni erre a tényre, és megtanítani a pedagógusjelölteknek, hogy mire kell odafigyelni a nemek közötti különbségek tekintetében. Például, hogy a fiúk esetében gyakrabban előfordulhatnak bizonyos kockázatos viselkedésformák, amelyek növelhetik a balesetek esélyét. Ennek megfelelően fontos hangsúlyt helyezni a tudatos és felelősségteljes közlekedési szokások kialakítására mind a fiúk, mind a lányok esetében.

A tanítóképzést 16 felsőoktatási intézményben lehet elvégezni Magyarországon. [13] Az egyes intézmények tematikáit végig olvasva azt tapasztaljuk, hogy a legtöbb esetben nem kerül említésre egyetlen tantárgy esetében sem a közlekedésoktatás vagy annak fontossága. A 16 oktatási intézmény közül kiemelendő a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem képzése, ahol a Közlekedési ismeretek című szabadon választható tantárgy kereteiben részletesen érintenek több témát is, mint például a közlekedéspedagógiát, közlekedéstörténetet, közlekedési környezettant. Erről az egyetem egy tanúsítványt is kiállít, mellyel igazolni lehet a hallgatók alkalmasságát az oktatásra. A tantárgy felelőse, Velnér András megkeresésünkre a következőképp fogalmazott a közlekedésoktatás fontosságáról a képzés során: *„A tanítók is, és minden köznevelési szakember felelős a gyermekek közlekedési környezetben való tudatos magatartásáért. Ez a felelősség ugyan megoszlik a család, a pedagógus és a közlekedési szakemberek között, de általában is a tudatos életkori sajátosságoknak megfelelő közlekedésképesség kialakítása, és a pedagógusok gondjaikra bízott gyermekek megóvása ilyen felelősség, és ezért része a hivatásnak.”*

## 5. Lehetséges alternatívák

Mindenekelőtt a legfontosabb az, hogy a pedagógusképzés során megfelelő hangsúlyt kapjon a közlekedésbiztonság. A Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Közlekedési ismeretek című tantárgya példaértékű hazai viszonylatban, hiszen a kurzus során megtanulják a leendő pedagógusok a saját felelősségüket a gyermekek közlekedési környezetben való tudatos magatartásáért. Fontosnak tartjuk, hogy a tanítók és tanárok ráeszméljenek és belássák, hogy nekik is fontos szerepük van a biztonságos közlekedésre való nevelésben. A már pályán lévő pedagógusok esetében a legegyszerűbben ezt továbbképzési lehetőségek biztosításával lehet elérni, akár kötelező jelleggel. Ez csak akkor lenne hatékony, ha az előadás tematikáját több szakág szakembere állítaná össze és oktatná.

Mivel az oktatási intézmény és a család a gyermekek nevelésében szorosan együttműködik, ezért a szülők felelősségéről sem szabad megfeledkezni. [14] A pedagógusok a megfelelő fórumokon (pl. szülői értekezlet, fogadóórák) tudják hangsúlyozni ennek fontosságát. A szülők a gyermekeik tényleges tudásával az iskolákban szervezett nyílt órákon szembesülhetnek. A legmegfelelőbb módja ennek az lenne, ha a diákok gyakorlati feladatmegoldásokkal mutatnák be jártasságukat.

A gyermekek számára létesített KRESZ-pálya nagyban segíti a pedagógusok gyakorlati oktatását, azonban kevés iskola közelében található. A tanpályák hiánya azonban könnyen kiküszöbölhető például azzal, hogy a pedagógusok és a gyermekek közösen készítenek közlekedési jelzőtáblákat kartonból, majd a közlekedési szerepeket egymás között felosztva különböző szituációk során gyakorolják az elméletben már megismert szabályokat. Az ismeretek mellé némi rutint, tapasztalatot is szerezhetnének. Sok hasznos tudás sajátítható el tanulmányi séták, valamint kirándulások során is, ha a közlekedésben látott helyzeteket a pedagógus előzetesen megadott szempontjai alapján a tanulók megfigyelik, rögzítik, majd a pedagógussal közösen elemzik.

Az oktatási intézmények szervezhetnek közlekedési szakköröket, amelyek során a gyermekek a tanórákon felül további ismereteket szerezhetnek. Ennek előnye, hogy a diákok jobban elmélyülhetnek a témában, több gyakorlati feladatot imitálhatnak és elemezhetnek. A pedagógusoknak több idejük van a kérdések megválaszolására és a problémaközpontú megközelítésre. Nagyobb figyelemmel tudják végig kísérni a diákok fejlődését, esetleges lemaradását. A pedagógusok számára visszajelzést is nyújt a szakkör, hiszen a foglalkozáson tapasztalt tipikus hibákat, illetve veszélyt előidéző magatartási formákat a szakkörön nem résztvevő gyermekekkel is megoszthatja és analizálhatja. Kihívást jelenthet azonban a nebulók érdeklődésének felkeltése, és annak fenntartása egész tanéven át. További

problémaként jelenhet meg, hogy ezek a szakkörök csak korlátozott létszámmal látogathatóak a hatékonyság elérése érdekében. A foglalkozások tökéletes szinterei a közlekedési versenyek népszerűsítésének és azokra való felkészítésnek.

Az iskolák a szakkörökön kívül tarthatnak szakmai napokat, amelyek alkalmával a biztonságos közlekedést helyezhetik a figyelem középpontjába. Ezeken a napokon a helyi hatóságokkal és/vagy civil szervezetekkel kooperálva játékos feladatokkal, esettanulmányok elemzésével és bemutatókkal világíthatnak rá a biztonságos közlekedés fontosságára. Jó kezdeményezésnek véljük a szülők bevonását ezen alkalmak esetében.

Összegezve az oktatási intézmények és a pedagógusok legfontosabb szerepe a közlekedésoktatásban a figyelemfelhívás és a megfelelő ismeretek oktatása.

## **Konklúzió**

Kutatásunk során baleseti statisztikákkal indokoltuk a közlekedésoktatás fontosságát. Megvizsgáltuk az európai és hazai közlekedési baleseteket, amelyek a 15 év alatti személyeket érinti. Európai viszonylatban Magyarországon kevesebben halnak meg, mint az Európai Unió 27 tagállamának átlaga. A statisztikák alapján Svédország a követendő példa, hiszen ott a legkisebb a halálozási ráta. Ennek egyik oka lehet a szigorúbb és sokrétűbb közlekedésoktatás. A baleseti adatok alapján kijelenthető, hogy hazai viszonylatban a 15 év alatti személyek okozói szerepe a balesetekben magas, amely szorosan összefüggésbe hozható a közlekedésoktatás minőségével. Felhívtuk a figyelmet arra, hogy a gyermekek esetében feltűnően magas a férfiak által okozott balesetek aránya, mint a nőké. Ez a probléma a nemek közötti érettségbeli különbségekből eredhet.

Összeállítottunk egy tesztet, amelyet 2-8. évfolyamos diákokkal töltettünk ki, és az eredményeket ismertettük. Megállapítottuk, hogy a diákok közlekedési ismeretei komoly hiányossággal rendelkeznek. A jelzőtáblákat sok esetben pontatlanul vagy helytelenül nevezték meg. A szituációs feladatoknál több esetben helyesen alakították ki az elsőbbségi sorrendet, azonban a helytelen indoklás miatt nem kizárható, hogy véletlenszerűen tippelték a megoldást. A diákok a válaszaik alapján a szüleiktől tanulnak a legtöbbet, ezzel is alátámasztva azt a tézisémet, hogy ők az elsődleges példa számukra. Kiemelendő továbbá, hogy a tesztet kitöltők 64%-a már látott, míg 11%-a részese volt közlekedési balesetnek.

Felhívtuk a figyelmet a pedagógusképzés hiányosságára, mivel a felsőoktatásban résztvevő hallgatók nem kapnak megfelelő ismereteket a közlekedésoktatásról. Ez azért probléma, mivel ez a fajta képzés többek között lehetőséget ad a pedagógusjelölteknek arra, hogy megismerjék a közlekedésbiztonsági szabályokat, a helyes viselkedési normákat a közúti környezetben. Ezeknek az ismereteknek a birtokában felkészültebbek lesznek a közlekedésoktatásra, és képesek lesznek átadni ezeket az ismereteket a diákoknak. Kiemeltük a hazai 16 felsőoktatási intézmény közül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetemet, ahol egy szabadon választható tantárgy keretein belül részletesen megkapják a szükséges ismereteket a hallgatók.

A 15 év alatti személyek közlekedésbiztonságát a legegyszerűbb módon a közlekedésoktatás minőségének javításával lehet elérni. A közoktatási intézmények valamilyen szinten szabályozhatóak, ezért az általunk meghatározott lehetséges alternatívák hozzájuk köthetőek. A megfelelő közlekedésoktatás a közlekedésbiztonságot érdemben növeli, azonban több pozitív hatása is van mellette. Említésre került, hogy a közlekedésoktatásnak a közlekedési ismereteken felül a gyermekek készségeire és attitűdjére is egyaránt hangsúlyt kell fektetnie. Mindez a gyermekek függetlenségét növeli, amely a forgalom áramlására is hatást gyakorol. Ennek okán a gyermekek tudnak és mernek egyedül közlekedni, a szülőknek már nem muszáj személygépjárművel közlekedtetniük őket. A közösségi közlekedés és az alternatív egyéni közlekedési eszközök népszerűbbé válnak. A megfelelő közlekedésoktatás során a diákok megismerik a környezetbarát közlekedési módokat, amellyel hozzájárulhatnak a fenntartható életmód kialakításához. Az oktatás során van lehetőség csoportos tevékenységekre, amely az osztályközösséget érdemben erősítheti.

## Irodalomjegyzék

- [1] Ötvös V., Barna É., Krizsik N., Kelemen-Winkler N.: „Közlekedésre felkészítés az óvodákban”, *Közlekedéstudományi szemle* (72)3, o. 42-51. 2022
- [2] Cahill, M., Ruben, T., Winn, S. "Children and transport: travel patterns, attitudes and leisure activities of children in the Brighton area", Health and Social Policy Research Centre, Report, 1996
- [3] <https://ec.europa.eu/eurostat> (2023.06.27.)
- [4] <https://www.uppsala.se/kampanjsidor/europeiska-mobilitetsveckan/> (2023.07.03.)
- [5] <https://webbal.kozut.hu/> (2023.06.16.)
- [6] T. Armstrong: *Tényleg ADHD-s a gyerekek?*, Jaffa Kiadó, Budapest, 2018.
- [7] <http://leleszpolice.blogspot.com/2009/11/gyermekek-kozlekedesben.html> (2023. 07. 05.)
- [8] Herczog M. (2011): Fejlődés a környezetben: család, intézmény, társadalom. In. *Biztos kezdet I. kötet – A génektől a társadalomig.* 470-521
- [9] Nemzeti Alaptanterv, 2022
- [10] Kerettanterv az általános iskola 1-4. évfolyamára  
[https://www.oktatas.hu/kozneveles/kerettantervek/2020\\_nat/kerettanterv\\_alt\\_isk\\_1\\_4\\_evf](https://www.oktatas.hu/kozneveles/kerettantervek/2020_nat/kerettanterv_alt_isk_1_4_evf)  
(2023.07.06.)
- [11] Kerettanterv az általános iskola 5-8. évfolyamára  
[https://www.oktatas.hu/kozneveles/kerettantervek/2020\\_nat/kerettanterv\\_alt\\_isk\\_5\\_8](https://www.oktatas.hu/kozneveles/kerettantervek/2020_nat/kerettanterv_alt_isk_5_8)  
(2023.07.06.)
- [12] Zrinszky L.: *Tájékozódás, tanulás, tudás*, Urbis Kiadó, Budapest, 2007.
- [13] [https://www.felvi.hu/felveteli/szakok\\_kepzesek/szakleirasok/Szakleirasok/index.php/szak/97/kepzest\\_indito\\_intezmenyek](https://www.felvi.hu/felveteli/szakok_kepzesek/szakleirasok/Szakleirasok/index.php/szak/97/kepzest_indito_intezmenyek) (2023.07.03.)
- [14] Neményi E., Herczog M. (2011): Korai nevelés szinterei: család és intézményes gyermeknevelés. In. *Biztos kezdet I. kötet – A génektől a társadalomig.* 420-469

# A blokklánc technológia, mint a vasúti biztonság új eleme / Blockchain technology as a new element of railway safety

**Horváth Marcell Andor**

Széchenyi István Egyetem  
h.marcellandor@gmail.com

**Kivonat:** Az informatikai fejlődés a vasúti közlekedési alágazatban egyre inkább előtérbe hozza a digitális technológiák alkalmazását. Nincs ez másként a vasúti biztonság területén sem. A korszerű biztosítóberendezések ma már elektronikai úton kommunikálnak egymással, illetve a jegyértékesítés területén is a digitális platformok törnek előre. Ezen technológiák alkalmazása rendkívüli előnyöket rejtnek magukban, ugyanakkor veszélyeket is hordoznak. Ezért szükséges a technológiák megfelelő védelmét kialakítani. A blokklánc technológia jelen tudásunk szerint képes megfelelő védelmi szintet nyújtani a vasúti digitális adatátvitel számára, így nagymértékben hozzájárulhat az alágazat közlekedési és védelmi biztonsági szintjének emeléséhez. A cikk bemutatja a blokklánc technológia vasúti védelmi területen történő alkalmazhatóságát.

**Abstract:** IT developments in the rail transport sub-sector are increasingly bringing digital technologies to the fore. This is no different in the field of railway safety. Modern signalling equipment now communicates electronically and digital platforms are also making inroads in ticketing. The use of these technologies brings enormous benefits, but also risks. It is therefore necessary to ensure that these technologies are properly protected. To the best of our knowledge, blockchain technology can provide an adequate level of protection for digital railway data transmission, and can therefore make a major contribution to increasing the level of transport safety and security. This paper presents the applicability of blockchain technology in the field of railway security.

*Kulcsszavak: blokklánc technológia; digitalizáció; közlekedésbiztonság; biztosítóberendezések; elektronikus adatsere*

*Keywords: blockchain technology; digitalisation; traffic safety; safety devices; electronic data interchange*

## Bevezetés

Az informatikai fejlődés ma már szinte megállíthatatlanul tör előre életünk minden területén. Természetesen nincs ez másként a közlekedés ágazatában sem. Ugyanakkor elmondható az is, hogy az egyre nagyobb informatikai kitettség miatt nagyon fontos a rendszerek biztonságos használata, illetve ezek védelme az esetleges külső behatásoktól, rosszindulatú támadásoktól.

A vasúti alágazat sem lehet kivétel ezekben az új technológiákban, fontos, hogy versenyképes maradjon más közlekedési ágazatokkal. Mivel a korszerű berendezések már a vasúton is elektronikus formában kommunikálnak egymással, a jegyeladás jelentős része is ilyen platformokon zajlik, így elengedhetetlen ezek védelme.

Manapság már egy adatalapú világban élünk, ahol rengeteg adat keletkezik és kerül továbbításra, folyamatos az információk áramlása, azonban ezek megfelelő védelme, hitelessége sokszor megkérdőjelezhető. Jelen tudásunk szerint a blokklánc technológia képes lehet a megfelelő rendszerszintű biztonság nyújtására, ugyanakkor nagymértékben hozzájárulhat a közlekedésbiztonsági szint növeléséhez. Gondoljunk csak a zárt hálózaton működő Train à Grande Vitesse-re (TGV). Több mint 30 éves működésük óta a dedikált Ligne à Grande Vitesse (LGV) pályákon mindösszesen 4 baleset történt. A budapesti M4-es metró is jó példa lehet, hiszen teljesen zárt rendszerben működik, önvezető járművekkel, melyen a közel 10 éves működés óta nem volt rendszerhibából adódó baleset. A jelenlegi vasúti rendszerekben túl nagy szerep jut az emberi beavatkozásoknak. Tévesen értelmezett információk esetén rossz utasítás kerül kiadásra, amely akár végzetes kimenetelű lehet, itt gondolhatunk akár a szembemenesztésre, ahol a téves visszajelentés miatt két vonat ugyanazon a vágányon halad egymással szemben. Ilyen esetekben a pontos és helyes információ megléte rendkívül fontos, ellenőrzése kritikus lehet. Hasonlóan kritikus még a biztonság szempontjából a váltók állásáról kapott információ is. Az

ehhez hasonló esetek a modern informatikai rendszerek és a blokklánc használatával kiküszöbölhetőek lennének.

Látható, hogy számtalan előnye lehet ennek a technológiának, akár olyan is, amire ma még nem is gondolnánk. Ilyen lehet a valós idejű, pontos adatszolgáltatás, vágányfoglaltsági adatok, okosszerződések, vagy akár jegyvásárlás esetén kiküszöbölhető harmadik fél közbeiktatása a folyamatokba.

Nyilvánvaló, hogy ezen technológia alkalmazására alkalmassá kell tenni minden, a rendszerben megtalálható elemet, kezdve a legegyszerűbb jelzőtől, a kitérőkön át, egészen az ezeket működtető szerverekig. Ez komoly feladat, ugyanakkor elmondható, hogy ezzel olyan szinten gyorsíthatóak a folyamatok (információszerzés, kifizetések teljesülése, menetvonalak lefoglalása, kiutalása, vágányfoglaltság megfigyelése stb.), hogy a vasúti pályát üzemeltetők, az ezen közlekedő vasúti társaságok jelentős összegeket takaríthatnak meg a későbbi üzemelési költségeken, hiszen akár az ember is kiiktatható a folyamatból mesterséges intelligencia beépítésével. Ezzel nem csak például a bérköltségek csökkenthetőek, de az esetleges bekövetkező emberi hibák száma is közel nullára redukálódhatna, melyekkel nem csak pénzt takaríthatunk meg, de életeket is menthetünk.

Felvetésem szerint a blokklánc technológia használata jelentheti a jövőt a fenntarthatóbb, környezet- és utasbarátabb, hatékonyabb működési környezet kialakításában és ezek mellett nagy mértékben hozzájárulhat a biztonságos közlekedéshez a vasúti alágazatban.

Jelen cikkben bemutatom a blokklánc technológia nyújtotta előnyöket, milyen lehetőségek rejlenek ebben az ágazatban, kiemelve a vasút területén is alkalmazható megoldásokat, opciókat. Kitérek az okosszerződésekre, melyek az alapját fogják képezni a jövőben a teljes közlekedési ágazatnak is, nem csak a vasútnak. Elemzem, hogy milyen általános biztonsági kockázatok rejlenek a vasúti infrastruktúrában és a mindennapi működésben és ezek milyen módszerekkel szűrhetőek ki a blokklánc technológiának és a mesterséges intelligenciának köszönhetően.

## 1. A blokklánc technológia bemutatása

A blokklánc technológiát sokan a kriptovalutákon keresztül ismerték meg, amik valóban erre a technológiára épülnek, de a blokklánc technológia nyújtotta lehetőségek száma ennél sokkal jelentősebb. Erre a technológiára épülő rendszerek képesek megoldani a vállalatok, szervezetek egyik legégetőbb problémáját, azaz képesek a megosztott információk hitelességét és biztonságát garantálni a hálózatokon. [1] Elég akár egy banki tranzakcióra vagy állampolgári adatkezelésre, tárolásra gondolni, a blokklánc technológia az informatika minden területén komoly előnyöket kínál, illetve az egyre növekvő kiberbűnözés célpontjává válhatnak az informatikai rendszerek, melyek a blokklánc technológia használatával védhetőek lennének.

### 1.1 A blokklánc technológia meghatározása

Egyszerűen fogalmazva, a blokklánc digitális adatblokkok összekapcsolt hálózata, láncolata. Ezeknek a blokkoknak minden egyes eleme titkosítva van a tranzakciók során. Amint egy blokk átfutott egy ellenőrzésen és bekerült az adatláncba, onnantól kezdve már nem lehet módosítani rajta észrevétlenül. [1. ábra] Akár úgy is fogalmazhatunk, hogy a blokklánc egy megosztott, megváltoztathatatlan főkönyv, amely képes rögzíteni magától minden tranzakciót teljesen transzparens módon, hiszen az összes blokkban résztvevő számára látható, de fontos kiemelni, hogy a résztvevők sem tudják a láncot megváltoztatni önkényes módon.



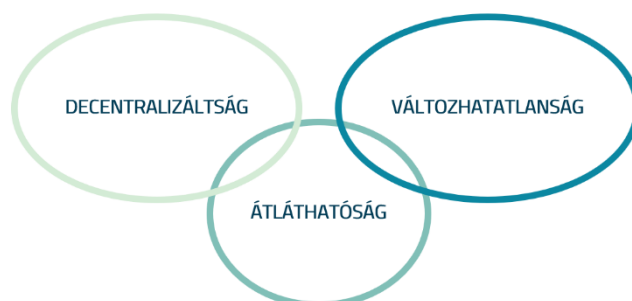
1. ábra: A blokklánc működésének alapelve (forrás: kriptolio.hu)

Egy blokk elem ellenőrzését több ezer számítógép ellenőrzi és végzi el a hitelesítését, mindezt az interneten keresztül. Ahogy fentebb is említettem, ilyenkor a blokk bekerül a láncba, mint egy egyedi felvétel, egyedi történelemmel. Amint egyetlen adatot is módosítunk (vagy akár hamisítunk), onnantól az egész láncot módosítjuk akár több millió példányban. [1]

Ilyen blokkokat mára már gyakorlatilag mindenféle eszközre létre tudunk hozni, azaz a nyomon követésük is megoldható lehet. Lehet ez materiális (autó, készpénz, ház, földbirtok stb.) vagy akár immateriális is (szerzői jog, márkajelzés stb.). [2] Elmondható, hogy bármilyen értéket képviselő „dolgat” nyomon tudunk követni, sőt akár kereskedni is tudunk vele egy blokklánc-hálózaton. Ez nem csak csökkenti a biztonsági kockázatot, de képes lehet a költségek csökkentésére is minden résztvevő számára.

## 1.2 A blokklánc technológia előnyei, elterjedésének okai

A tudás hatalom. Igaz ez az üzleti életre is, hiszen mára már az üzlet is az információ alapul. Minél gyorsabban és pontosabban jutunk hozzá a hiteles információhoz, annál jobb, hiszen így vagyunk képesek jó döntéseket hozni. A blokklánc ideális az információk átadására, mivel azonnali, megosztott és teljes mértékben transzparens módon biztosítja az adatátvitelt. Mivel a résztvevők egy egységes képet osztanak meg egymással, azaz egyféle igazság van, egy tranzakció elemét minden fél végig láthatja, ezáltal nagyobb bizalom és hatékonyság alakul ki, és új lehetőségeket is magában rejt.



2. ábra: A blokklánc három alappillére (forrás: saját szerkesztés)

A blokklánc technológiának három alappillére van. [2. ábra] Ezek a decentralizáltság, változhatatlanság és az átláthatóság. Ezek mind hozzájárultak ahhoz, hogy a technológia elterjedhessen. [3]

Kezdjük a decentralizáltsággal, mint első alappillérrel. Egy centrális hálózaton az adatokat mindösszesen egy helyen tároljuk. Ha szoftverfrissítés szükséges például a szerveren, akkor a teljes rendszert le kell állítani, ezalatt senki nem tud hozzáférni a rendszerhez, adatvesztés léphet fel, vagy akár információk hiányában rossz döntések születhetnek. Ha a szerver, ahol az adatokat tároljuk megsérül, akkor az adatok veszélybe kerülhetnek, ilyen lehet egy elektromos tűz, amely során elveszíthetünk minden fontos adatot örökre, hiszen nem tároltuk őket több helyen. Egy vállalat esetében ez katasztrofális lehet. Ezzel szemben a decentralizált rendszerben az adatokat több helyen tároljuk, illetve a hálózaton mindenki birtokában van az információnak. Ebben az esetben az információk folyamatosan rendelkezésre állnak, egy szoftverfrissítés vagy sérülés sem okoz kiesést, adatvesztést. Mivel a hálózat összes résztvevője hozzáfér a főkönyvhöz, ezért a tranzakciókat csak egyszer kell rögzíteni, kiküszöbölve a hagyományos megoldásokat, különösen a párhuzamos munkavégzést.

Második alappillér az átláthatóság. Nagyon fontos, hogy ezek a blokkláncok ugyan átláthatóak, de mégis a komplex titkosítási algoritmusok miatt jelentős adatvédelmet is biztosítanak. Minden résztvevő rendelkezik egy nyilvános címmel, melyet mindenki láthat, azonban a valódi személyazonossága a titkosításnak köszönhetően rejtve marad. Tehát a valós személyazonosság rejtve marad, mégis látható az egyén összes tranzakciója. Ha ismerjük például egy vállalat nyilvános címét, akkor az általa végrehajtott tranzakciók is láthatóvá válnak (pl.: „János küldött 1 Bitcoin-t” helyett csak ennyi lesz látható: „1MF1bhsFLkBzzz9vpFYEmvwT2TbyCt7NZJ” 1 Bitcoin-t küldött). Itt felmerülhet a kérdés, hogy szükséges-e minden tranzakciót nyilvánosságra hozni, hiszen lehetne közte vállalati titkok is (például munkabérek mértéke). Ugyanakkor állami tulajdonban lévő vállalatoknál előnyös lehet, hiszen bármikor számonkérhetővé válnak az állampolgárok részéről, hogy az adóforintokat mikor és mire költötték el.

Harmadik alappillér pedig a változhatatlanság, aminek a legfontosabb eleme az, hogy ha valami bekerült egyszer a blokkláncba, akkor azt nem lehet megmásítani. Itt válik különösen fontossá a titkosítás használata, erre használják a kriptográfiai hash függvényeket. Ezek olyan eljárások, amelyekkel bármilyen hosszúságú karakterláncot képesek vagyunk kezelni, viszont a függvény kimenete rögzített nagyságú lesz. Például a sokak által ismert Bitcoin SHA-256 titkosítást használ, azaz nem a teljes adathalmazt kezeli végül a rendszer, hanem csak 256 bitet. Ezek mellett itt kell megemlíteni a lavina-effektust, melynek értelmében a rendszerben okozott legkisebb változás a bemeneten (legyen az egy bit értékének átírása 0-ról 1-re) óriási változást hajt végre a kimeneten.

Vegyük példának az alábbi kódsort: 1000110110011. Ennek az SHA-1 algoritmussal generált eredménye ez lesz: cabb84975fdb100e9fca3e08105e1bd012e85c14. Most változtassunk meg benne egyetlen értéket: 0000110110011 (az első érték 1 helyett 0 lett). Ebben az esetben a generált érték már teljesen eltérő lesz az előzőtől: 40ddcf627f7a0e233f7733909366d4b965020abb. Nagyon jól látható, hogy egy minimális változtatást is milyen hatással van az algoritmusra. [4]

Röviden összefoglalva, az adat nem egyetlen jogalany tulajdonában van, ezért decentralizált a hálózat, az adatokat kriptográfiai úton tárolják benne, azaz minden eleme titkosítva van. A blokklánc megváltoztatatlan, tehát senki nem módosíthatja a blokkláncban tárolt információkat, adatokat. Mindezek mellett a blokklánc könnyen, jól átlátható, így az összes résztvevő, illetve szinte akárki nyomon követheti a benne tárolt adatokat. Ezek mind hozzájárultak az elterjedéséhez, sikeréhez.

## 2. Okosszerződések

Az okosszerződések egyszerűbb programok, melyeket a blokkláncon tárolhatunk. Ezek abban az esetben futnak le, amint az előre meghatározott feltételek teljesülnek. Többnyire akkor használhatóak ezek az okosszerződések, amikor egy megállapodás végrehajtását szeretnénk automatizálni. Ennek köszönhetően minden résztvevő biztos lehet a végeredményben, bármilyen közvetítő közreműködése vagy idővesztés nélkül. Az okosszerződések használatával akár egy teljes munkafolyamatot is automatizálhatunk, amint az egyik feltétel teljesül, az elindít egy másik folyamatot. [5]

Ezek az okosszerződések egyszerű „ha” szelekciók alapján működnek, melyek a blokklánc kódjába vannak írva. Számítógépek hálózata csak abban az esetben hatja végre a meghatározott műveleteket, ha az előre meghatározott feltételek teljesülnek és az ellenőrzésük is sikeresen lefutott. Ilyen műveletek lehetnek akár pénzügyi tranzakciók, értesítés küldése, jegyeladás stb. A tranzakciókat ebben az esetben sem lehet megváltoztatni, valamint csak azok láthatják az eredményét, akik engedélyt kaptak rá.

Egy ilyen szerződésben annyi feltételt szabhatunk meg, amennyit csak szeretnénk, annak érdekében, hogy a szerződő felek minden igénye ki legyen elégítve. Ehhez szükséges az is, hogy a résztvevőknek meg kell határozniuk, hogy az adataik és a tranzakciók, hogyan jelennek meg a blokkláncon, valamint meg kell állapodniuk a „ha” feltételekben, az összes kivételben és a vitarendezés kereteiben is. [6] Ezután a szerződést egy fejlesztő leprogramozza vagy ma már több szervezet is biztosít sablonokat, webes felületeket az okosszerződések megkötésének egyszerűsítésére.

## 3. A blokklánc technológia alkalmazása a gyakorlatban, vasúti kitekintéssel

### 3.1 A blokklánc technológia alkalmazása a forgalom területén

Manapság a blokklánc technológiát leginkább az internetes kereskedelemben használjuk, erősen korlátozódva a virtuális világra. Azonban elméleti szinten az is biztonságos tranzakciónak kell számíton, amikor egy vonat áthalad egy váltón vagy meghalad egy jelzót, emiatt felmerül, hogy a vonatok képesek legyenek kommunikálni egymással, váltókkal, jelzőkkel, akár a teljes vágányúttal a blokkláncon, okosszerződéseken keresztül. [7] Azaz a felszerelt érzékelőknek és kameráknak köszönhetően a vonat képes lesz felismerni azt, melyek azok a váltók, jelzők, amiken át kell haladnia. Ezek mind az okosszerződésben kerülnek meghatározásra. Itt minden fontos kitélt és kivételt meg kell határozni, annak érdekében, hogy a vonat külső beavatkozás nélkül közlekedni tudjon, tehát előre rögzíteni kell az útvonalat, a vonat adatait, kiinduló- és érkező állomást, esetleges tartózkodási pontokat. Van lehetőség alternatív útvonalak megadására is, arra az esetre, ha az eredeti útvonalon valamilyen havária esemény következne be. Mivel a pálya és a járművek folyamatosan kommunikálnak egymással,

így a vonatok tudni fogják, hogy melyik az éppen járhatatlan pályaszakasz, és képesek lesznek új útvonalat foglalni maguknak, figyelembe véve az egyes vonatok prioritását. Ennek értelmében megszűnne a központi irányítása a vonatoknak, ugyanakkor konfliktus és baleset nélkül tudnának közlekedni az állandó digitális kapcsolatnak köszönhetően. Azon kívül, hogy így egy vonat le tud közlekedni komolyabb emberi beavatkozás nélkül, a rendszer képes lenne arra is, hogy mindent biztonságosan, az elvárásoknak megfelelően dokumentáljon, illetve ezeket tárolja is. [8] Ez abban az esetben tudna nagyon hatékonyan működni, ha elhelyeznek érzékelőket a pályán, illetve a járműveken, amik kommunikálnak egymással. Ezt ki lehet egészíteni a mesterséges intelligencia nyújtotta előnyökkel, így akár a legkisebb emberi beavatkozás nélkül is képesek lennének a vonatok a közlekedésre.

A technológia az elképzelés szerint valós időben biztosítja a szükséges átláthatóságot, például azt, hogy melyik vágányok vagy térközök foglaltak éppen mely vonatok által. Ennek eredményeként a vonat tudni fogja, hogy a számára beállított (vagy okosszerződésben meghatározott) vágányút szabad-e vagy sem. Ilyenkor a közeledő vonat előre lefoglalhatja magának a vágányutat arra az időre, amíg áthalad, majd újra felszabadítja azt az őt követő vonat számára. Ahhoz, hogy ez az elképzelés megvalósulhasson, a vasúti közlekedés minden elemét, különösen az infrastruktúrát és a járműveket le kell képezni a blokklánc szintjére. Így képesek lesznek arra, hogy az elemek egymással kommunikáljanak, tárgyaljanak, ezáltal biztosítva a szolgáltatást a résztvevők számára. A rendszer képes lehet arra is, hogy ellenőrizze a járművezető jogosítványát, van-e az adott típusra engedélye, vezethet-e az adott vonalon, vonalszakaszon, illetve könyvelni tudja a munkavégzés kezdetét és végét is, ezáltal a munkabér elszámolás folyamata is felgyorsítható, automatizálható lehet.

### 3.2 A blokklánc technológia alkalmazása a kereskedelem területén

A biztonságos közlekedés mellett nagyon fontos a pénzügyi tranzakciók biztonsága is. Ez lehet egy menetjegy vásárlása is vagy bonyolultabb vasúti díjszámítások. A blokklánc technológiának köszönhetően a kiiktathatóvá válik a harmadik fél, pénzügyi esetben a banki rendszer. [9] Ezzel a jegyvásárlás biztonsága, gyorsasága is jelentős mértékben javulna.

A megvásárolt jegy egy blokk elem lesz a teljes láncon belül. Ezt a blokkot akár hozzáadhatjuk egy teljes jegylánchoz is, amely rögzíti egy vasútvonalon vagy akár a teljes vasúthálózaton eladott jegyeket és az ezekkel kapcsolatos tranzakciókat. Ezzel a statisztikai adatszolgáltatás is felgyorsítható, valamint másodpercre pontos pénzügyi adatok is a rendelkezésünkre állhatnak. Természetesen ez teljesen ingyenes, csak a rendszer kiépítésekor kell költségekkel számolni. Ugyanakkor a rendszer nem csak pénzt képes utalni vagy tárolni, hanem adatokat is, például mely szakaszra váltanak a legtöbben menetjegyet, mennyi bérletes utas van stb. Helyettesítheti az összes olyan folyamatot és üzleti modellt is, amelyek a tranzakciókért díjat számítanak fel (pl.: egy kártyás fizetés esetén a bank díjat számol fel). [10]

A blokklánc technológiának és az okosszerződéseknek köszönhetően egy multimodális utazás is megoldható lesz mindösszesen egy jegy vásárlásával. Vegyük példának Németországot, mert ott rengeteg vállalati résztvevője van az ország közlekedésnek. Szeretnénk eljutni egy München melletti kis faluból Párizsba. Ehhez előbb el kell jutni Münchenbe busszal, ott használni a helyi közösségi közlekedést, ezután felszállunk a vonatra, amivel megérkezünk Párizsba. Ugyan a vasútállomás a város központjának közelében található, de ott is szükségessé válik az utazás a helyi közlekedéssel. Majd a hazaúton ugyanezt kell megtenni, csak az ellenkező irányban. Ha egyesével kellene megvenni minden jegyet, az legalább 8 darab külön menetjegyet eredményezne. Okosszerződésekkel és a közlekedési vállalatok közötti megegyezéssel mindez kiváltható lenne egyetlen menetjeggyel, melyet az okostelefonon, laptopon, interneten is el lehetne érni. Ezzel nem csak a foglalási folyamat gyorsulna fel jelentős mértékben, de a vevőnek mindenről hiteles, valós idejű információja lenne. [7] Adatai biztonságos körülmények között lennének tárolva és csak a résztvevő felek férnének hozzá a titkosított adatokhoz.

Természetesen az így keletkezett jegybevételt megfelelő módon el kell osztani a szállításban résztvevő partnerek között, ami egy rendkívül komplex feladat. Magától értetődő lehet, hogy az összes vállalat maga szeretné a magasabb részesedést megszerezni. Jelenleg a jegybevételek újraelosztása a beszedést követően egy olyan folyamat, amely nem csak hosszú időt vesz igénybe, hanem bizonytalansággal is jár a felek részéről, sok vitát és konfliktust szülhet. Az ilyen problémákra is megoldás a blokklánc

technológia, mely segítségével kialakítható egy igazságos és átlátható rendszer a bevételek elosztására. Ennek értelmében nem magával az utazási móddal foglalkozunk, hanem az utazással, mobilitással. Ez lehetővé teszi a vállalatokkal együttműködve egy olyan szabvány létrehozását, amely mindenki számára garantálja a megfelelő bevételelosztást. Egy ilyen rendszer nagyobb bizalmat teremtene a partnerek között és átlátható is lenne.

Jelenleg az ilyen bevételek elosztása többnyire manuálisan történik, és a kifizetések időköze is változó, sokszor eléri az éves intervallumot is. A blokklánc technológia használatával a kiutalási folyamat sokkal gyorsabbá tudna válni, akár egyetlen nap alatt is elvégezhető lenne. A felek előre egyeztetnének az okosszerződésekről, és amikor mindenki elégedett az elosztási szabályokkal, a bevételelosztási rendszer (ki mennyit kap melyik bevételből) állandó jelleggel bevezethető. Szükség esetén természetesen a szabályok módosíthatóak lennének. Egy ilyen rendszernek számtalan mobilitással kapcsolatos résztvevője lehet: [12]

- Vasúttársaságok
- Helyi közösségi közlekedési vállalatok
- Autóbuszos társaságok
- Légitársaságok
- Taxi szolgáltatók
- Mikromobilitási szolgáltatók
- Hotelek, szálláshelyek
- Utazási irodák
- Viszonteladók stb.

Ennek a rendszernek nem csak a jegyértékesítés, ezáltal a személyszállítás területén vannak jelentős előnyei, de az áruszállítás területén is. Mivel a teljes pályahálózatról pontos információ vannak a pályafenntartónak az érzékelőknek, kameráknak, mesterséges intelligenciának köszönhetően, így ezeket az információkat át tudja adni azoknak a vállalatoknak, akik ezen a pályán közlekednek (lehet ez lassúmeneti szakasz, meghibásodás, szakaszhatár stb.). Ezeknek köszönhetően a közlekedési útvonal megtervezése is sokkal pontosabb lesz, ezáltal energia- és költséghatékonyabb, azaz pénzt takarít meg a vállalatnak. Ugyanakkor a pályahálózat üzemeltető felé a vállalkozó vasúti társaságoknak díjfizetési kötelezettsége van. Ezek jelenlegi kiszámítása olykor bonyolult feladat, hosszú munkaórák eredménye lehet. A blokklánc technológiának köszönhetően a rendszerben minden adat pontosan a rendelkezésünkre állna, kezdve az útvonaltól, vontatójárműtől, a vonat összes adatán át (pl.: vonathossz, a vonat tömege, áru fajtája, mennyisége stb.) a rendeltetési helyig. Ezeket csak egy okosszerződésben kell rögzíteni, ahogy azt már fentebb tárgyaltam. Amint a feltételek teljesülnek, tehát a vonat sikeresen célba ért és a résztvevők ezt ellenőrizték és jóváhagyták, úgy a kifizetés is azonnal teljesülhet, legyen ez a pályahálózat üzemeltető felé vagy a vasúttársaság felé a megrendelő részéről.

#### 4. A blokklánc technológia vasútbiztonsági alkalmazási lehetőségei

Az előzőt fejezetekben áttekintettem, hogy milyen lehetőségeket rejt magában a blokklánc technológia, az okosszerződések és a mesterséges intelligencia használata a közlekedésben, külön tekintettel a vasúton. Ebben a fejezetben részletesen kitérek azokra a biztonsági elemekre, melyekre a blokklánc használható lenne, javítva ezzel a közlekedésbiztonságot.

##### 4.1 Vasúti infrastruktúra biztonsága

A vasúti infrastruktúrának, akárcsak más közlekedési módoknak sok eleme van, melyek karbantartása kritikus a balesetmentes közlekedés fenntartásának érdekében. A legnagyobb igénybevételnek maga a vasúti pálya, a felépítmény van kitéve, de egy villamosított vasútvonal esetében a felsővezetési hálózat is. A felépítmény feladata a közlekedő járművekről a sínekre átadódó erő rugalmas felvétele és átadása az alépítmény felé úgy, hogy abban maradandó károsodás ne keletkezzen. Ennek két fő része van: [13]

- Ágyazat
- Vágány
  - Aljak
  - Sínek
  - Kapcsolószerkek

A felsorolt részek közül a vágányokat alkotó elemeket kamerák, érzékelők segítségével meg lehetne figyelni, akár ezeket a járművekre szerelve, így menet közben képesek lennének elvégezni a pályadiagnosztikát. A folyamatos kommunikációnak köszönhetően a mesterséges intelligencia elemezné a kapott képeket, adatokat és szükség esetén jelezné a beavatkozás szükségességét a pályafenntartó felé. Most nézzük meg egyesével részletesebben kifejtve, milyen biztonságkritikus károsodások jelentkezhetnek az infrastruktúra egyes elemeiben.

A kapcsolószerkezetek a vasúti vágány összekapcsolására és leerősítésére szolgáló szerkezetek. Ezen szerkezetek egyik fajtája a sínleerősítés. Ezek feladata, hogy a vasúti pályában a sínek és az alátámasztó aljak között szilárd, de rugalmas kapcsolatot teremtsenek. Az ilyen részek állapotának vizsgálatát többnyire szemrevételezéssel ellenőrzik, és teljesen mértékben az ellenőr személyes megítélésétől függ. [14] Azonban a helyes rögzítés kulcsfontosságú a biztonságos és nagysebességű közlekedés fenntartása érdekében. Amennyiben a szemrevételezés hibás vagy elmarad, úgy ezek a hibák észrevétlenek maradhatnak, amely biztonsági kockázattal járhat. Az ilyen elemek vizsgálata megoldható lehet kamerák és érzékelők segítségével, amik felismerik az esetleges elmozdulást, csavarkötés hiányát stb. Mára már a mesterséges intelligencia is képes felismerni az ilyen tárgyakat is, így természetesen az elváltozást is érzékelni tudja. Ilyenkor jelzést küld a fenntartó felé, hogy az adott szelvényben melyik pontos észlelhető kritikus hiba, így az még időben kijavítható.

A sín a vasúti felépítmény legfontosabb eleme, melynek több feladata is van. Elsődleges feladatai a rajta haladó járművek alátámasztása és hogy folyamatosan vezesse a rajta haladó járműveket a meghatározott kényszerpályán. A sínek másodlagos feladattal is rendelkeznek. Egyik ilyen a vonóerő-átadás biztosítása, azaz átveszik a gyorsulás, fékezés során fellépő erőket. Emellett elektromos vezetők is a villamosított vonalakon, valamint a biztosító berendezések jeltovábbító közegeként is szolgál. Mivel a vasúti közlekedés egyik legfontosabb eleméről beszélünk, ezért belátható, hogy ezek bárminemű hibája jelentős biztonsági kockázattal jár. Ezek felszínének állapotát a járművekre szerelt kamerák szintén meg tudnák figyelni és egyéb szenzorok adataival összevetve megállapíthatóak lennének a sínszalokban keletkezett elváltozások. Ez akár lehet repedés, törés, sínfejlapulás, repedésfészek, hullámos sínkopás stb. [15] Itt is mesterséges intelligencia elemezné a beérkező adatokat és hiba észleléskor jelzést küldene a fenntartónak a hiba helyéről és csatolná azt a képkockát, amin a hiba látható. Amennyiben olyan hibák keletkeznének, amik a túl gyors gyorsulásból vagy lassulásból adódnak, akkor a blokkláncon keresztül be tud avatkozni a rendszer, annak érdekében, hogy megóvja az infrastruktúra állapotát.

Az aljak és az alépítmény vizsgálata is elvégezhető lehet a járműre szerelt érzékelőknek köszönhetően. [3. ábra] Ahol a pályasebesség eléri a 160 km/h-t, és a vágány hézag nélküli, ott az ultrahangos vizsgálórendszer vizsgálati sebessége akár 70 km/h is lehet. [16] Fontos rögzíteni egy olyan rezgésmintát, ami a pálya normál állapotában kerül felvételre és az ettől való eltérést képes a rendszer jelezni. Ez utalhat a felépítmény bármely részének hibájára, de ugyanakkor az alépítmény elváltozására is. Egyes apró elváltozások felismerésével a rendszer képes lehet előre jelezni a jövőben súlyosabban felmerülő hibákat. Ezekre a mesterséges intelligencia megtanítható, illetve a „deep learning” metódusoknak [17] köszönhetően képes saját maga fejlesztésére is.



3. ábra: Ultrahangos mérőfejek (forrás: Sínek Világa)

Villamosított vasúti pályák esetén a másik kulcsfontosságú elem a felsővezeteki hálózat. A felsővezeték felelős a vonatok áramellátásnak biztosításáért, tehát a vasúti rendszer kritikus létesítménye. A Magyarországon használatos rendszer 25 kV-os és 50 Hz-es [18], azaz bármilyen hibája a hálózatnak akár életveszélyes is lehet. Jelenleg ezek állapotát is szemrevételezéssel lehet megvizsgálni a legtöbb esetben. Ilyenkor azonban feszültség mentesíteni és földelni kell az adott szakaszt, annak érdekében, hogy a műszaki ellenőr elvégezhesse a vizsgálatokat. Téves információátadás, rossz földelés, egy elmaradt feszültség mentesítés esetén egy ilyen vizsgálat, akár halálos is lehet, rendkívül veszélyes feladat ez. Egy felsővezeték szakadás sokszor az anyagfáradás miatt következik be. Akár a felsővezeteki rendszerbe, akár az áramszedőkbe épített érzékelőkkel ezek is előre jelezhetők, így a szakemberek be tudnak avatkozni a hiba bekövetkezése előtt. A blokkláncban eltároljuk a helyes adatokat, például a felsővezetetről, és amint ebben változás következik be, a rendszer automatikusan jelezhet az illetékes szerveknek, így ezen a területen is képes lehet a blokklánc a pálya védelmére.

## 4.2 Biztonságos vasúti üzem fenntartása

„2022-ben a MÁV vonalain összesen 211 balesetben 79 halálos áldozatot követelt a KRESZ megszegése vagy a közlekedők figyelmetlensége, például tiltott helyen tartózkodás vagy a mozgó vonatra fel/leugrás. Ebből 90 baleset történt vasúti átjárókban, amelyekben 34-en életüket veszítették, kétszer annyian, mint 2021-ben.” [19] Olvasható a közlemény a MÁV-csoport weboldalán.

Ezekből az adatokból is látható, hogy a vasúti átjárók kritikus pontjai a vasúti közlekedésnek, mivel nem teljesen zárt rendszerben közlekednek a vonatok, sok helyen keresztezi a közút a vasutat.

A blokklánc technológiának köszönhetően lehetőség lenne kamerákat és érzékelőket felszerelni az összes vasúti átjáróba vagy azok közelébe, amik érzékelnék, hogy valami vagy valaki a pályán tartózkodik. Ilyenkor a rendszer jelzést küldene az összes közelben lévő jármű fedélzetére és fékezésre szólítaná fel a vonatot a baleset elkerülése érdekében. Ezeket a módszereket ki lehetne egészíteni a járművekre szerelt szkennerekkel, érzékelőkkel, melyek egy bizonyos távolságból észlelnék az úrszelvényben tartózkodókat. Ezeknek persze korlátot szabhatnak az időjárási körülmények is, illetve a távolság növekedésével a pontosságuk is jelentősen csökkenne, azonban a közlekedők és ezáltal a közlekedés biztonsága nagy mértékben javulhatna.

Ahogy korábban már írtam, a blokkláncnak köszönhetően a vonatok képesek lennének kommunikálni egymással és a pálya összes fontos elemével. Ennek köszönhetően lefoglalhatnak maguknak útvonalakat, vágányutakat, majd miután elhaladtak, ezeket felszabadítják a követő vonatok számára. Ezen módszer használatával gyakorlatilag mozgó térközök jöhetnének létre, akár csak a metrók esetében, azaz a pályakapacitás jelentős mértékben nőne, mindezt amellet, hogy a központi irányítás megszűnhetne, hiszen a járművek egymással „tárgyalnak”. [7] Egységes cél látszik kirajzolódni minden olyan vasúttársaság részéről, akik a blokkláncot szeretnék beépíteni a napi működésükbe a közeljövőben. [4. ábra]

- A szolgáltatás minőségének javítása (különös tekintettel a pontosságra)
- Elérhetőség bárki számára a hét minden napján, 0-24 órában
- Megnövelt pályakapacitás
- Átláthatóság
- Jelentős költségcsökkenés



4. ábra: Elérni kívánt célok a blokklánc használatával (forrás: saját szerkesztés)

Németország állami vasúttársasága, a Deutsche Bahn már jelenleg is kísérleteket végez, annak érdekében, hogy 2030-ra a blokklánc technológia és az okosserződések elérhetővé váljanak a vasút területén is. Darmstadt városában felépített modell megmutatta, hogy elméleti szinten ezek mind működőképes elképzelések, sikeresen közlekednek a vonatok a szimulációkban, modellekben bármiféle központi irányítás és baleset nélkül, azaz a közlekedésbiztonság jelentős mértékű javulása érhető el. A következő lépés pedig az, hogy ezeket a tapasztalatokat átültessék éles környezetbe és valóságos körülmények között is tesztelve legyenek. [7]

## Konklúzió

Az informatika fejlődésével és az egyre elterjedtebb digitális megoldásokkal a közlekedés területén is számtalan olyan lehetőség adódik, amelyek nem csak a hatékonyságot képesek növelni, de ugyanakkor a biztonságot is. A blokklánc technológia is kilépett abból, hogy mindenki a kriptovalutákra utaljon vele, manapság már sokkal több ennél.

A vasúti szolgáltatásoknak is fel kell venniük a versenyt a többi közlekedési ágazattal, hiszen az összes közül a vasút a leginkább környezetbarát módja a közlekedésnek. Ehhez nyújt lehetőséget a blokklánc technológia és a mesterséges intelligencia. Ezek használatával létrehozható egy olyan rendszer, ami egyszerre kerüli el a központosítás okozta hátrányokat, transzparens módon kezelhető és zárja ki a külső, rosszindulatú beavatkozások okozta zavarokat, problémákat.

Ebben a cikkben amellet, hogy bemutattam a blokklánc technológia alapjait és az okosserződéseket, az ezek nyújtotta vasútbiztonsági lehetőségeket vizsgáltam. Végighaladtam az összes fontosabb elemén a vasúti infrastruktúrának, elemeztem a jellemzői hibákat és javaslatokat tettem, hogy az új technológiákkal ezek hogyan kerülhetők el. Megállapítottam, hogy sok, akár már ma is ismert technikai megoldás létezik, amelyekkel a pályafenntartás és a közlekedés sokkal biztonságosabbá tehető.

Ahhoz, hogy ezeket az új módszereket használni és üzemeltetni tudjuk, minden rendszerelemet le kell képeznünk a blokkláncok szintjére, annak érdekében, hogy minden rendszerelem kommunikálni tudjon egymással. A darmstadti modell [7] megmutatta, hogy elméleti szinten ezek működőképes technológiák lehetnek. Ugyan egyelőre „élesben” kipróbált adatok nem állnak rendelkezésre, de a pontos szimulációk megmutatták, hogy nagy jövő áll ez előtt a technológia előtt és képes lehet jelentős mértékben javítani a közlekedés biztonságán.

A vasúti közlekedés teljesen átalakulhat és elszakadhat a jelenleg ismert forgalomirányítási szabályoktól, szabványoktól. A járművek képesek lesznek saját útvonalat foglalni maguknak, elhaladás után felszabadítani ezt a követő vonat számára, a folyamatos kommunikáció miatt gyakorlatilag az utolérés és a szembemenesztés kizárható lesz. Minden közlekedő vonat egy mozgó térköz lesz, akár csak a metrók esetében, ezzel jelentős mértékben növelve a pálya átbocsátóképességét. Ennek köszönhetően akár a pályasebesség is növelhetővé válik.

Azonban a pályasebesség emeléséhez jó állapotban lévő és erre alkalmas pályával kell rendelkezni. A vonatok képesek lesznek elvégezni alapvető pályadiagnosztikát a rájuk szerelt kameráknak és érzékelőknek köszönhetően. Bármely eltérés esetén jelzést küldhetnek az üzemeltetés felé, az elhárítás érdekében. Emellet a pályába épített érzékelők is jelezni tudják majd a közlekedő jármű hibáját.

A pálya mentén – különösen a vasúti átjárók közelében – elhelyezett kameráknak és szkennereknek köszönhetően a nem vasúti eredetű balesetek száma is csökkenthető lesz, hiszen a rendszer idegen tárgy észlelésekor üzenete küldhet az összes közelben lévő vonatnak, hogy valami hosszabb ideje az úrszelvényben tartózkodik, ezért azonnal kezdjék meg a fékezést.

Ahhoz, hogy ilyen rendszer kiépülhessen, nagyon sok pénzre van szükség, melyet most még közelíteni sem tudunk. Viszont hosszútávon gondolkodva, ezek az automatizált folyamatok akkora megtakarításokat eredményezhetnek mind a pályafenntartónak, mind a vállalkozó vasúti társaságoknak, hogy belátható időn belül megtérülne a beruházás. Csökkennének a bérköltések, hiszen az ember szinte kiiktatható lenne a rendszerből, felgyorsulnának pénzügyi folyamatok elősegítve a vállalatok „cash flow”-ját, ami precízebb üzleti gazdálkodást is lehetővé tehet.

Úgy gondolom, alátámasztható az a feltételezésem, hogy a vasúti közlekedés alágazatában a blokklánc technológia jelenti a jövőt a fenntarthatóbb, környezet- és utasbarátabb, hatékonyabb működési

környezet kialakításában és ezek mellett nagy mértékben hozzájárulhat a biztonságos és kulturált közlekedéshez.

## Irodalomjegyzék

- [1] <https://www.ibm.com/topics/blockchain> - 2023.06.14
- [2] Nakamoto, S.: Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. Online, available: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>.
- [3] Fernández-Caramés, T. M., Fraga-Lamas, P. A Review on the Application of Blockchain to the Next Generation of Cybersecure Industry 4.0 Smart Factories. IEEE Access 2019, 7:45201-45218. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2908780>
- [4] <http://www.sha1-online.com/> - 2023.06.15
- [5] <https://www.ibm.com/topics/smart-contracts> - 2023.06.14
- [6] Badzar, A. (2016). Blockchain for securing sustainable transport contracts and supply chain transparency. Master Thesis, Lund University. Online, available: <https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=8880383&fileId=8880390>
- [7] <https://blockchain.deutschebahn.com/blockchain-en> - 2023.06.12
- [8] [https://www.railjournal.com/in\\_depth/how-can-blockchain-open-up-new-opportunities-for-rail-freight/](https://www.railjournal.com/in_depth/how-can-blockchain-open-up-new-opportunities-for-rail-freight/) - 2023.06.14
- [9] Abeyratne, S. A., Monfared, R. (2016). Blockchain ready manufacturing supply chain using distributed ledger. Loughborough University, Institutional Repository Online, available: <https://ijret.org/volumes/2016v05/i09/IJRET20160509001.pdf>
- [10] Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J., Shen, L. (2019). Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1533261>
- [11] <https://www.railwaygazette.com/technology/blockchain-based-locomotive-data-analysis-trial-announced/47322.article> - 2023.07.01
- [12] Deutsche Bahn, Investor Relations: Daten & Fakten 2022 - [https://ir.deutschebahn.com/fileadmin/Deutsch/2023/Berichte/DuFe\\_2022.pdf](https://ir.deutschebahn.com/fileadmin/Deutsch/2023/Berichte/DuFe_2022.pdf)
- [13] Urbán L. (szerk.): Vasúti lexikon, Műszaki Könyvkiadó, 1984
- [14] 2005. évi CLXXXIII. törvény a vasúti közlekedésről
- [15] Tóth A. - dr. Szabó J.: A síndiagnosztika szerepe a vasúti pálya felügyeletében, Sínek Világa 2020/3 20-30
- [16] Béli J.: Új távlatokat nyújtó diagnosztika, Sínek Világa 2017/6 22.
- [17] Coşkun, M., Yıldırım, Ö., Uçar, A. & Demir, Y. (2017) – An overview of popular deep learning methods - European Journal of Technique (EJT) 7 (2) 165-176. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ejt/issue/34562/403498>
- [18] Pálmai Ö. - Pálmai A.: A K120 hosszlánc alkalmazási kérdései, Vasúti Vezetékvilág 2021/1 5.
- [19] <https://www.mavcsoport.hu/mav-csoport/bemutakozas/vasutbiztonsag> - 2023.07.01.

# A hazai közúti közlekedésbiztonság alakulásának áttekintése a külső mérföldkövek tükrében / Overview of the development of Hungarian road safety in the light of external milestones

Dr. Pauer Gábor

KTI Magyar Közlekedéstudományi és Logisztikai Intézet Nonprofit Kft.  
pauer.gabor@kti.hu

**Kivonat:** A közúti közlekedés biztonságának alakulását számos tényező együttes befolyásoló hatása határozza meg. A balesetek száma bizonyított módon összefügg a közlekedést, a közlekedési környezetet, gazdaságot vagy éppen a társadalmat jellemző idősoros adatok alakulásával. E tekintetben gondolhatunk akár a gazdasági környezet, és annak következtében a közúti futásteljesítmény alakulására, az infrastruktúra összetételére, minőségének fejlődésére, a gépjárműállomány nagyságának és jellemzőinek alakulására, vagy a közlekedő társadalom összetételének változásaira (pl. idősödés) is. Mindezen, idősorokkal leírható adatok mellett az elmúlt évtizedekben számos olyan pontszerű/periodikus külső esemény, intézkedés (ún. mérföldkö) is azonosítható, amelyek közvetve, vagy közvetlenül befolyásolhatták a közlekedés biztonságát (pl. közlekedésbiztonsági beruházások, jogszabály-módosítások, stratégiai szemléletmód változása, stb.). Bár ez utóbbi tényezők közvetlen hatásai önmagában nehezen számszerűsíthetők (éppen a számtalan különböző tényező együttes befolyásolása miatt), jelen vizsgálatom célja az volt, hogy az idősoros adatokban elhelyezve a főbb mérföldköveket átfogó képet adjak azok baleseti adatokkal való összefüggésekről. Az elemzés során külön figyelmet fordítottam a szabályozással kapcsolatos intézkedésekre, a közlekedésbiztonsággal kapcsolatos stratégiai döntésekre, valamint a közúti ellenőrzésekkel, közlekedésrendészeti kapacitásokkal kapcsolatos események bemutatására.

**Abstract:** The development of road safety is determined by the combined influence of many factors. The number of accidents correlates to the data characterizing the traffic, the transport environment, the economy or even society. In this regard, the development of the economic environment and transport volume, the composition and quality of the infrastructure, the development of the size and characteristics of the vehicle fleet, or the changes in the composition of the driving society (e.g. aging) can also be mentioned. In addition, a number of specific/periodic external events and measures (so-called milestones) can also be identified in the past decades, which may have indirectly or directly influenced road safety (e.g. traffic safety investments, amendments to legislation, changes in strategic approach, etc.). Although the direct effects of these milestones are difficult to quantify (due to the combined influence of countless different factors). The aim of my study was to systematically collect and put the main milestones in the time series and provide a comprehensive picture of their correlations with the road accident data. During the analysis, I paid special attention to the presentation of measures related to regulation, strategic decisions related to traffic safety, and enforcement.

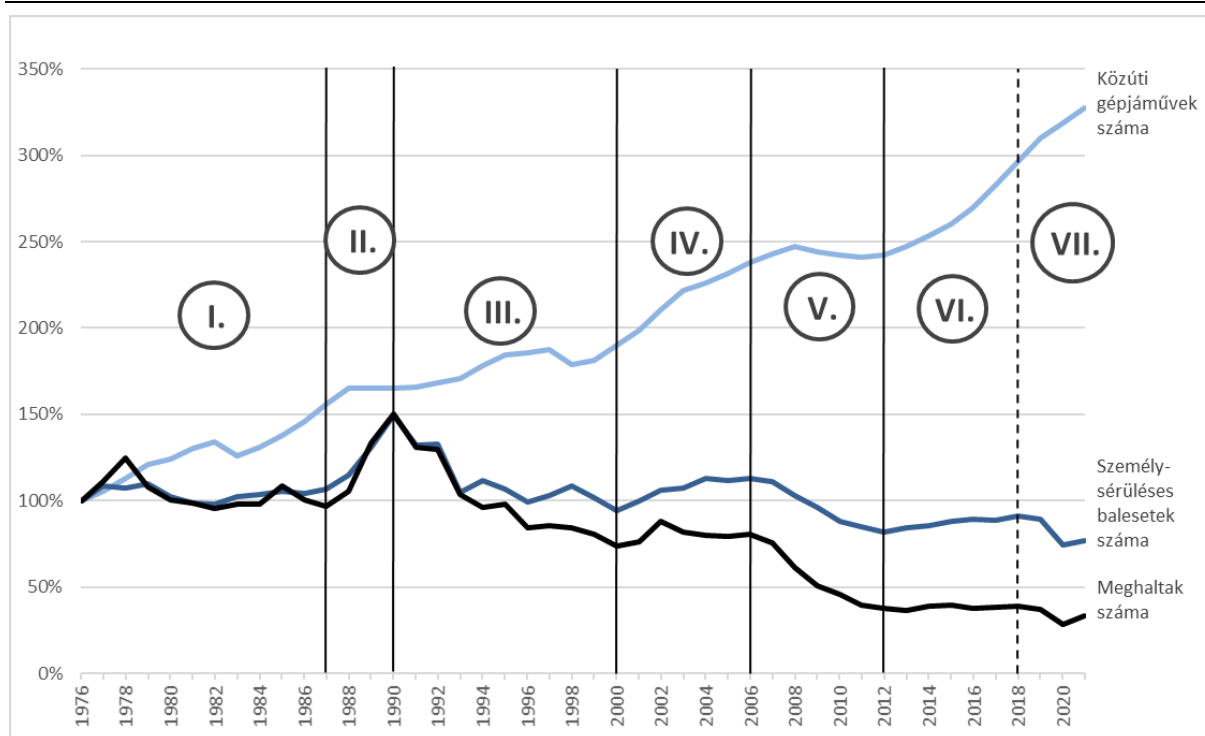
*Kulcsszavak: közlekedésbiztonság; baleseti adatok; idősor; szabályozás; közlekedésrendészet*

*Keywords: road safety; accident data; time series; regulation; enforcement*

## Bevezetés

Amennyiben a hazai közúti baleseti helyzet hosszútávú alakulását kívánjuk vizsgálni, a kitekintést egészen 1976-tól megtehetjük. Ebben az évben vezették be Magyarországon a közúti baleseti halottak 30 napos definícióját (az a személy számít a baleset halálos áldozatának, aki annak időpontjától számítva 30 napon belül veszíti életét), azaz ettől az évtől áll rendelkezésünkre homogén, torzítás nélküli, nemzetközi összehasonlításra alkalmas idősor.

A Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft. kutatói évek, évtizedek óta végzik a közúti biztonsági helyzet alakulásának megfigyelését, elemzését [1]. A megfigyelések alapján a hazai közlekedésbiztonságot javuló, illetve stagnáló/romló időszakok váltakozása jellemzi (lásd 1. ábra).



I. ábra: A közúti biztonság alakulásának fő szakaszai, 1976-tól 2021-ig ([2] alapján)

A forgalomba helyezett közúti gépjárművek száma nagyjából monoton növekedést mutat. A kisebb – többnyire látszólagos – ingadozások általában nyilvántartási hiányosságokat takarnak. (Az adatgazda a hosszú időszak alatt többször is változott, az állomány késedelmes aktualizálása pedig oda vezetett, hogy a közúti forgalomban már jó ideje részt nem vevő gépjárművek a nyilvántartásban még mindig szerepeltek. Amikor aztán aktualizálták az adatokat, „egy csapásra” olyan sok gépjármű kerülhetett ki a nyilvántartásból, hogy az állomány rövidtávon látszólagos csökkenést mutatott.) Egyedül a 2008. évi gazdasági visszaesés okozott valós állománycsökkenést, ami jól észlelhető volt a Központi Statisztikai Hivatal (továbbiakban KSH) adataiban is.

Az ábrán római számokkal jelöltük azokat az – egymástól jól elkülöníthető – időszakokat, amelyek az 1976 óta eltelt évtizedeket jellemezték [2]:

Az I. (1976-tól 1987-ig tartó) időszakot viszonylag stabilnak tekinthetjük: a gépjármű állomány gyarapodása mellett mind a személy-sérülé-és balesetek, mind az ezek következtében meghaltak száma közel állandó maradt. A közúti biztonság tekintetében ezt követően romló és javuló időszakok váltották egymást. Ha az egyes időszakok hossza jelentős különbségeket is mutat, a romló és javuló időszakok világosan felismerhetők. Így tehát a II. időszak (1988-1990) romló, a III. (1991-2000) javuló, a IV. (2001-2006) romló, az V. (2007-2012) javuló, a VI. (2013-2018) ismét romló/stagnáló, végül a VII. időszak (legalábbis annak kezdete) megint javuló tendenciával jellemezhető. Úgy tűnik tehát, hogy a közlekedésbiztonság javítása érdekében hozott megelőző intézkedések egy idő után „kifáradnak”, veszítenek hatékonyságukból, vagy éppen a kedvező külső körülmények múlnak el. Bizonyos mértékű rosszabbodás után újra újabb intézkedések meghozatalára sarkallja a döntéshozókat. Ennek a rosszabbodásnak azonban át kell törnie a döntéshozók és a társadalom ingerküszöbét.

## 1. A hazai közúti közlekedésbiztonság fő szakaszainak értékelése

A közúti biztonság terén a romló és javuló időszakok váltakozása tehát a múltbéli adatok jellegzetességei alapján törvényszerűnek tűnik. A közúti baleseti helyzet alakulását számtalan tényező alakítja közvetve és közvetlenül is, amelyek komplex módon hatnak egymásra. Meg kell említeni továbbá azt is, hogy a közúti baleset kialakulása véletlenszerű esemény, így természetéből fakadóan alapvetően is ingadozik a balesetek száma. Ennek ellenére kísérletet tehetünk arra, hogy a különböző külső tényezők, folyamatok befolyásoló hatását vizsgáljuk, illetve azonosítsuk azokat a fontosabb társadalmi, gazdasági, szabályozási, stb. mérföldköveket, eseményeket, melyek feltételezhetően (vagy adott esetben

bizonyíthatóan) hatást gyakoroltak a közúti biztonsági helyzet alakulására. Jelen cikkemben az 1. ábra időszakai szerint csoportosítva, időrendben tártam fel ezen eseményeket és mérőföldköveket, vizsgálva a baleseti adatokkal való kapcsolatot (a részletes értékelések az 1990. évtől kezdődve készültek el). Az események jellegét az idősorok ábrázolása során különböző színekkel azonosítottam (piros: szabályozással kapcsolatos intézkedések, kék: közlekedésrendszettel kapcsolatos események, zöld: egyéb, közvetlenül a közlekedéssel, közlekedésbiztonsággal kapcsolatos stratégiai események, sárga: jelentős, erős hatással bíró külső folyamatok).

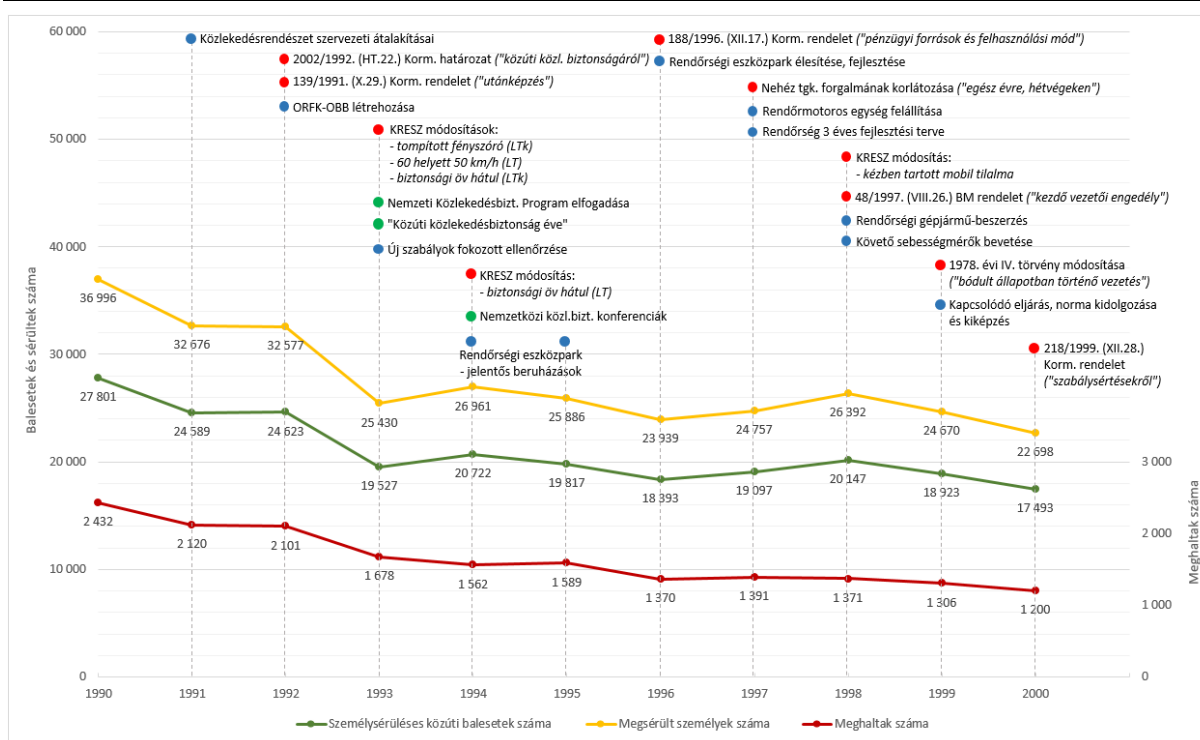
### 1.1 Az I. és II. szakaszok (1976-1987 és 1988-1990) rövid áttekintése

Bár a részletes elemzéseimet az 1990. évtől végeztem, a történeti áttekintés alapjaként megemlíteném az 1. ábra I. és II. szakasza is. Az 1976-tól 1987-ig tartó időszakban mind a személyesérüléses balesetek, mind az azokban elhunyt közlekedők száma stagnált. Ezt követően 1988 és 1990 között a közúti baleseti adatok nagyfokú romlása történt. A rövid idő alatt lezajló és nagyon nagymértékű romlás a politikai és társadalmi rendszerváltást kísérő jelenség volt, mintegy annak nem kívánt melléktermékeként jelentkezett. A döntéshozók figyelmét az események elterelték a közúti biztonságról, a szakterület még annyi figyelmet sem kapott, mint korábban. A helyzetet súlyosbította a rendőrség „elbizonytalanodása”, a rendőri ellenőrzés intenzitásának jelentős csökkenése. A nyugatról behozott, nagyteljesítményű gépkocsik száguldozásra csábították a gépjárművezetőket, más vezetési stílust követeltek, az akkori újságok pedig arról írtak, hogy az emberek „összekeverték a szabadságot a szabadossággal”. Mindez oda vezetett, hogy Magyarország útjain 1990-ben (a közúti biztonság ún. „fekete évében”) 2432 ember vesztette életét közúti baleset következtében. Az elmúlt három évtized távlatában az ittasan okozott személyesérüléses közúti balesetek száma is ekkor volt a legmagasabb (4 258 ittas balesetet regisztráltak).

### 1.2 A III. szakasz (1991-2000) értékelése

Az 1991-től 2000-ig tartó időszakot a közúti biztonság „első aranykorának” nevezhetjük. A 10 éves periódus alatt 1990-hez (a közúti biztonság fekete évéhez) képest gyakorlatilag felére csökkent a közúti baleset következtében meghaltak száma, miközben a megsérült személyek összes száma 39 %-kal, a személyesérüléses közúti balesetek száma pedig 37 %-kal csökkent (2. ábra).

Az időszakra vonatkozó mérőföldkövek alapján különböző jellegű, a közlekedés biztonságát támogató intézkedések, beruházások kombinációi valósultak meg. Ebben az időszakban született meg az első, átfogó szemléletű Nemzeti Közlekedésbiztonsági Program (NKP), amely bár csak zárt fórumon került közzétételre, kedvező változásokat hozott a döntéshozók és a gyakorlati szakemberek szemléletében, a közlekedésbiztonsági kutatások és felvilágosító tevékenység finanszírozási forrásainak megteremtésében. Ennek szellemében születtek meg a közlekedés biztonságát jelentősen támogató KRESZ módosítások is (1993, 1998), melyek nyomán a baleseti adatok görbéiben is jól látható mértékű esetszám csökkenés történt. A bemutatott rendeletek, határozatok, jogszabályok mind olyan lépéseket alapoztak meg, melyek szintén a biztonságos közlekedési rendszer megteremtését támogatták (pl. kormányzati határozat a közúti közlekedés biztonságáról, anyagi háttér biztosítása rendelettel, utánpótlási rendszer, kezdő vezetői engedély bevezetése, stb.). Szembetűnő továbbá, hogy jelentős fejlesztések valósultak meg a közlekedésrendszet szervezetében, megalakult az ORFK-OBB, a közúti ellenőrzésekhez alkalmazott eszközpark folyamatosan fejlődött és bővült (pl. különböző technológiájú sebességmérők, légalkoholmérők vásárlása, üzembe helyezése, nagy volumenű járműbeszerzés, stb.).



2. ábra: A közúti biztonság történeti áttekintésének III. szakasza (1991-től 2000-ig)

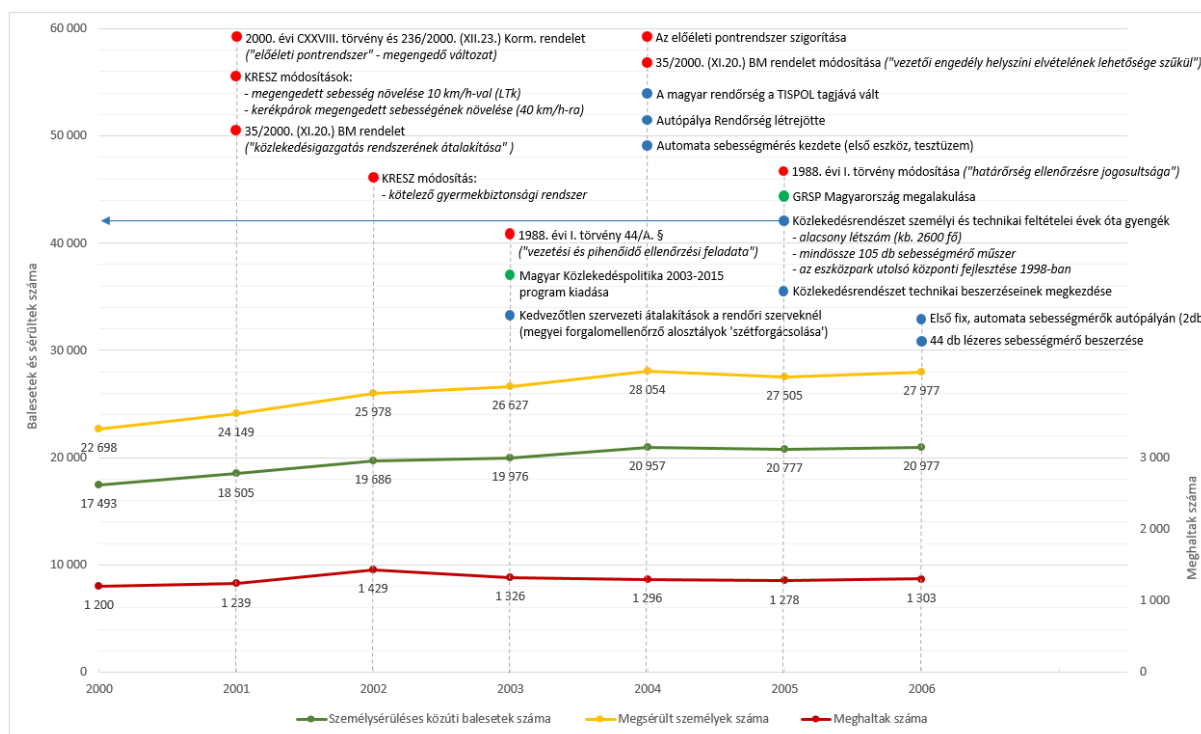
### 1.3 A IV. szakasz (2001-2006) értékelése

A megelőző időszakokkal ellentétben 2001-2006 között a közúti biztonság jelentősen romlott. A 6 éves időszakban 2000-hez képest a közúti balesetben meghaltak száma 8,6 %-kal, a megsérült személyek száma 23,3 %-kal, a személyesérüléses közúti balesetek száma pedig 19,9 %-kal növekedett (3. ábra).

Az összegyűjtött események, mérőföldkövek alapján elmondható, hogy a baleseti adatok kedvezőtlen alakulása valójában összhangban volt az időszakban meghozott intézkedések, fennálló körülmények alakulásával. A meghozott törvények, rendeletek, illetve azok módosításai több esetben a közúti biztonság romlása irányába hatottak. A 2001 májusában történt sebességhatár emelések (lakott területen kívüli utakon, 10 km/h-val) hatására jelentősen nőtt a balesetek száma az érintett szakaszokon [3], de a további esetek sem feltétlenül a biztonság javítását szolgálták (pl. 35/2000. (XI.20.) BM rendelet módosításával a vezetői engedély helyszíni elvételének lehetősége megszüntetésre került), vagy a meghozott intézkedések nem voltak kellően hatásosak (pl. az előéleti pontrendszer a javasoltnál jóval enyhébb volt – az első két évben egyetlen jogosítványt sem vontak be). A 2002-ben történt KRESZ módosítást (gyermekbiztonsági rendszerek kötelezővé tétele) ugyanakkor a kedvező intézkedések közt említhetjük, míg 1996 és 2001 között évente átlagosan 45 gyermek halt meg közúti balesetben, 2003-tól kezdődően csak egyetlen évben volt 40 feletti az áldozatszám (2006-ban 43 gyermek); ez azonban (vitathatatlan fontosságán túl) értelemszerűen az összes sérült, meghalt számában kisebb hatással bírt.

A közúti biztonság romlásában bizonyára nagy szerepe volt a közlekedésrendszet kapcsán megfigyelt kedvezőtlen folyamatoknak, állapotoknak is. A 2005-ös beszámolók szerint a személyi és technikai feltételrendszer már évek óta komoly hiányosságokkal rendelkezett. Míg az előző évtizedben számos beruházást, fejlesztést mutatott az idősor, ebben az időszakban rendkívül alacsony volt a létszám (optimális esetben is csupán 460 fő végezte egyidejűleg a 30.000 km-es úthálózat ellenőrzését), miközben az eszközpark folyamatosan romlott és fogyott (az eszközpark központi fejlesztésére 1998-2004 között nem került sor).

Mindez különösen tarthatatlan volt annak fényében, hogy a 2003-ban kiadott „Magyar Közlekedéspolitika 2003-2015” program 2010-re a személyesérüléses balesetszám és a meghaltak 30%-os, míg 2015-re azok 50 %-os csökkenését irányozta elő (2001-hez képest). A közúti biztonság fejlesztéséhez tehát fokozott erőfeszítések váltak szükségessé, melyet az ezredfordulót követő időszakban a közúti forgalom volumenének folyamatos növekedése is indokolt (az országos közúthálózaton mért futásteljesítmény például 2001 és 2006 között 25 %-kal emelkedett [2]).



3. ábra: A közúti biztonság történeti áttekintésének IV. szakasza (2001-től 2006-ig)

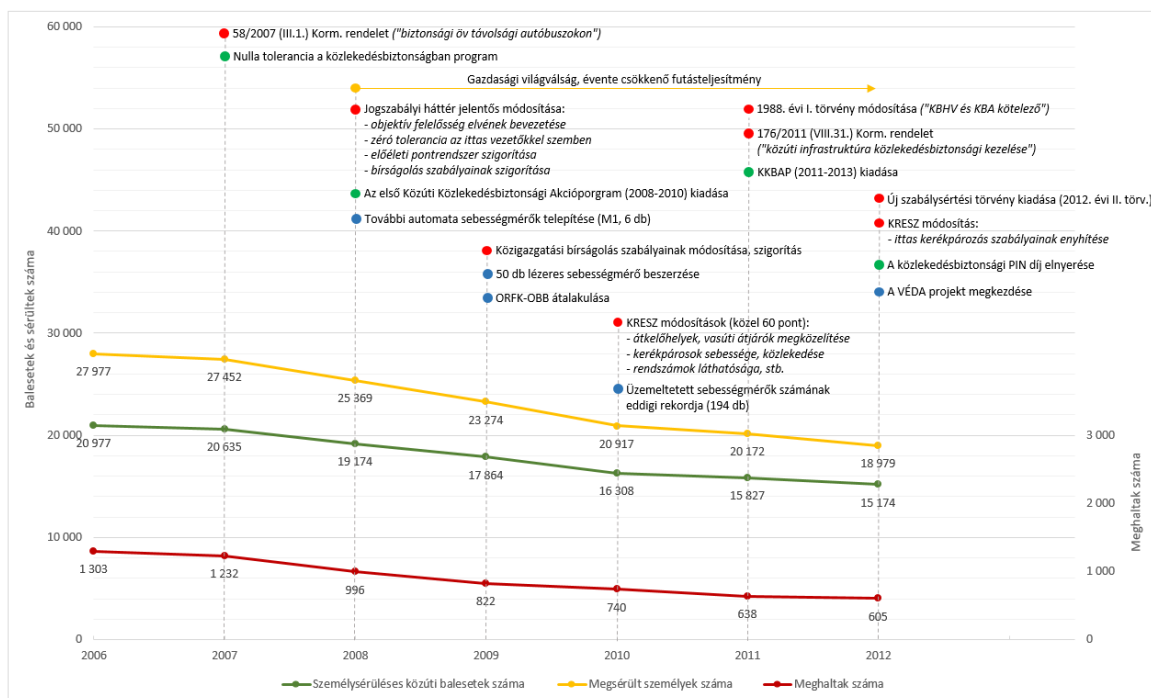
### 1.4 Az V. szakasz (2007-2012) értékelése

Az előző időszak közúti baleseti adatainak romlását követően 2007-2012 között ismét javuló tendencia következett („második aranykor”). A 6 éves időszakban 2006-hoz képest a közúti balesetben meghaltak száma 53,6 %-kal, a megsérült személyek száma 32,2 %-kal, a személyesérülések közúti balesetek száma pedig 27,4 %-kal csökkent (4. ábra). A figyelemreméltó eredményeknek köszönhetően Magyarország 2012-ben elnyerte az Európai Közlekedésbiztonsági Tanács (ETSC) PIN díját.

A nagymértékű javulás egyébként nem csak Magyarországon, hanem Európa szerte jelentkezett a vizsgált időszakban. Mindebben nagy szerepe volt a kialakult gazdasági világválságnak. Tudományos vizsgálatok eredményei alapján [4] a látványos javulás jelentős (mintegy kétharmad) részben a gazdasági visszaesés következménye volt.

Ugyanakkor az időszakot jellemző események, mérföldkövek tanúsága szerint vitathatatlan az is, hogy a gazdasági visszaesés mellett konkrét, a közlekedés biztonságát támogató intézkedések is születtek. Úgy tűnik tehát, hogy a romló baleseti statisztikai adatok - különösen az évtized végéhez közeledve, melyhez a közlekedésbiztonsági célkitűzéseket rendelték – áttörték a döntéshozók ingerküszöbét is (ahogyan ez a Kormány által 2007-ben meghirdetett „Nulla tolerancia a közlekedésbiztonságban” programban olvasható is). A 2008-ban és 2009-ben hozott jogszabályi módosítások (objektív felelősség elve, zero tolerancia, az előéleti pontrendszer és a bírságolás szigorítása) mind a biztonság javítása felé irányultak. 2008-tól kezdődően megjelent az azóta is 3 évente kiadásra kerülő Közúti Közlekedésbiztonsági Akcióprogram, mely stratégiai kereteket biztosít a közlekedésbiztonság terén folyó tevékenységeknek. A 2011-ben hatályba lépett 176/2011. (VIII.31.) Korm. rendelet pedig az infrastruktúra biztonság javulását alapozta meg.

Mindemellett a vizsgált időszakban javultak a közlekedésrendészet feltételei is, melyet jól jellemez, hogy a folyamatos eszközbeszerzéseknek köszönhetően 2007-hez képest 32%-kal emelkedett a rendőrség sebességmérő eszközeinek száma, 2012-ben pedig megkezdődött a VÉDA projekt, az ezredforduló óta eltelt időszak legnagyobb közlekedésbiztonsági-forgalomfelügyeleti fejlesztése.

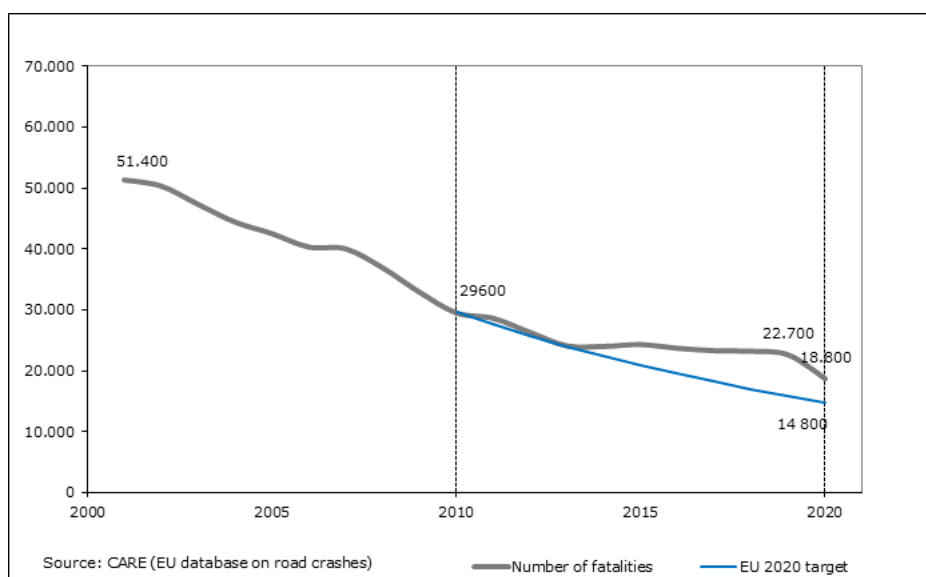


4. ábra: A közúti biztonság történeti áttekintésének V. szakasza (2007-től 2012-ig)

### 1.5 A VI. szakasz (2013-2018) értékelése

Az előző időszakot jellemző javulás 2013-tól megtorpant, stagnálás, lassú romlás következett. A 2013-tól 2018-ig tartó időszakban 2012-höz képest a közúti balesetben meghaltak száma 4,6 %-kal, a megsérült személyek száma 15,9 %-kal, a személysérüléses közúti balesetek száma pedig 11,7 %-kal növekedett (6. ábra). Igaz, mindehhez érdemes azt is hozzátenni, hogy az időszakban a közúti futásteljesítmény jelentősen nőtt (az "országos" közúthálózaton például 2013-hoz képest 2018-ra 27 %-kal, 2019-re 31,6 %-kal emelkedett [2]), így fajlagos értelemben valamelyest javulhatott a közlekedésbiztonság. Ugyanakkor az abszolút sérültszámok tekintetében átvett EU-s célkitűzések (pl. baleseti halottak számának felezése 2010-hez képest) elérése igen távolinak tűnt.

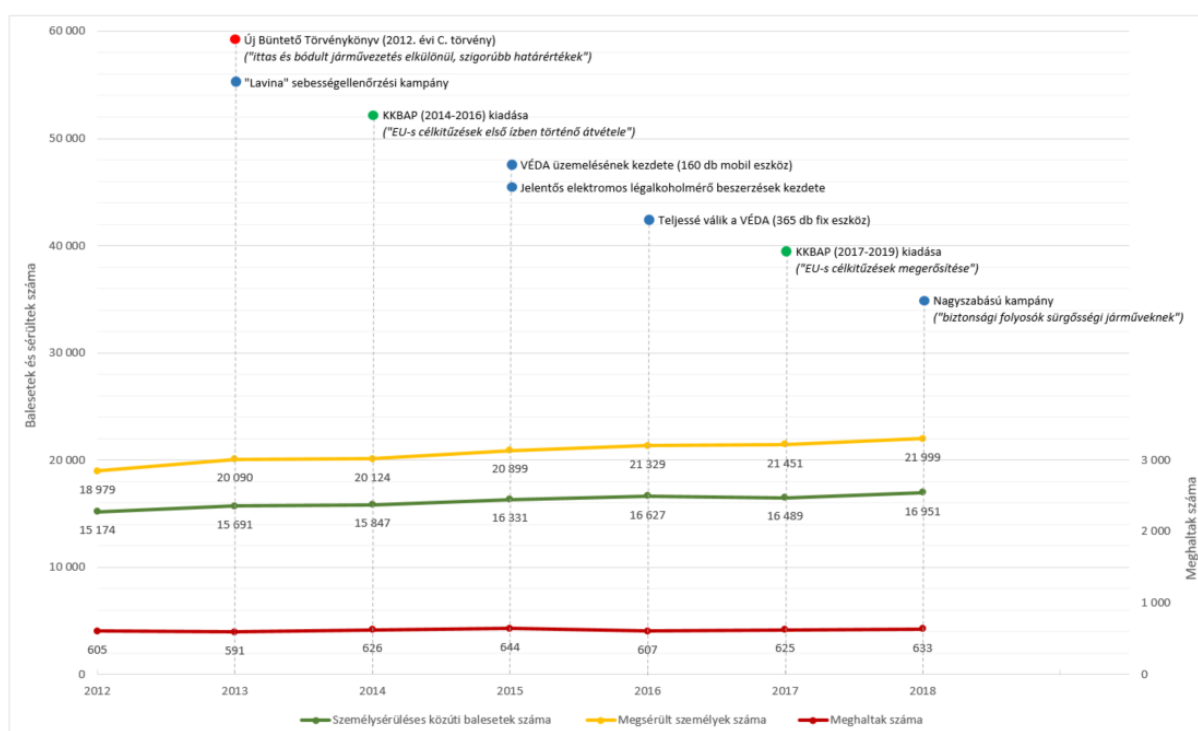
A közlekedésbiztonság javulásában történő megtorpanás egyébként nem csupán Magyarországon volt tapasztalható, hanem az EU egészében is (5. ábra).



5. ábra A közúti baleset következtében meghaltak számának tényleges (szürke vonal) és elvárt (kék vonal) alakulása az EU tagállamaiban [5]

Az EU-ban és hazánkban tapasztalható megtorpanás egyik magyarázatául tehát a gazdasági fellendülést említhetjük. Mindemellett a 6. ábrán az is jól látható, hogy az időszakban viszonylag kevés jelentősebb esemény, intézkedés történt a közlekedésbiztonság kapcsán, különösen a szabályozás területén. A Közúti Közlekedésbiztonsági Akcióprogramok ugyan 3 évente kiadásra kerültek, véleményem szerint azonban az azokban felvázolt célkitűzések és víziók meglehetősen általánosak, miközben az egyes részterületekhez (pillérekhez) kapcsolódó felelősségi körök és határidők meghatározása, az előrehaladás monitorozása és számonkérése nem érhető tetten. A gazdasági fellendüléssel párhuzamosan a technológia is fejlődött, a járműbiztonság javult, ugyanakkor az egyre terjedő vezetést könnyítő elektronikus berendezések időszakában a gépjárművezetők figyelmének elterelése is felmerült, mint lehetséges közlekedésbiztonsági romlást kiváltó ok.

Az intelligens VÉDA kamerarendszer üzembe helyezése Magyarországon láthatóan csak mérsékelt és átmeneti sikereket hozott. 2016-ban csökkent ugyan a közúti baleset következtében meghaltak száma, de 2017-ben már újra emelkedés mutatkozott. A telepített sebességmérő eszközök hátránya, hogy hatásuk csak nagyon rövid szakaszon mutatkozik. Nem csoda, hogy a rendőrség taktikát váltott és most már nem közli előre honlapján a mobil kamerákkal történő sebességmérések helyét, sőt, jelzés nélküli gépkocsikból is figyelik a szabályszegéseket. Vélelmezhető, hogy ezzel a váltással sikerült megakadályozniuk a közúti biztonság nagyobb mértékű, látványos romlását.



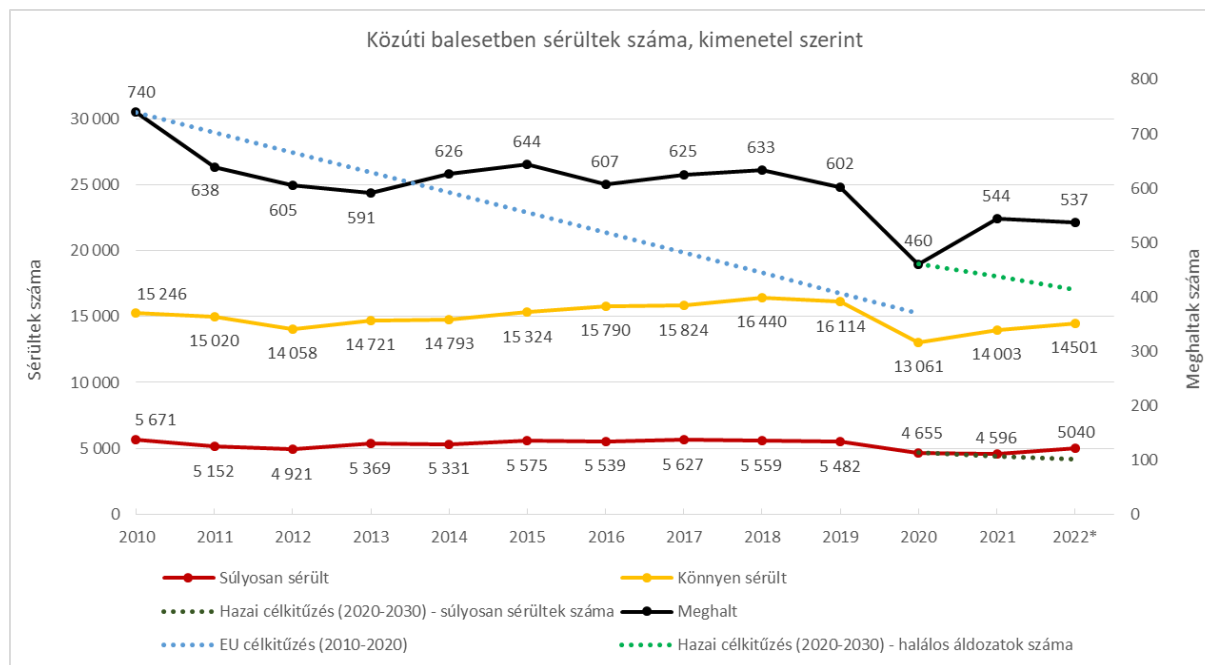
6. ábra: A közúti biztonság történeti áttekintésének VI. szakasza (2013-tól 2018-ig)

### 1.6 A VII. szakasz (2019-től napjainkig) értékelése

A stagnáló, lassan romló időszak lezárását a 2019. év hozta el, ebben az évben 2018-hoz képest visszaesett a balesetek és a sérültek száma is. Ugyanakkor a 2019-es adatok még jócskán elmaradtak az előző, közlekedésbiztonsági romlást/stagnálást mutató szakasz kezdő évében (2013) tapasztalt értékektől. A közlekedésbiztonsági adatokban drasztikus javulást a 2020. év eredményezett. Az év elején hazánkban is megjelenő koronavírus (COVID-19) járvány következtében az év jelentős részében a forgalom nagymértékű csökkenését előidéző intézkedések, folyamatok (kijárási korlátozások, tilalmak elrendelése, távmunka, távoktatás elterjedése, stb.) történtek. A balesetek és sérültek számában ugrásszerű csökkenés következett be (2019-hez képest a halálos balesetek száma 21%-kal, a súlyos sérüléssel járó balesetek száma 15%-kal, a könnyű sérüléssel járó esetek pedig 18%-kal esett vissza). Ebben azonban minden bizonnyal jelentős szerepe volt az említett folyamatok következtében a forgalom visszaesésének. Megjegyezzük, hogy a 2010-2020 közötti időszakra kitűzött uniós célt (közúti baleseti áldozatok és súlyosan sérültek számának felére csökkentése) még ezen folyamat hatására sem sikerült

teljesíteni, ahogy – Görögország kivételével - az Európai Unió országainak egyikének sem (hazánkban a közúti halálozások száma 2010-2020 között 37,8%-kal csökkent).

2021-ben bár a vírus még éreztette hatását, a korlátozások jellemzően rövidebbek és kevésbé szigorúak voltak, a forgalom jelentős, és ezzel párhuzamosan a balesetek száma is valamelyest növekedésnek indult. 2022-ben bár a meghaltak száma nem emelkedett, a forgalomnagyság további növekedésével párhuzamosan a súlyosan és könnyen sérültek száma is jelentősen nőtt a megelőző évhez képest (7. ábra). Úgy tűnik tehát, hogy az eddigiéknél fokozottabb közlekedésbiztonsági erőfeszítések szükségesek az évtizedre kitűzött célok eléréséhez.



7. ábra: Közúti balesetben sérült személyek számának alakulása 2010-2022 között

## Konklúzió

Kutatásom célja a magyarországi közúti közlekedésbiztonsági helyzet alakulásának hosszú távra kitekintő vizsgálata volt, különös figyelemmel a különböző külső tényezők (pl. társadalmi, gazdasági folyamatok) és események (pl. szabályozási, stratégiai intézkedések, külső behatások – világválság, pandémia) befolyásoló hatásainak azonosítására és elemzésére.

A cikkben a hazai baleseti adatok alakulását a közúti biztonság történelmi időszakai alapján elemeztem. Megállapítottam, hogy a hazai közúti biztonságot javuló, majd romló/stagnáló időszakok váltakozása jellemezte. Az időszakokban történt események, mérföldkövek alapján érzékeltetem, hogy a meghozott szabályozási és stratégiai intézkedések jellege, az ellenőrzésre, végrehajtásra fordított figyelem és források összessége, illetve a forgalmat jelentősen befolyásoló külső körülmények hatásai szorosan összefüggenek a közúti biztonság szintjével és trendjeinek alakulásával. A korábbi események, intézkedések tapasztalatainak figyelembe vétele különösen fontos annak tükrében, hogy az elmúlt években - a pandémia időszaka óta – a közlekedésbiztonsági adatok ismét romlásnak indultak.

A bemutatottak kapcsán meg kell jegyezni, hogy nem rendelkezünk pontos információval az összes bemutatott intézkedés, esemény és mérföldkő kapcsán arra vonatkozóan, hogy ezek önmagukban mekkora hatással bírtak a közúti biztonsági adatok alakulására. A legtöbb esetben a komplex együtt hatások következtében értelem szerűen nem is lehetséges ennek meghatározása. Kiemelendő ezért, hogy bár mindez jelentősen eltérhet az egyes megjelenített mérföldkövek kapcsán, az ábrázolás során ez nem jelenik meg, minden összegyűjtött eseményt elhelyeztem a diagramokon annak érdekében, hogy a külső körülmények alakulásáról minél komplexebb, többszemponú áttekintést adhassak.

A kutatás következő lépéseként javaslom a legnagyobb javíthatósági potenciállal rendelkező, kiemelt közlekedésbiztonsági kockázatok feltárását (pl. sebesség nem megfelelő alkalmazása, idősedő

társadalommal kapcsolatos közlekedésbiztonsági problémák, védtelenek biztonsága), továbbá az ezek felszámolására irányuló korábbi hazai, és nemzetközi jó gyakorlatok vizsgálatát. Nagyon fontos ugyanis, hogy közlekedésbiztonságra fordított, sokszor korlátos erőforrások a lehető leghatékonyabb módon, a legjellemzőbb problématerületekre fókuszáltan kerülhessenek felhasználásra.

### **Irodalomjegyzék**

- [1] KTI Nonprofit Kft.: Közlekedésbiztonsági folyamatok rövid- és hosszútávú elemzése, Közlekedésbiztonsági Kutatóközpont, témafelelős: Dr. Pauer Gábor, megrendelő: Innovációs és Technológiai Minisztérium, Budapest 2022.
- [2] KTI Nonprofit Kft.: A magyarországi közúti közlekedésbiztonsági helyzet részletes (hosszú és rövidtávú) elemzése, értékelése, Közlekedésbiztonsági Kutatóközpont, témafelelős: Prof. Dr. Holló Péter, Dr. Sipos Tibor, megrendelő: Innovációs és Technológiai Minisztérium, Témaszám: 3120-902-2-8 (19), Budapest 2019.
- [3] Holló P. – Zsigmond O.: Emelt közúti sebességhatárok közlekedésbiztonsági hatásvizsgálata idősorok elemzésével, Közlekedéstudományi Szemle 2005/55:(3) 90-95.
- [4] OECD/ITF: Why Does Road Safety Improve When Economic Times Are Hard?, Research report, International Traffic Safety Group, 2015. URL: <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/15irtadeconomicictimes.pdf>
- [5] CARE database. URL: [https://road-safety.transport.ec.europa.eu/statistics-and-analysis/methodology-and-research/care-database\\_en](https://road-safety.transport.ec.europa.eu/statistics-and-analysis/methodology-and-research/care-database_en)

# A közlekedésbiztonság fokozása a Komplex ITS Ökoszisztémával / Improving of the transport safety with the Complex ITS Ecosystem

Dr. Bódi Antal PhD<sup>1</sup> - Dr. Maros Dóra PhD<sup>2</sup> – Dr. habil Gáspár László DSc<sup>3</sup>

KTI Magyar Közlekedéstudományi és Logisztikai Intézet

<sup>1</sup>bodi.antal@kti.hu

<sup>2</sup>maros.dora@kti.hu

<sup>3</sup>gaspar.laszlo@kti.hu

**Kivonat:** A közlekedésbiztonság fokozásának elengedhetetlen feltétele a közlekedés egészének digitalizációja, a közlekedési digitális adattér létrejötte és annak biztonsága. A Komplex ITS Ökoszisztéma egy új, közhiteles, hálózatba kötött, integrált, digitális hatósági rendszer alapja lehet, amely adatvédelmi szempontból az EU GDPR, valamint az eIDAS és a NIS2 kötelező érvényű rendeleteinek is megfelel. A Komplex ITS Ökoszisztéma kialakításával megvalósítható a közlekedésben résztvevő, mozgó és nem mozgó járművek és eszközök adatainak biztonságos kommunikációs csatornákon való továbbítása, ezek integrálhatósága és az adatrendszerek egymásra gyakorolt kölcsönhatásának folyamatos elemzése. Külön elemzést igényel, hogy a kommunikációt milyen jelenleg rendelkezésre álló távközlési hálózati megoldások támogatják a leghatékonyabb módon, különös tekintettel a szolgáltatásminőségre, a szolgáltatás elérésére és az informatikai biztonságra.

**Abstract:** Prerequisite for improving transport safety is the digitalisation of transport and the creation of a digital transport data space and its security. The Complex ITS Ecosystem can be the basis for a new, publicly trusted, networked, integrated digital public authority system. The Complex ITS Ecosystem complies with the EU GDPR and the eIDAS and NIS2 binding regulations from a data protection perspective. The development of the Complex ITS Ecosystem will allow for the secure communication of data from transport vehicles and transport related devices, both in mobile and non-mobile situations and their integration and continuous analysis of the interaction between different data spaces. A specific analysis is required to determine which kind of currently available or soon available telecommunication network solutions support most secure communication in the most efficient way, with particular regard to quality and accessibility of services and IT and cyber security too.

*Kulcsszavak: 5-10 jellemző kifejezés megadása magyarul; pontosvesszővel tagolva*

*Keywords: 5-10 jellemző kifejezés megadása angolul; pontosvesszővel tagolva*

## Bevezetés

Dr. Bódi Antal doktori kutatásában a közlekedésbiztonság fokozását megalapozó Komplex ITS Ökoszisztéma kialakításának kérdéseit vizsgálta [1] Dr. Maros Dóra PhD témavezetésével és Dr. habil. Gáspár László DSc kutató professzornak a kutatást támogató KDP (Kooperatív Doktori Program) vállalati szakértőnek a kutatáshoz nyújtott szakmai segítségével. A cikkben összefoglaljuk a disszertáció és az elmúlt öt év legfontosabb közlekedésbiztonságot érintő kutatási megállapításait.

Az európai közlekedési ágazat digitális és környezetbarát átalakítása a mobilitási adatok intelligens megosztását igényli. A közös európai mobilitási adattér (European mobility data space továbbiakban EMDS) létrehozása a mobilitási adatok egységes piacának létrehozását célozza, amely megkönnyíti az információk biztonságos és ellenőrzött módon történő összegyűjtését és felhasználását Európa szerte. Az EMDS a közlekedési adatokkal kapcsolatos kezdeményezésekre és alkalmazásokra épül, és az interoperabilitás, a biztonság, valamint az adatok és szolgáltatások elérhetőségének és nyújtásának fokozását célzó kezdeményezések alkotják. A digitális technológiák alkalmazása ma már a közlekedési rendszerek számos területén elterjedtek. A komplex közlekedési rendszerek kialakításában jelentős számú fejlesztés párhuzamosan zajlik, azonban még nagyon sok olyan kérdés megoldása szükséges, amely a rendszerek kockázati tényezőinek és biztonságának vizsgálatára irányul. A közlekedés

digitalizációja olyan új technológiai és szabályozási kihívásokat jelent, amely fokozottan érinti a komplex közlekedési rendszerekben alkalmazott járművek és eszközök kommunikációjának biztonságát, az általuk generált adatok tárolásának és integritásának védelmét. Az intelligens közlekedési rendszerek (Intelligent Transportation Systems, továbbiakban ITS) kialakítása tekintetében az Európai Parlament és a Tanács hosszú távú irányelveket határozott meg, amelyek célja, hogy a tagállamok – összehangolt, innovatív közlekedési technológiák bevezetésével – optimalizálják, többet között a városok közötti forgalmát. A közlekedési rendszerek digitális integrációja révén olyan informatikai infrastruktúra jön létre, amelynek elemei és az általuk előállított adatok közvetlenül vagy közvetve jelentős hatással lesznek egymásra és ezáltal a közlekedésbiztonságra.

Az Európai Unió kiberbiztonsági stratégiája kiemelten foglalkozik a digitális rendszerek összekapcsolásának kérdéskörével, így azok sebezhetőségének vizsgálatával és kiberbiztonságának biztosításával is. Mivel a közlekedési rendszerek kritikus infrastruktúrának, mai szóhasználattal létfontosságú rendszernek számítanak, különösen nagy jelentőségű a magas rendelkezésre állásuk és a biztonságos működtetésük.

Az intelligens közlekedési rendszerek kialakításával növelhető a közlekedésbiztonság, a személy- és teherszállítási forgalomszervezés hatékonysága, és a közlekedési hálózatok kapacitásának jobb kiaknázása. A magyar ITS Nemzeti jelentése külön kiemeli, hogy az intelligens közlekedési rendszerek által nyújtott potenciál kiaknázása a gazdaság erőforrás-hatékony működéséhez stratégiai fontosságúnak tekinthető [2].

Az eddig megvalósult ITS célok ugyan nagy előrelépést jelentenek a jövő közlekedési rendszereinek kialakításában, azonban a jövő közlekedésére – mint komplex rendszerre - másként kell gondolni, paradigmaváltásra van szükség. Kizárólagos szerepet kell kapnia a közlekedés egészére horizontálisan kiterjedő adat digitalizációnak, ahogy más kritikus infrastruktúrát érintő területeken ez már bekövetkezett, vagy már elkezdett kialakulni. A legnagyobb lépésben az egészségügyi adattér kialakulása halad elsősorban a Covid pandémia által okozott felfokozott várakozások következtében.

A közlekedés komplex egészébe itt beleértjük nem csak a közlekedési infrastruktúrát és a forgalom menedzseléséhez köthető informatikai rendszereket, hanem a járművek gyártásához és üzemeltetéséhez kapcsolható adatteret is, különös tekintettel a közlekedésbiztonsági szempontok figyelembe vételére. Fel kell mérni a meglévő rendszerek adatintegrálhatóságát, és törekedni kell arra, hogy lehetőleg minden keletkező adat dinamikus és többcélú hasznosítása a GDPR szempontok maximális figyelembevételével történjen. A közlekedésben az önvezetési képességek megjelenésével és törekvésekkel új természetű kihívások jelentkeznek, a közlekedésbiztonság növelése iránti várakozás és az ennek eleget tevő digitalizációval lehet elősegíteni a társadalmi elfogadottságához szükséges bizalom kialakulását és ennek következményeként a közlekedés modernizációját.

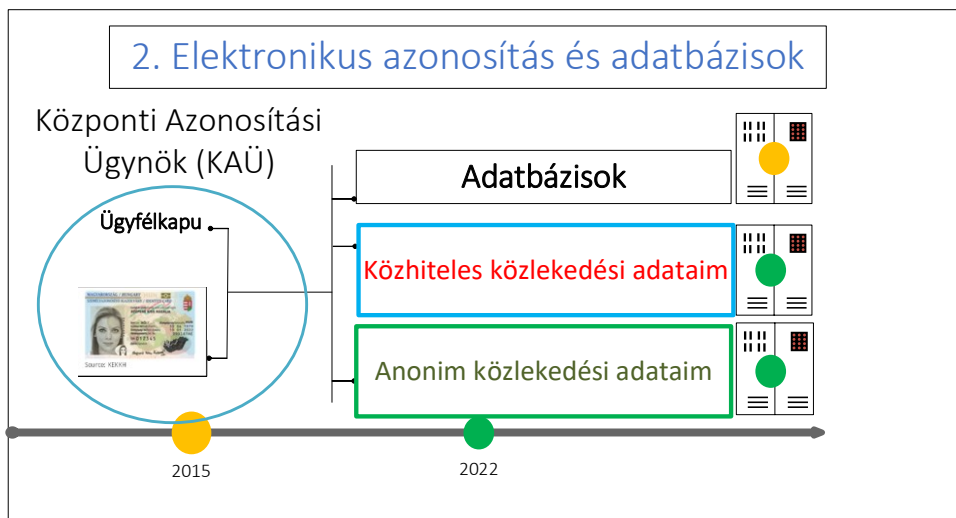
## 1. Az ITS Ökoszisztéma kialakítás fő hajtóerői

### 1.1 A Komplex ITS Ökoszisztéma létrehozásának kiberreziliencia kihívása

Jelenleg számos intelligens közlekedési rendszer kialakítására láthatunk példát, amelyek jellemzően egy-egy alrendszert szolgálnak ki. Ilyenek lehetnek például a navigációs rendszerek, a parkolási rendszerek, a forgalomszabályozó rendszerek stb. Minden digitális rendszer esetén fel kell készülnünk arra, hogy megfelelő védelemmel rendelkezzen a rendszerünk, amely nem csak a funkcionalitási kérdéseket érinti, hanem az európai digitalizációs és szabályozási törekvésekkel összhangban az ezekre épülő adatterek megbízhatóságára is fel kell készülnünk. Jelenleg jellemzően szigetszerűen működő intelligens közlekedési rendszerek által keltett adatok állnak rendelkezésre. Azonban, az itt felhasznált kriptográfiai módszerek nincsenek kellően felkészülve a jövőbeli kvantumkihívásra, a mesterséges intelligencia felhasználásának veszélyeire és a globális hálózat felől érkező kibertámadásokra. Szükséges egy olyan rendező elvet alkalmazni egy Komplex ITS Ökoszisztéma létrehozásával, amelyben az adatok csak akkor használhatók fel, ha biztosított a létrejövő közlekedési adattér kiberrezilienciája.

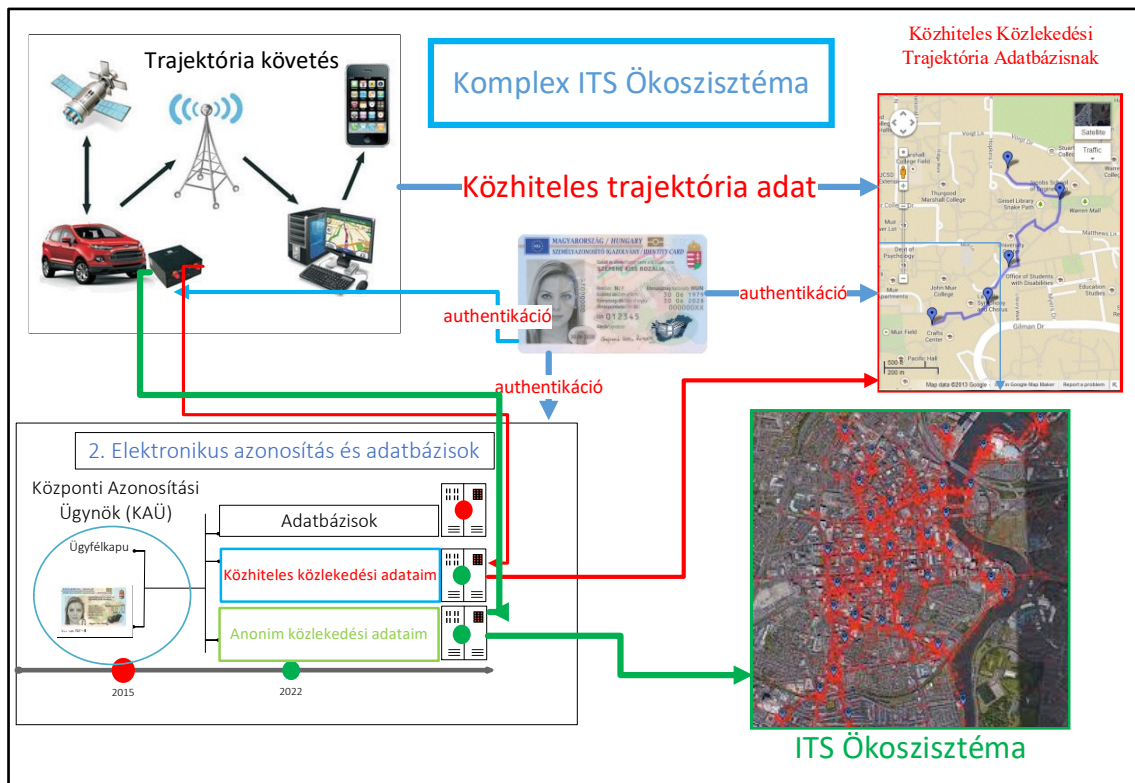
A kiberreziliens megoldás legfontosabb eleme a megfelelő járműkövető eszköznek a kiválasztása és a járműért felelős személy letagadhatatlan meghatározása. Az eszköz sajátossága, hogy egy kriptográfiailag jól védett duális nyomkövető és az ehhez kapcsolódó alkalmazás segítségével egyrészt

a járműért felelős személy (járművezető vagy üzemben tartó) elektronikus személyigazolványával összerendelt módon titkosított adat, másrészt egyszerre összerendelés nélküli közadat is keletkezik. A kettős, egymástól kriptográfiaileg különállóan titkosított csatornákon, egymástól is elválasztott adatgyűjtés lehetővé teszi a személyes adataink védelmét is, mivel az eSZIG-hez kapcsolt adatok titkosítottan és a felelős személyhez rendeltlen kerülnek rögzítésre (hasonlóan az elterjedt banki adatkezeléshez). Az ehhez szükséges azonosítási szolgáltatások Magyarországon a KAÜ (Központi Azonosítási Ügynök) Szolgáltatások keresztül lehetnének elérhetők, a magyarorszag.hu központi ügyintézői portálon keresztül mindenkinek, a saját tárhelyén kriptográfiaileg kvantum rezisztens módon védetten (1. ábra). Ez azt jelentené, hogy csak azok ismerhetik meg az adattartalmát, akinek az adat tulajdonosa meghatalmazást ad. Ebben az esetben titkosítva tartalmazza a járműért felelős személy eID-jához kapcsoltan gyűjtött adatokat, amellyel közhiteles módon lehet, szükség esetében, a személyi felelősséget bizonyítani. Az eID egyedi, önmagában kriptográfiaileg védett adat, amely az eID-t tartalmazó eSZIG felhasználóval bijektív megfeleltetés biztosított. Az összerendelés több titkosítási csatornán történik, mert magán az igazolványon rajta van a tulajdonos fényképe, a chipben pedig tárolásra kerül a digitális fénykép és a felhasználó ujjnyomata, amely így, biometrikus alapon, roppant erős bijektív megfeleltetést is jelent a tulajdonossal. Ez az összerendelés „több mint két faktor” jellegű biztonságos multifaktoros felhasználást tesz lehetővé, mert az eSZIG-et nem ruházta át senki egy másik személynek, hogy nevében eljárjon. Érzelmileg is kötődünk az eSZIG-hez, mert az egyéni identitásunk része. Ez jelenti a „több mint két faktor” hatás alapját, aminek nagyon racionális magyarázata is van. Ma már az eSZIG segítségével nagyon sok személyünkhöz kapcsolt ügyet tudunk on-line elintézni közhiteles módon és teljeskörű jogképességgel.



5. ábra: Az eSZIG alapú elektronikus azonosítás kapcsolódása a közlekedési adatainkhoz (saját ábra)

A GDPR szerint, a személyhez kapcsolható adatoknak garantálni kell a védelmét. Amennyiben meg kell állapítani a személyi felelősséget – például egy cserbenhagyásos gázolás esetében – hatósági eljárás keretében lesznek az érintettek adatai megismerhetők és felhasználhatók a bizonyítási eljárásban. Abban az esetben, ha rögzített trajektória adat tulajdonosa nem járul hozzá önkéntesen az adatok megismeréséhez a nyomozó hatóság részére, abban az esetben lehetőség lesz a kriptográfiai védelem megtörésére, ez azonban azzal jár, hogy nem lesz letagadható a kriptográfiai védelem feltörésének ténye és aki a feltörést elvégezte, annak kell igazolni a jogszerűséget. Ez ad garanciát az adattulajdonosoknak, hogy akaratuk ellenére ne lehessen nyom nélkül az adataikat titokban megnézni, megismerni. Ennek bevezetéséhez jogszabály módosítást kell végrehajtani, hogy ez egy olyan hatósági eszköz legyen, amely koncepcionálisan a kötelező „digitális rendszámot” bevezetését jelenti. Jogilag ugyanolyan védelme lenne, mint a jelenlegi rendszámot, vagy a hajók és a repülőgépek esetén a hatósági lajstromszám. A rendszámot vagy a lajstromszámot sem lehet meghamisítani, nem lehet letakarni vagy eltávolítani. Hatósági oldalról kell kezelni és szigorúan szankcionálni az ez irányú visszaéléseket, ha valaki megrongálja az eszközt vagy ellehetleníti annak a működését.



6. ábra: A Komplex ITS Ökoszisztéma (saját ábra)

A személyi kötöttség nélküli közadatként gyűjtött adatokat a bűnüldöző hatóságok is kezelhetik gyorsabban vagy egyéb jogsértések felderítése céljából, ha a bűnüldözésben érvényesítendő adatvédelemről szóló irányelvben fogalt konkrét feltételek teljesülnek. Ebben az esetben az ilyen adatok a büntetőjogi felelősség megállapítására vonatkozó határozatokra és bűncselekményekre vonatkozó személyes adatoknak minősülnek az általános adatvédelmi rendelet 10. cikkében és bármely alkalmazandó nemzeti jogszabályban meghatározott feltételek szerint. Az Európai Adatvédelmi Testület rámutatott, hogy a személyes adatok kizárólag a bűnüldöző hatóságok kérelmeinek teljesítése céljából történő kezelése nem minősül az általános adatvédelmi rendelet 5. cikke (1) bekezdésének b) pontja értelmében vett meghatározott, egyértelmű és jogszerű célnak. Jogszabály általi felhatalmazás esetén a bűnüldöző hatóságok az általános adatvédelmi rendelet 4. cikkének (10) bekezdése értelmében vett harmadik félnek minősülhetnek, mely esetben a gyártók jogosultak bármilyen, a rendelkezésükre álló adatot átadni számukra az egyes tagállamok vonatkozó jogi keretrendszerének tiszteletben tartásával [1].

A tervezett rendszerrel szemben lényeges elvárás lenne, hogy ne csak a létrehozás pillanatában, hanem a teljes életciklusára kiterjedően a legszigorúbb biztonsági audit elvárásoknak feleljen meg, és legyen összhangban a kialakítás alatt levő EU-s szintű kibervédelmi szabályozásokkal és a NIS2 hatályba lépő rendelettel is.

A Komplex ITS Ökoszisztéma úgy lenne technikailag kialakítható, hogy minden, a közlekedés számára releváns, mozgó és nem mozgó eszközön lenne hatóságilag kiadott, egyedi, integrált IoT alapú, GPS/GNSS szenzor, amely egyben az eIDAS szerint hitelesíthető és összerendelhető chip is lenne. Az adatgyűjtést kezdetben NB<sup>1</sup> hálózaton vagy LoRa WAN<sup>2</sup> hálózaton, vagy ezek kombinációjaként létrejövő dedikált államilag harmonizált frekvencián lehetne megvalósítani. Ennek lenne rendszeres auditálási követelménye is, különös tekintettel az IT biztonsági megfelelésre, a rendszerek

<sup>1</sup> A Low Power Wide Area (LPWA) technológia és a Narrow Band IoT (NB-IoT) az Internet of Things - M2M kommunikáció témakörén belül a legizgalmasabb témakörök közé sorolhatók. Az elemzők szerint, 2023-ig világszerte, mintegy 3 milliárd LPWA eszköz hálózatra kapcsolódása várható. Az olcsó, alacsony energiaigényű NB-IoT megoldás a felhasználók számára, nagy területi lefedettséget és hatékony beltéri használatot kínál.

<sup>2</sup> A LoRaWAN technológia egyik legnagyobb előnye annak rendkívüli energiahatékonyságában rejlik, kiemelkedik egyszerűségével, rugalmasságával, nagyszámú csatlakozási lehetőséget kínálva a külvilág felé.

bizalmosságára, sérthetlenségére és rendelkezésre állására, a GDPR elvárásoknak és auditnak megfelelően. A kulcselem a korábban jelzett eSZIG lenne, amelynek segítségével a járművezetőket/üzembentartókat a digitálisan rögzített adataikkal képesek lennének egyértelműen összerendelni, mégpedig titkosítottan, az EU normáknak megfelelően és auditált módon. Az így létrejövő Komplex ITS Ökoszisztéma kialakításának alapját a közlekedésben részt vevő, mozgó - akár kiterjesztve a nem mozgó - eszközök folyamatosan mért, digitálisan tárolt, továbbított, védett, feldolgozott, és szükség esetében, közhitelesen tanúsított adatai szolgáltatnák.

Ezen kívül pozitív externália lenne a közlekedési eszközöket vezető (objektív felelősség elve alapján, az üzembentartók) tudatába beépülő felelősebb magatartás és ennek következtében, a közlekedési szabályok fokozottabb betartása.

## 1.2 A Komplex ITS Ökoszisztéma elfogadása

Amennyiben ez a digitális transzformáció bekövetkezik, ezzel létrejön a Komplex ITS Ökoszisztéma, azaz az egész közlekedés digitalizálódni fog, mert minden közlekedő objektum, legyen az gépjármű, hajó, paplanernyő vagy akár drón által leírt trajektóriák titkosítottan és anonimizált közadat formájában egyszerre rendelkezésre fognak állni.

Valószínű, hogy ez a megoldás is rövid időn belül be fog épülni a hétköznapijainkba, mivel az emberek a jelentős változásokat hamar képesek elfogadni, amennyiben azok az egyénnek vagy a társadalomnak hasznosak. Eleinte szokatlan lesz számunkra, de előbb-utóbb el fogjuk fogadni, mert ez által a közlekedés sokkal fegyelmezettebbé, hatékonyabbá és biztonságosabbá válik.

Várakozásunk szerint a legnagyobb eredmény, hogy a balesetek száma drasztikusan le fog csökkenni, elérhető vagy megközelíthető lesz akár a zéró szint is. Kevésbé fognak súlyos balesetek bekövetkezni emberi felelőtlenségéből, mert alapjaiban tudatosabban fognak az emberek vezetni, ugyanis a baleset létrejöttét befolyásoló körülmények minden esetben közhiteles módon vizsgálhatók és bizonyíthatók lesznek.

A Komplex ITS Ökoszisztémát tekinthetjük a közlekedés egészéhez rendelt speciális biztonsági lognak, amely a közlekedés folyamatának teljeskörű dokumentálását, az utólagos bizonyíthatóságát, valamint a dinamikus menedzselését egyidejűleg elő tudja majd segíteni. Ez a folyamatos ellenőrzés be fog épülni az emberek mindennapjaiba, mint ahogy beépültek a korábban szinte elképzelhetetlennek tűnő, hasonló kontroll intézkedések. Például a nagyon sok helyen elterjedt okos kamerarendszerek használata.

## 1.3 A Komplex ITS Ökoszisztéma pozitív hatásai

A relatív gyorsajlás, illetve nem az út-, és forgalmi viszonyoknak megfelelő sebesség megválasztása kimutathatóvá válik. Például gyakori baleseti körülmény, hogy valaki az autópályán a belső sávban 130 km/h-s sebességgel halad, és a külső sávban a 90 km/h sebességgel haladó jármű hirtelen kihajt elé anélkül, hogy meggyőződne a művelet kockázatáról, mivel meg kívánja előzni az előtte haladó kamiont. Ennek következtében baleseti körülmény alakul ki, amelyben nehéz a jelenlegi kontroll rendszereinkkel bizonyítani, hogy ki volt figyelmetlen és kinek a hibájából következett be a baleset.

A legfontosabb következmény, hogy az összes járműmozgás adatainak lenyomata titkosítottan tárolásra kerül, ebből a teljes lenyomatból pedig bármilyen eseménysorozat rekonstruálhatóvá válik, amennyiben minden járműre kiterjesztésre kerül a közhiteles járműkövetés. Az EU jogszabályi megfeleléségi garanciák biztosítják, hogy csak akkor lehessen ezekhez az adatokhoz hozzáférni, amennyiben az hatóságilag indokolt és csak a törvényi szabályozásban meghatározott garanciák és ellenőrzések mellett. A közlekedők számára, a törvény teljeskörű védelmet biztosít azáltal, hogy a közlekedési hatóság az adatokhoz csak indokolt esetben és csak dokumentáltan férhet hozzá. [1]

Van egy további előnye is, ez az objektív bizonyíthatóság lehetősége. Közismert, hogy mint üzembentartók objektíve felelősek vagyunk a tulajdonunkban levő járműért. Ez azt jelenti, hogy amennyiben a jármű elkövet valamilyen szabálytalanságot - az objektív felelősség elve alapján - az üzembentartó vonható felelősségre. Például, a VÉDA rendszer tévesen mérne be egy gyorsajlást, akkor az üzembentartó automatikusan megkapja a büntetést, és neki kell bizonyítania, hogy a járművel nem is járt azon a területen. Jelenleg ennek cáfolatára vagy nincs mód, vagy csak igen hosszas pereskedéssel bizonyíthatjuk, ha megfelelően tudjuk magunkat igazolni. A Komplex ITS Ökoszisztéma, a közhiteles nyomkövetése által, független, objektív bizonyíthatósági lehetőséget teremtheti meg.

Nagyon kedvező hatás lehet az is, hogy ezzel a módszerrel jelentősen mérsékelni lehet a forgalmi dugókat. Ha bevezetnénk, hogy a közlekedési lámpák nem statikus program alapján vezéreljenek, hanem az ITS Ökoszisztéma közadatai alapján igény vezérelt módon, akkor onnantól kezdve a forgalom dinamikájához alkalmazkodva lehetne a közlekedési lámpákat vezérelni, és ettől kezdve megnövekedne a szintbeli csomópontok forgalmi áteresztő képessége. Ez adatszinten alapja lehetne olyan komplex közlekedésirányítási rendszernek, amely minden zavar esetében, dinamikus – az MI (Mesterséges Intelligencia) és Big Data alapokon – képes lenne azonnal beavatkozni. Az egyének szempontjából a navigációs rendszerek is pontosabbá tehetők, mivel az összes jármű valós adatai alapján tudnának közlekedési és vezetési tanácsokat adni. Ezzel létre lehet hozni öntanuló, kiber-fizikai térben működő, alkalmazkodó modellezési algoritmusokat és az ehhez kapcsolódó kísérleti, tervezési, verifikációs eljárások kidolgozását és a valós adatokon alapuló mesterséges intelligenciát alkalmazó közlekedésbiztonságot növelő fejlesztéseket.

Az ITS Ökoszisztéma eredményeként a közlekedési kapacitások jobb kihasználhatósága meg fog nőni, ha az infrastruktúratervezéseknél nemcsak a becsült adatokból, hanem valós és folyamatosan mért adatok alapján lehet a változtatásokról pontosabb szimulációkat kialakítani.

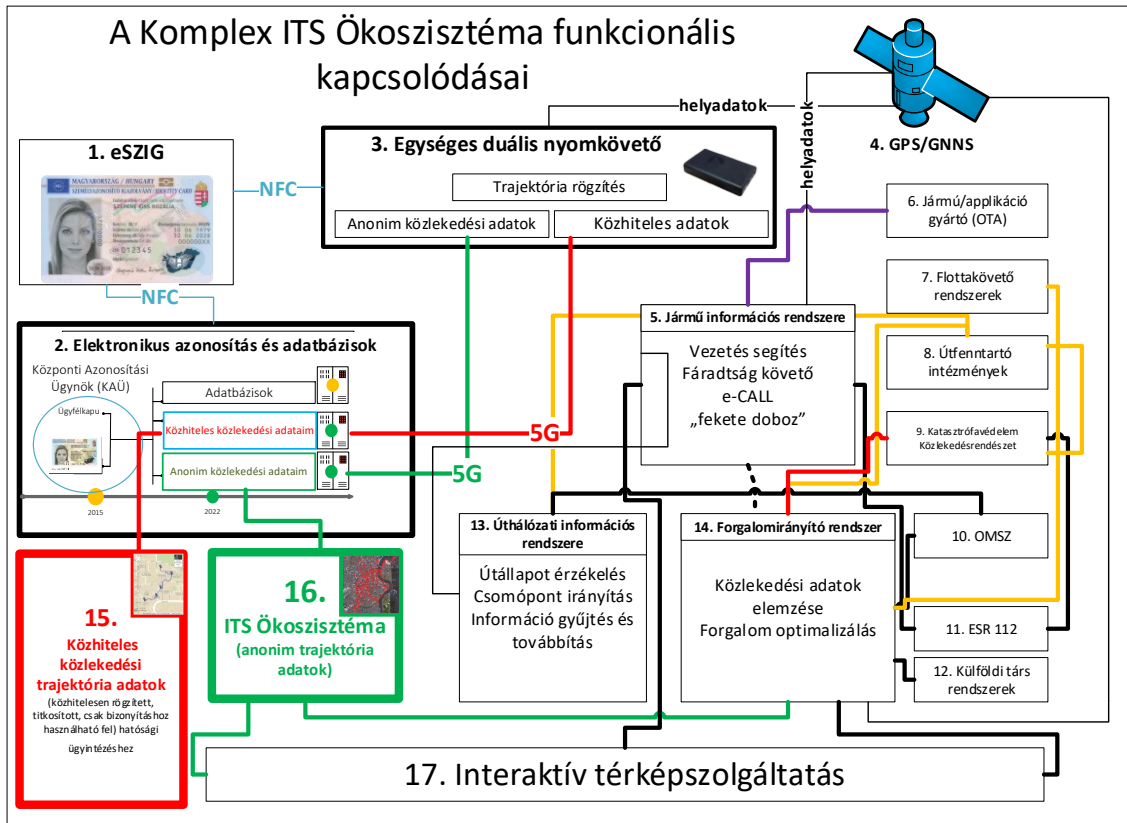
Amennyiben az egész közlekedést jellemző, dinamikus állapottereket megismerjük, azzal további lehetőségek nyílnak. A pontos forgalmi idősorokkal egyenletesebbé tehetjük a meglévő kapacitások kihasználását minden időpillanatban. Ilyen lehet, ha dinamikus útdíjarazással történő visszacsatolásokkal, időben széthúzzuk a forgalmi terhelési csúcsokat. Ezzel el lehetne laposítani a csúcsterheléseket, és az egész közlekedést hatékonyabbá lehetne tenni. Hatékonyabb lenne a közlekedés akkor is, ha a közlekedők érzékenységét kihasználva, a forgalom jelentős részét árkedvezményekkel a kevésbé kihasznált napszakokra terelnék át.

Az egész úthálózat fizikai állapotáról (a különböző burkolatállapot-paraméterek pillanatnyi értékéről, a valódi megtett úthasználatról) folyamatosan pontos információkhoz lehetne jutni, amennyiben a trajektória sereg jellegének a megváltozását ki tudnánk elemezni egy-egy útszakasz esetén kiterjesztve az egész úthálózatra. Maga a „letapogatás” hasonló lenne, mint a digitális útskennerekkel történő útelemezések esetén, csak itt maguk a járművek trajektóriáival végeznék el a „szkennelést”.

A fejlesztések azt mutatják, hogy az 5G és a V2X technológia révén, a járművek és az intelligens infrastruktúra közötti kommunikáció is ki fog alakulni. Az ITS Ökoszisztéma ehhez az elképzeléshez viszonylag könnyen kialakítható, átmeneti rendszert tud létrehozni, ami magában hordozza az egész közlekedés digitalizációjának lehetőségét. Kezdetben az önvezető és a nem-önvezető világ közötti átmenet elősegítésére alakítjuk ki ezt a rendszert. A továbbiak során, ez magával fog hozni olyan fejlődést, amely minden közlekedési módra kiterjed, és ezzel a közlekedés optimalizálása a digitális térben fog zajlani, a közlekedést leképezzük egy digitális iker modellbe. A valóságban pedig ezzel a fizikai közlekedési térben a hatékonyság és a közlekedésbiztonság jelentős mértékben megnövelhető.

A közlekedésbiztonság növelését elsősorban az ellenőrizhetőség és a bizonyíthatóság kialakításán keresztül lehet elérni. Amennyiben a közlekedés szereplői szabálykövető magatartást tanúsítanak, akkor azzal elkerülhetővé válnának az emberi hibából származó balesetek és a közhiteles digitalizációval ezt elő lehet segíteni. Ez adja a legfontosabb előnyt, amely elvezet a társadalmi elfogadottságához szükséges bizalom kialakulásához és járulékos előnyként fog megjelenni ennek következményeként a közlekedés átfogó modernizációja.

## 2. A Komplex ITS Ökoszisztéma funkcionális kapcsolódásai



7. ábra: A Komplex ITS Ökoszisztéma funkcionális kapcsolódásai (saját ábra)

A Komplex ITS Ökoszisztéma funkcionális kapcsolódásait a 3. ábra mutatja be a legfontosabb adatgyűjtési, mérési és továbbítási elemekhez, szervezetekhez és struktúrákhoz. Ebben a fejezetben a megszámozott főbb elemek kapcsolódását érintjük. A Komplex ITS Ökoszisztéma modell kulcseleme az 1. eSZIG meghatározó szerepet kap, amely NFC kommunikációs képességet kihasználva rendeli hozzá az egyedi eID-t mind az 2. Elektronikus azonosítás és adatbázis alkalmazáshoz, amely a Magyarország.hu egy lehetséges szolgáltatás bővítése lehet, valamint a 3. Egységes duális nyomkövetőhöz, amely a járműhöz rögzített módon, de attól függetlenül működik. Ez az eszköz a 4. GPS/GNNS műholdadatokból és nem jelzett földi pontosító eszközök segítségével helyben előállítja két féleképpen a mozgást jelképező trajektóriát. 5. Jármű információs rendszerében, folyamatosan az általa igényelt dinamikusan térképszelvényrészlettel (17. Interaktív térképszolgáltatás), amely a jármű mozgásával folyamatosan változik, együtt mozog a járművel. A járművezetők ugyanezen a panelen keresztül képesek visszacsatolást eszközölni, amennyiben valami váratlan dologgal találkoznak és úgy ítélik meg, hogy erre a többi járművezetőnek is tudnia kell. A 14. Forgalmirányító rendszer részéről is lehet a térképi információkat befolyásolni, így ezzel sokkal nagyobb mennyiségű közlekedési adat vagy más befutott információ alapján lehet a járművezetők számára még távoli események hatását előre vetíteni. A 17. Interaktív térképi szolgáltatás a 5. Jármű információsrendszer számára adja a minden pillanatban aktualizált térképet. Egyes rendszerek lehetővé teszik akár a valósággal közel azonos három dimenziós térképek vagy akár realisztikus fotók megjelenítését, mintha a járművünk egy virtuális térben mozogna. A 5. Jármű információs rendszere / mobil applikációk szempontjából kritikus tényező magának a szoftvereknek a biztonsági megfelelése és kiemelten fontos, hogy a megfelelő forráskód védelmen túl megakadályozásra kerüljön a nem megfelelő szoftverekkel történő frissítés. A 6. Jármű / applikáció gyártó szolgáltatásról az OTA frissítésekről részletes információ található a „1.3 A gépjárművek digitalizációjának legújabb fejlesztései” fejezetben [1]. Minél inkább elterjed és kibővül a járművekbe beépített intelligens rendszer használata, annál nagyobb kockázatot jelent az éles rendszeren történő minden központi változtatás. A 7. Flottakövető rendszerek hatékonyságát jelentős mértékben meg lehet növelni, ha ők maguk is szolgáltatnak adatokat és ők maguk is kapnak adatokat a 14. Forgalmirányító rendszertől. A 8. Útfenntartó intézmények elsősorban maga az állam és az önkormányzatok, kis részben találunk magán útfenntartókat is. Számukra az ITS ökoszisztéma

egésze egy nagyfokú transzparenciát eredményezne. Valódi képet kaphatnának a valós úthasználatról, az utak minőségéről. Ez alapján valódi mért adatok alapján tervezhető lenne az utak időbeli megelőző karbantartása, felújítása. Illetve ők maguk is, mint információ források, kapcsolatban állnak az egész közlekedéssel a 13. Úthálózati információs rendszeren, a 14. Forgalmirányító rendszeren és a 9. Katasztrófavédelem és Közlekedésrendészeten keresztül. A Katasztrófavédelem és a Közlekedésrendészet feladata, hogy menedzselje a közlekedés egészét, mint egy veszélyes üzemet és egyben kritikus infrastruktúrát, hiszen az utakon előforduló baleseteknél a katasztrófavédelem szakmai szervezeti tudnak hatósági intézkedéseket eszközölni. A Közlekedésrendészet feladata, hogy kiszűrje a szabálysértő viselkedést mutató járművezetőket és preventív módon járuljon hozzá a közlekedésbiztonság javításához. Ehhez felhasználják a legmodernebb felügyeleti rendszert, a VÉDA Közúti Intelligens Kamerahálózatot. Azonban a VÉDA segítségével jelenleg csak hálózatba kapcsolt lokális információval rendelkeznek, így az ITS ökoszisztéma létrejötte lehetővé tenné, hogy célzottan fel lehessen készülni a balesetek elkerülésére, megelőzésére. Az anonimizált trajektóriák elemzésével azonnal ki lehetne szűrni azokat a járműveket, amelyek jelentős mértékben veszélyeztetik a többi közlekedő biztonságát, így például az autópályákon a leállósávon nagysebességgel közlekedő járművek azonnal kiemelhetők lennének. 10. OMSZ (Országos Meteorológiai Szolgálat) feladata, hogy a törvényi előírásoknak megfelelően gyűjtse a meteorológiai adatokat és azokat folyamatosan szolgáltatassa a szervezeteknek. A közlekedési vállalatoknak, forgalmirányítóknak külön előrejelzés és szükség szerint riasztás készül, amely alapján fel tudnak készülni a váratlan meteorológiai helyzetekre és időben tudják figyelmeztetni a közlekedőket. A 11. ESR 112 rendszer beintegrálásának a célja, hogy közlekedési baleset bekövetkeztekor, a járművekbe épített, intelligens e-CALL egység révén a segélyhívó központot azonnal értesítse, és a megfelelő tevékenységeket el lehessen indítani. A 14. Forgalmirányító központ feladata a központi forgalmirányítás bonyolultságának a kezelése. Az ITS Ökoszisztéma által folyamatosan újratermelődő adat feldolgozása más szemléletű kihívást jelent, elengedhetetlen lesz a Big Data szemléletű megközelítés és a mesterséges intelligencia használata. A 3.2 Az önvezető világba történő átmenet kérdései fejezetben ismertetett kínai megoldás megmutatja, hogy ezt meg lehet valósítani. Annyi a különbség az általam javasolt megoldásnál, hogy ebben az esetben nem okos kameraképektől származó adatokra, hanem az egész közlekedést dinamikusan reprezentáló anonim trajektória adatokra lehet építeni. Ez jelenleg több nehézséget okoz. Elsődlegesen, a meglévő legacy (örökölt) rendszerek folyamatos működtetése elkerülhetetlen. Nem mondhatjuk, hogy leállítjuk az összes központi forgalmirányítást és majd áttérünk egy teljesen új, csupán mért adatokon nyugvó modell használatára. Nagyon komoly kihívás, hogy hogyan tudjuk megteremteni egyszerre a központi adatelemzést a decentralizált döntéshozatali képességgel összhangban. A 13. Úthálózati információs rendszer kiterjesztése hozza el a legnagyobb technikai és szemléletbeli változást az úthálózati rendszer intelligensé tételeitől. Ma is nagyon sok külön célú mérési rendszer van már telepítve az úthálózatra, ezek végzik az adatgyűjtést és ez alapján az információs szolgáltatást. Jellemzően ezekben a rendszerekben gyűjtött információk nem hasznosulnak a közlekedés egésze számára. A jövőben a forgalmi irányítás decentralizációjával egyre több helyi szinten keletkező adat kerülhet helyben megosztásra. Az ökoszisztéma egésze számára kiemelt jelentőségű, hogy ezeket az információkat jogilag is elérhetővé tudjuk tenni, mint például más közlekedést befolyásoló alapadatokat. Az úthálózati információs rendszer legismertebb elemei jelenleg a változtatható jelzésekű táblák (VJT). A dinamikus forgalmi menedzsment rendszerek harmonizálják a forgalmi folyamatot, és a forgalmi helyzetnek megfelelően befolyásolhatják a járművek sebességét. A jövő közlekedésében a 17. Interaktív térképszolgáltatás felhasználása adja majd a legfontosabb alapvető támogató szolgáltatást. Ma már az összes navigációs rendszer olyan folyamatosan frissülő térképekkel dolgozik, amelyek rendszeresen frissülnek az aktuális közlekedési helyzetekkel és változásokkal, és amely információk forrása a többi jármű, vagy valamely közlekedést támogató szolgáltató. Folyamatosan nyomon követhető a megengedett legnagyobb sebesség, a foglaltsági és a pillanatnyi sebességi információk, váratlan helyzetek, közlekedésrendészeti ellenőrzések, torlódások, balesetek, parkolási információk, üzemanyagárak, üzemanyagtöltő állomások, turisztikai látnivalók, segítségkérések stb. A térképeken található információk validálásáról maguk az utazásban résztvevők gondoskodhatnak. Ez a pozitív visszacsatolás lehetővé teszi a folyamatos frissítést és a járművezetők informáltságát. A térképi szolgáltatás pont-multipont elosztással jelenik meg minden 5. Jármű információs rendszerében, folyamatosan az általa igényelt dinamikusan térképszelvényrészlettel, amely a jármű mozgásával folyamatosan változik, együtt mozog a járművel.

Nagyon nagy a felelőssége annak, hogy az egész országra kiterjedő közhiteles közlekedési rendszert hozzunk létre. Ennek előfeltétele, hogy a várható kiberkockázatokra is felkészüljünk, ezek közül kiemelkedik a poszt-kvantumtitkosításra alkalmas kibereziliens rendszer megalapozása. Ennek a kialakításához a szükséges technikai feltételek még nem állnak rendelkezésre, azonban a jogi feltételek hamarosan rendelkezésre fognak állni, ami elsősorban a kibervédelmi elvárásokat jelenti. A Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága a 2021. évi CXXXVI. törvény alapján felkészül a kibervédelem területén az állami és önkormányzati szervek elektronikus információbiztonságáról szóló 2013. évi L. törvény módosítása alapján a poszt-kvantumtitkosítás alkalmazására.

## Konklúzió

A Komplex ITS Ökoszisztémához szükséges eIDAS konform eSZIG nagyarányú elterjedtsége komparatív előnyt jelent Magyarország számára. Az ITS ökoszisztéma kialakításával a pozitív hatásokból leszűrhetők társadalmi előnyök érhetők el az üzleti és társadalmi várakozásokkal összhangban, amely az önvezető közlekedés elterjedését igyekszik felgyorsítani.

Az ITS a közlekedésben alkalmazott infokommunikációs technológiák alkotta egységes rendszert jelenti, amelynek segítségével a közlekedési módok mind társadalmi, mind egyéni szempontból optimalizálhatók, azaz javítható a költséghatékonyság, csökkenthető a környezeti terhelés, valamint javítható a közlekedés biztonsága, informáltsága és kényelme. A Komplex ITS Ökoszisztéma fejlesztése során a hangsúlyt arra kell helyezni, hogy egyszerre teljesüljenek mind a társadalmi, mind pedig az egyéni szempontok. A Komplex ITS Ökoszisztémát a közhitelesen rögzített közlekedési adatokra támaszkodva kell létrehozni. Ezzel biztosítható, hogy a közlekedés egészére az úgynevezett megmásíthatatlan biztonsági napló (security log) jöjjön létre. Ez esetünkben azt jelenti, hogy a közlekedési trajektóriákat (a közlekedést jellemző pályát, sebességet és időt rögzítő adatokat), és ezzel a közlekedési tér mozgó vagy nem mozgó résztvevőinek állapotváltozását digitálisan és közhitelesen rögzítik. Ennek eredményeként az feltételezhető, hogy a közlekedésben részt vevők viselkedése kedvezően fog változni, mert minden közlekedési aktivitás mérhető és dokumentálható lesz, és ez által a közlekedésből származó társadalmi veszteség a jövőben jelentős mértékben csökken, a közlekedésbiztonság pedig érdemlegesen fog javulni. Ezzel a közlekedés egésze – a vonatkozó európai és hazai szabályokkal összhangban – közhitelesen tanúsíthatóvá válik. Előzményként felhasználható a gyakorlati megvalósításához a már elterjedt, flottakövető rendszerek, és az EU intelligens tachográfhoz kapcsolódó elképzelések. Ezek alapján egy új hatósági rendszert lehet létrehozni, amely adatvédelmi szempontból az EU kiberbiztonsági tanúsítása szerint, az EU GDPR, valamint az eIDAS és a NIS2 kötelező érvényű rendeleteinek is meg fog felelni.

Az előzőek alapján egy bizalmi modell jönne létre, azaz olyan speciális adattér, amely elemeinek kiberbiztonsági védelme garantált és tanúsított (trust space<sup>3</sup>). Az adattérben lévő adatok megmásíthatatlanok, megőrzöttek, kompromittálhatatlanok, adott felhasználásra/felhasználási célra érvényesek és elérhetők. A felhasználás ellenőrizhetőségének mind technikailag, mind pedig törvényi szabályozás szerint a teljes életciklus alatt biztosítva kell lennie.

Ez a modell a bizalom két szintjén alapul, amely jelentős mértékben hozzájárul a közlekedés biztonság növeléséhez:

- egyéni szintű bizalom: a szereplők tevékenységének a teljes körű biztonsági logolása;
- rendszerszintű bizalom: alapja a rendszer egészén belüli zéró bizalom (Zero Trust) elvére épül, és ki kell zárni minden olyan elemet, amelynek biztosítása egyéni hozzáálláson vagy ki nem kényszeríthető szabálykövetésen múlhatna.

A Komplex ITS Ökoszisztéma kialakítása nem szükségképpen igényel kezdetben nagy sávszélességű, magas rendelkezésreállású, kiemelt biztonsági paraméterekkel rendelkező hálózati lefedettséget, mint amilyen például az 5G hálózat. Az autonóm közlekedés nagyon nagy adatigényének a kielégítéséhez azonban az 5G képességei elengedhetetlenek lesznek.

Az 5G hálózat olyan széles alkalmazás-spektrumot fog kiszolgálni, hogy a szolgáltatás biztonság garantálásánál több esetben is a kritikus infrastruktúráktól elvárható minőséget kell tudnia szolgáltatni.

<sup>3</sup> <https://www.x-ehealth.eu/trust-space-background/> letöltve 2022.02.22

Igen kritikus szolgáltatások pl. a távegészségügyi alkalmazások, távsebészet, precíziós mezőgazdaság vagy az ipar 4.0 alkalmazások kiszolgálása. Amennyiben a Komplex ITS Ökoszisztéma is 5G hálózati alapon hozzuk létre, akkor ezzel garantálható lesz a rendszer IT biztonsága és üzembiztonsága kvantumrezisztens módon. Megfigyelhető a már jelenleg is elérhető navigációs rendszerek elterjedésénél is, hogy egyre pontosabban képesek működni az elterjedtségük növekedésével.

A Komplex ITS Ökoszisztéma kialakításánál ez az elterjedtség 100 %-os szintre lesz emelhető, amennyiben a jogszabályi változások ezt elő fogják írni. A teljes közlekedés anonimizált közadatként felhasználható trajektóriából felépülő digitális tér, az ITS Ökoszisztéma, a közlekedés hatékonyságához és a devianciák preventív kiszűréséhez fog hatékonyan hozzájárulni. A kriptográfiailag védett, nevesített adatok pedig lehetővé teszik a közlekedési balesetek közhiteles bizonyíthatóságát.

### **Irodalomjegyzék**

- [1] Bódi Antal: Közlekedésbiztonság fokozását megalapozó Komplex ITS Ökoszisztéma kialakításának kérdései 121 p. Óbudai Egyetem, Biztonságtudományi Doktori iskola, Maros Dóra Védés éve: 2022 Megjelenés/Fokozatszerzés éve: 2022
- [2] ITS Nemzeti jelentés , Innovációs és Technológiai Minisztérium Budapest, 2020. augusztus
- [3] Horváth B. – Horváth G.: Methodolgy of Public Transport Planning, European Society of Transport Institutes (ESTI) Young researcher’s conference, Párizs 1998. október 2-3.
- [4] Nagy E. – Szabó D. (szerk.): Városi közlekedési kézikönyv, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984.

# **A vasúti infrastruktúra védelmi célú felkészítésének hatása az alágazat közlekedési biztonságára / The impact of the preparation for defence of the railway infrastructure on the transport safety in the rail sub-sector**

**Lévai Zsolt**

**KTI Magyar Közlekedéstudományi és Logisztikai Intézet Nonprofit Kft.  
levai.zsolt@kti.hu**

**Kivonat:** A vasúti alágazat a polgári és katonai közlekedési rendszerekben betöltött szerepe miatt része a kritikus infrastruktúrák hálózatának, melyeket védeni kell a veszélyektől. A kritikus infrastruktúra védelem módszerei között számon tartott védelmi célú felkészítés elsősorban magát az infrastruktúrát óvja, ugyanakkor az egyes eljárások védelmi megoldások a használók (vonatok, utasok, fuvaroztatók) biztonságára is hatással vannak, vagyis befolyásolják a szektor közlekedési biztonságát. A cikk a vasúti közlekedési alágazat védelmi és közlekedési biztonságának elemzésével határozza meg a védelmi célú felkészítés és a közlekedésbiztonság elérhető szintjének viszonyát, illetve egymásra való hatásukat.

**Abstract:** The rail sub-sector is a part of the critical infrastructures that need to be protected from threats, because of its role in civil and military transport systems. Preparedness for defence, which is one of the methods used to protect critical infrastructures, primarily protects the infrastructure itself, but the protection solutions adopted for each method also have an impact on the safety of users (trains, passengers, shippers), i.e. they affect the transport safety of the sector. This article analyses the relationship between defence preparedness and achievable transport safety level in the rail transport sub-sector and the way they can affect each other.

*Kulcsszavak: vasúti közlekedés; kritikus infrastruktúra védelem; védelmi célú felkészítés; közlekedésbiztonság; utasbiztonság; árubiztonság*

*Keywords: rail transport; critical infrastructure protection; defence preparedness; transport safety; passenger safety; freight safety*

## **Bevezetés**

A 19. század végére a technológia fejlődése révén a vonatok egyre nagyobb sebességgel közlekedtek és egyre nagyobb távolságot tudtak megtenni, ezért a szállításban megkérdőjelezhetetlenné vált az alágazat részvétele. A 20. század folyamán a motorizáció hatására a szektor szerepe csökkent, ugyanakkor a 21. század politikai és gazdasági szereplői felismerték a vasúti közlekedés előnyeit és ezáltal ismét egyre növekszik az alágazat részaránya a szállítási piacon. Ezt a volumennövekedést a helyváltoztatási igények növekedése is elősegíti. Ez az egyre növekvő piaci részesedés a szektor biztonságára is hatással van. A növekvő forgalom egyre nagyobb biztonsági kockázatot jelent, melyre szükséges válaszokat és megoldásokat találni annak érdekében, hogy az alágazat szerepének növekedése az elvárt módon folytatódjon. Ahhoz, hogy ezeket a kockázatokat feltárhassuk és rájuk megfelelő válaszokat adhassunk, szükséges a vasúti szektor közlekedési és védelmi biztonságának értelmezése. Az elemzés eredményei hatással vannak a (katonai) védelmi célú felkészítés feladatainak meghatározására.

A közlekedési ágazat, és ezen belül is a vasúti alágazat működőképességének biztosítása tehát az előbb meghatározottak szerint közlekedési, katonai és társadalmi érdek, melybe beletartozik a védelmi képesség megerősítése és a veszélyhelyzetekre való felkészülés.

Általánosságban is elmondható, hogy a közlekedési rendszerek polgári-katonai használatához szükséges azok olyan szintű védelmi felkészítése, amely mind normál állapotban, mind pedig különleges jogrend bevezetésekor képes a rendszerek használatát, vagy a működőképesség megakadásakor a helyettesítést biztosítani. A közlekedési hálózatok rendelkezésre állása ugyanis – mint a katonai logisztikai folyamatok kielégítésének eszköze – elengedhetetlen egy ország védelme vagy egy válságreagálás

szempontjából. Ezért különösen fontos, hogy létfontosságú rendszerei megfelelően védettek és felkészítettek legyenek, ezáltal stabilan működjenek. Tálás Péter 2007-ben írt tanulmányában kiemeli például, hogy a terrorizmusra adható egyik adekvát válasz az állam stabilitása [1], melybe beleértendő mindaz, amit az állam működtet, így a közlekedési rendszer is.

A védelmi célú felkészítés feladatai azonban, magából a védelemből eredően, hatással vannak a közlekedési rendszerek közlekedési biztonságára is. Egyes védelmi intézkedések növelhetik a közlekedés biztonságát azáltal, hogy például az ellenállóképességet növelő műszaki megoldások alkalmazását írják elő. Kérdésként merül fel, hogy a védelmi biztonság hol realizálható a közlekedésbiztonság növelésére tett intézkedésekben és ezek hatását hogyan lehet mérni.

Jelen cikkben a vasútüzem közlekedési biztonságának elemzése után meghatározom az alágazat védelmi biztonságát (védelmi célú felkészítésének feladatait), majd pedig a két biztonsági szint egymásra hatását, illetve az ezt szemléltető vasúti védelmi biztonsági mutatót, amellyel a védelmi intézkedések hatása a közlekedésbiztonság területén kimutatható.

## 1. A vasútüzem közlekedési biztonsága

A vasúti közlekedésben részt vevő valamennyi személy és eszköz jellegéből és egymással, valamint a környezettel való kapcsolatából adódóan veszélyforrásként értelmezhető [2]. Az alágazat közlekedési biztonsága, azaz balesetek elleni védelme és a közlekedési folyamatok tervszerű lebonyolítása a veszélyforrások által előidézett veszélyhelyzetek, konfliktusok elleni védelmet jelenti. A védelmet az alábbi megoldásokkal érhetjük el [2]:

- utasítások, szabályzatok rendszerének kialakításával
- különböző biztonsági szabványok alkalmazásával
- technológiai előírások alkalmazásával
- biztosítóberendezések működtetésével
- biztonsági berendezések (például: olvadóbiztosító) alkalmazásával.

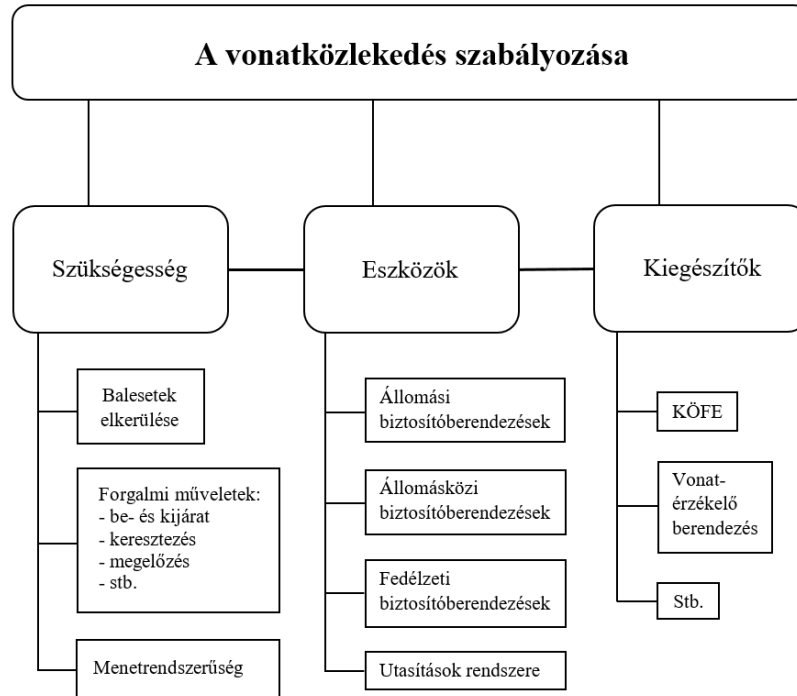
A technikai fejlődés jelentős hatással van a vasúti közlekedés biztonságára, az egyre korszerűbb védelmi berendezések nagyobb biztonságot nyújtanak, ugyanakkor az új, nem kiforrott technológiák veszélyhelyzeteket is előidézhetnek. Ezek a veszélyhelyzetek előfordulhatnak a vasúti pályán, valamint a biztosítóberendezések működésekor és a forgalomlebonyolítás alatt.

A vasúti közlekedésbiztonság egyik paramétereként értelmezhető műszaki biztonság a vonatok közlekedését irányító és felügyelő eszközök technológiai tökéletessége, mértékét az eszközök biztonsági méretezésének a veszélyhatártól mért különbsége határozza meg.

A balesetmentes vasúti forgalom lebonyolításához a megfelelő műszaki biztonságon túl szükséges, hogy a védelmet szolgáló berendezések működés közben ne hibásodjanak meg, vagyis működésük üzembiztos legyen. Teljes mértékben ez sem garantálható, ezért a vasúti közlekedésbiztonság következő paraméterét, az üzembiztonságot a műszaki biztonságra alapozva definiálhatjuk, ugyanis az üzemi biztonság a műszaki biztonság eredményességét mutatja, azáltal, hogy az egyes berendezéselemek milyen sűrűn hibásodnak meg, illetve használnak el. Mértékét az egyes berendezések zavarérzékenysége, illetve a kezelés közben elkövethető hibák nagysága határozza meg (például enged-e a berendezés balesetveszélyt előidéző kezeléseket).

A vasúti közlekedés biztonságát elsősorban a különböző típusú biztosítóberendezések megfelelő működése garantálhatja. Alapfeladatuk a balesetek és veszélyeztetések kialakulásának megakadályozása, valamint a vonatforgalom szabályozása. Működésük hibátlan ellátása mindkét esetben kiemelt és egyben elválaszthatatlan feladat, mert a balesetek csak hibátlan forgalomszabályozással kerülhetnek el. Ez természetesen nem jelenti a berendezések hibamentes működését, mert műszaki megoldásaik nem tökéletesek, ezért szükséges, hogy az üzemi biztonságot kiegészítsük vasúti közlekedésbiztonság harmadik paraméterével, a forgalombiztonsággal. A forgalombiztonság az üzemi biztonság eredményességét mutatja, azaz a berendezések meghibásodásából milyen sűrűn következik be baleset. A forgalombiztonság célja, hogy legyenek (forgalmi) szabályok a biztosítóberendezések meghibásodásainak esetére is. Éppen ezért a forgalombiztonság az utasítások, előírások, szabályzatok ismeretével és betartásával, valamint a közlekedésben részt vevők szabályozott együttműködésével érhető el.

A vonatközlekedés szabályozása, tehát a kötött pályán való manőverezés (vonatközlekedés és tolatás) irányítása, melynek szükségessége a balesetek elkerüléséből, a forgalmi műveletek elvégezhetőségéből és a mentrendek betartásából ered, elsősorban a biztosítóberendezések kezelésével és az utasítások rendszerével valósul meg. A forgalmi folyamatok a biztosítóberendezések külső- és belsőtéri objektumainak, valamint a fedélzeti berendezések működtetésével (például kitérő, jelző, vonatbefolyásoló, stb.) realizálódnak. A közlekedés szabályozását különféle kiegészítő eszközök segítik elő. A vonatközlekedés szabályozásának elvi vázlatát az 1. ábra mutatja.



1. ábra: A vonatközlekedés szabályozásának elemei (forrás: saját szerkesztés)

Miután a vizsgálati területen a vasúti forgalmi tevékenységek többségét emberek végzik, illetve felügyelik, így az előzőekben meghatározott paraméterek hatásossága elsősorban az emberi tényezőtől függ, vagyis attól, hogy a kezelőszemélyzet mennyire van tisztában adott berendezés műszaki és üzemi biztonságával, illetve szaktudása mennyire terjed ki a forgalombiztonsági ismeretekre. Mindehhez hozzáadódnak még a képességekből eredő munkavégzési hibák, illetve motivációs problémák. Mindebből következik, hogy a vasútüzem közlekedési biztonságát elsősorban az ember határozza meg, és a kialakuló veszélyek többsége emberi tényezőkre vezethető vissza.

A vasútüzem biztonságát befolyásoló veszélyek csoportosíthatók az esemény és a vasúti járművek mozgásának jellege, valamint a vasúti pálya meghatározott helye szerint [3].

Az események jellege szerint megkülönböztetünk:

- ütközési
- kisiklási
- rongálási
- személyi sérüléssel járó veszélyeket.

A vasúti járművek mozgásának jellege szerint a veszélyek adódhatnak közlekedő vonatoknál, illetve elegyrendezés (síktolatás és gurítás) közben.

A vasúti pálya meghatározott helye szerint veszély alakulhat ki:

- állomásokon:
  - folyó vágányon
  - kitérőkön
  - vágánykeresztezéseken
- nyílt vonalon
- útátjárón.

Ezeket a veszélyeket, veszélyeztetéseket összefoglaló néven vasútüzemi rendkívüli eseményeknek nevezzük. Vasútüzemi rendkívüli esemény általában több, egyidejűleg fellépő hiányosság, illetve mulasztás vagy elháríthatatlan külső ok miatt következik be. A rendkívüli események a vasúti közlekedésben mindig zavart okoznak. A zavartatás mértéke attól függ, hogy az adott esemény következménye a vasúti pályát teljesen elzárja, vagy lehetőség van a vonatforgalom fenntartására.

Fentiekből következően megállapítható, hogy vasúti közlekedési alágazat közlekedésbiztonsági színvonala a védelmi célú felkészítés feladatait jelentős mértékben meghatározza azáltal, hogy e színvonal mennyire képes elősegíteni a működőképesség fenntartását.

## 2. A vasúti közlekedés védelmi biztonsága

A vasúti közlekedés biztonságát nem csak közlekedési oldalról szükséges vizsgálni, hanem védelmi oldalról is. A védelmi biztonság megteremtése tovább növeli a közlekedési biztonságot, ugyanis az pozitív hatással van a műszaki biztonságra, illetve növeli az üzembiztonságot. Az üzembiztonság a fentiek szerint az eszközök, berendezések zavar- és hibaérzékenységet mutatja, a védelmi biztonság pedig ezeket képes csökkenteni. A védelmi biztonság elsősorban a kritikus infrastruktúra elemek védelmével valósítható meg. A kritikus infrastruktúrák védelmi gyakorlatának vizsgálatát az elméleti alapok bemutatása után nemzetközi kitekintéssel és a hazai gyakorlat elemzésével végzem el.

### 2.1 Létfontosságú infrastruktúra elemek védelme

A közlekedési infrastruktúrának egy országban számos eleme van, amely nemcsak egy adott ország helyváltoztatási igényeit elégíti ki, hanem kiterjed a kontinensen belüli, sőt a kontinensek közötti forgalom lebonyolítására is. Az teljesen természetes, hogy a hálózat összes elemét nem lehetséges és nem is kell védendő elemnek tekinteni. A terrorizmus elterjedése óta a kritikus infrastruktúrák esetében lehetséges kockázatok számbavételének és elemzésének módja bővült [4]. A kockázatok meghatározásánál figyelembe kell venni a fenyegetettséget, az adott rendszer, elem sérülékenységének összetevőit, valamint a rendkívüli események esetleges bekövetkezésének várható következményeit.

Az előzőekből következően szükséges meghatározni, hogy a közlekedési infrastruktúra elemek közül melyek tekinthetők olyan létfontosságú rendszerelemnek, melyekkel a védelmi célú felkészítés keretében szükséges foglalkozni. A szakirodalomban számos hasonló definíció található, saját értelmezésemet a Közlekedéstudományi Szemlében megjelent cikkemben adtam közre [5]. E szerint szinte valamennyi állami és közösségi felfogás abból indul ki, hogy a kritikus infrastruktúrák közé azokat a nagy értékű elemeket és alrendszereket lehet besorolni, amelyeknek valamilyen rendkívüli eseményhez kapcsolható kiesése emberi életek elvesztésével járhat, jelentős gazdasági hátrányokat, anyagi károkat és fennakadásokat okozhat a társadalom mindennapjaiban és a közizgazgatásban.

Fontos továbbá látni, hogy az egyes infrastruktúrák működése között kölcsönös függés állhat fenn, vagyis az egyes infrastruktúrák állapota befolyásolja a másik infrastruktúra állapotát, vagy összefügg a másik állapotával [6]. Különösen igaz ez a különböző szektorok közötti forrásigények közvetítését ellátó közlekedési ágazatra (például a vasúti villamos vontatási energiát előállító szénerőművek ellátását biztosító, villamos mozdonyok által továbbított szénszállító tehervonatok közlekedése). Ez az interdependencia, valamint az akár természeti eredetű, akár ember okozta balesetek bekövetkezésekor fellépő sokszorozó hatások lehetősége tovább növeli a közlekedési kritikus infrastruktúra elemek védelmi szükségességét.

A kritikus infrastruktúra védelem az egyes országokban különböző módokon valósul meg, ugyanakkor országos szintű stratégiák a többségükben léteznek. Ezeknek a dokumentumoknak elsődleges céljai az alábbiak [7]:

- a szervezeti struktúrák meghatározása
- a mérhető célok és időkeretek meghatározása
- a különböző szakpolitikai területek közötti feladatok összehangolásával megteremteni az alapját a hatékony megelőzésnek és a különböző események kezelésének.

Különösen fontos, hogy a kritikus infrastruktúra védelmi stratégiák megfelelően kapcsolódjanak a szakági politikához, esetünkben a közlekedéspolitikához, és a kettő közötti eltérések kiigazításra kerüljenek.

A kialakult védelmi módszerek két alapmodell közötti skálán helyezkednek el [7]. Az egyik az önkéntességen alapuló modell, ahol a szereplők önkéntes alapon járulnak hozzá a kritikus infrastruktúravédelmi politika kialakításához. A jogszabályok és a szabályozási rendszerek kötelező erejét kevésbé és csak kiegészítő eszközként használják, kivéve azokban az ágazatokban (például nukleáris szektor), ahol ez meghatározó szerepet játszhat. A másik modell a kötelező részvételen alapul, mely szerint a kritikus infrastruktúra védelemben az együttműködés a kötelező jogi keretek létrehozásával érhető el, és szankcióval fenyegetnek azon létfontosságú infrastruktúrák üzemeltetői számára, amelyek az előírt határidőn belül nem felelnek meg az előírásoknak. A tényleges stratégiák általában a két véglet között váltakoznak, és általában mindkét modell elemeit tartalmazzák.

Egyes országokban a kritikus infrastruktúrák eszközeinek egy része magántulajdonban vagy -üzemeltetésben van, akiknek érdeke a megfelelő védelmi szint elérése, ezért támogatják a védelmi kutatásokat és fejlesztéseket. Sok esetben a védelmi felelősség is az övék, mely körülmény megköveteli a köz- és magánszféra közötti hatékony együttműködést (public-private partnership, PPP). A hatékonyság a következők biztosításával érhető el [7]:

- az együttműködés siker- és korlátozó tényezőinek értékelésével
- az együttműködés hatókörének meghatározásával
- az együttműködési forma meghatározásával
- a problémák és a kihívások előre jelzésével.

## 2.2 kritikus infrastruktúra védelmi jó gyakorlatok

Az elméleti áttekintés után röviden bemutatom egyes országok és szervezetek kritikus infrastruktúra védelmi gyakorlatát. Az elemzést az Amerikai Egyesült Államokon kívül azon európai országokra végzem el, amelyek politikai okokból, valamint a vasúti forgalom alapján vezető szerepet játszanak a kontinens életében. Ilyen országok Franciaország, Németország és Nagy-Britannia. Ezen kívül vizsgálom még a skandináv országok kritikus infrastruktúra védelmi gyakorlatát, mint új módszert. Az országokon túlmenően a katonai és a vasúti szektorok két meghatározó szervezetének a NATO-nak és az UIC -nek is elemzem a kritikus infrastruktúra védelmi gyakorlatát.

A kritikus infrastruktúra védelem első megjelenése az Egyesült Államokhoz köthető. A hidegháborút követően, az 1990-es évek végére az egyre erősödő terrorfenyegetettség és az előzőekben taglalt, egyre jobban összefonódó infrastruktúra hálózatok hatására sérülékenyséjük jelentős mértékben megnőtt. 1998-ban Bill Clinton elnök rendeletben szabályozta a védelmi feladatokat. A 2001. évi események hatására a védendő szektorokat kiterjesztették és a védelmet 2002-től külön tárca látja el (Department of Homeland Security) [8]. A magánszférával való együttműködés érdekében kormányzati és ágazati egyeztető szervezeteket hoztak létre [9]. A kormányzati egyeztető fórumban helyi, regionális és szövetségi szinten, míg az ágazati tanácsban a tulajdonosokkal, üzemeltetőkkel történik az egyeztetés. Az ágazati tanács egy kormányzattól független szervezet, mely részt vesz a politikai döntések előkészítésében és az ágazatot érintő stratégiák megalkotásában. A fórumok koordinációját a Kritikus Infrastruktúra Partnerségi Tanácsadó Testület (Critical Infrastructure Partnership Advisory Council) látja el [10], melyet a kritikus infrastruktúra védelemért felelős tárca bevon a döntési folyamatokba, hogy mérsékelhetőek legyenek a külső fenyegetések kockázatai és következményei. A védelem az épített infrastruktúrán túl kiterjed az üzemeltető szervezetre és az általuk nyújtott kapacitásokra is [8].

Európában a 2001-es terrorcselekményeket követően erősödött fel a kritikus infrastruktúrák védelmi igénye, melyet tovább növelt a 2004-ben elkövetett madridi vasútellenes terrortámadás. Az Unió 2005-ben adta ki Zöld Könyvét a kritikus infrastruktúrák védelmének európai programjáról. A dokumentum három alappillérré támaszkodik [11]:

- megelőzés
- felkészülés
- ellenálló képesség kialakítása.

A közlekedési rendszerek védelmének tekintetében a megelőzés fázisa a gyenge pontok beazonosítását, a felkészülés fázisa a védelmi célú felkészítést, az ellenállóképeség kialakításának fázisa pedig a pótlást, a helyreállítást, illetve a sebezhető pontok számának minimalizálását jelenti.

Az EU bonyolult intézményrendszere és az eltérő tagállami értelemzések miatt a várt eredmények elmaradtak. A Zöld Könyv műfajából eredően sokkal inkább alapelveket rögzít, semmint köteleket,

jog- és hatásköröket. A fordulópont 2008-ban érkezett el, amikor az EU már irányelvet adott ki a témával kapcsolatban. Az irányelvben megjelennek a besorolás kritériumai, ezen belül a kritikus infrastruktúrákat ért támadások hatásainak jelentősége is az úgynevezett „horizontális” kritériumokban. Az irányelv kiadása már konkrét lépésként értékelhető a kritikus infrastruktúrák védelmében [8].

Franciaországban 12 létfontosságú szektort határoztak meg, melyet négy fő területre osztottak. A közlekedést a nemzet gazdaságát meghatározó területhez sorolták [12]. A kormány minden kritikus ágazathoz létfontosságú üzemeltetőt jelölt ki, akinek feladata kockázatértékelést végezni a felelősségi körébe tartozó kritikus eszközök és rendszerek azonosítására, és ezek védelmére üzemeltetői biztonsági tervet készíteni, valamint ezeket összhangba hozni az állami védelmi tervekkel. A vasúti szektor infrastruktúra védelmét az SNCF látja el. Biztonsági szervezete tulajdonképpen egy fegyveres erő, a vasúti területen elkövetett törvénysértések tekintetében rendőrségi hatáskörrel [13].

Németországban szintén állami feladat a kritikus infrastruktúrák védelme. A közlekedés a kritikus szektorok egyike. A védelmi intézkedések alapidokumentuma a katasztrófák elleni ellenállóképesség erősítését szolgáló nemzeti stratégia [14]. Az állam a megfelelő védelem kialakíthatósága érdekében együttműködik a fő üzemeltetőkkel, a vasúti területen a DB-vel. A védelem zálogának a rendőrséggel és a biztonsági hatóságokkal történő szoros együttműködést tekintik. A DB is rendelkezik biztonsági szolgálattal, de ez nem fegyveres erő, mint Franciaországban.

Nagy-Britanniában már az egyes infrastruktúrák tervezésénél figyelembe veszik a védelmi előírásokat [7]. Ezek az előírások nem csak a fizikai védelemre vonatkoznak, hanem az informatikai rendszerek védelmére is.

A skandináv országokban a kritikus infrastruktúra védelem kapcsán elsősorban a védelem vagy ellenállóképesség kérdése merült fel. Az infrastruktúrákra legnagyobb veszélyt jelentő természeti hatások ellen leginkább az ellenállóképesség fejlesztésével lehet védekezni. Ebből adódóan további kérdésként jelentkezett a védelem iránya: csak a terrorizmus vagy valamennyi veszély ellen (technológia, természeti katasztrófa, stb.) szükséges? A kérdésre a választ a 2005-ös Katrina hurrikán okozta pusztítás adta meg, némileg elmozdítva a hangsúlyt a terrorizmusról [15]. Az EU 2008-ban kiadott direktívája ugyanakkor továbbra is a terrorizmus elleni védekezésre helyezte a fő hangsúlyt [16]. Az északi országok azonban abból a felfogásból indultak ki, hogy a létfontosságú társadalmi funkciók működéséhez szükségesek az infrastruktúrák [17], vagyis valamennyi veszély elleni védelem szükséges, mely elsősorban a nagyobb ellenállóképességgel biztosítható. Az ellenállóképességen alapuló kritikus infrastruktúra védelmi modellt „Skandináv-modellnek” (Nordic modell) nevezik.

A NATO különféle bizottságok és munkacsoportok megalakításával kezdett el foglalkozni a kritikus infrastruktúrák védelmével. A szárazföldi felszíni közlekedést tervező testület (Planning Board for Inland Surface Transportation, PBIST) megállapította, hogy a globális kereskedelem nagymértékben függ a közlekedéstől, ezért az a terrorizmus egyik kedvelt célpontja lehet. Éppen ezért a NATO kritikus infrastruktúra védelmi törekvései eredetileg arra összpontosítottak, hogy hogyan lehet segíteni a nemzeteket abban, hogy javítsák felkészültségüket a kritikus infrastruktúrák elleni terrortámadásokkal szemben annak érdekében, hogy a polgári lakosságot meg tudják védeni [18]. A legújabb elgondolás szerint a kritikus infrastruktúra védelem célja az élet- és vagyonbiztonságot veszélyeztető természeti, illetve véletlenül vagy szándékosan előidézett civilizációs katasztrófák hatásainak kezelése [19].

A vasúti infrastruktúra védelmével nemzetközi szervezetek is foglalkoznak. A vasutak nemzetközi egylete, az UIC 2018-ban indította el a SHERPA projektjét, melynek célja a vasútállomások és a vonatok terrorizmus elleni védelme, főbb kimenete a vasutak ellen tervezett terrortámadások okainak megértése, a védelmi megoldások tudásbázisának létrehozása, kockázatkezelési és a terrorizmus veszélyének kezelésére tett ajánlások megfogalmazása, valamint iránymutatások a védelem gyakorlati megvalósításához [20].

Magyarországon a kritikus infrastruktúra védelmet elsőként a 2080/2008. (VI. 30.) sz. Korm. határozat szabályozta. A kormányhatározat mellékletét képezi a magyarországi zöld könyv, amely meghatározza a kritikus infrastruktúrák fogalmát, kritériumait és kijelölésének módszerét. A dokumentum az érintett ágazatok közé sorolja a közlekedési alágazatokat és a logisztikai központokat. A létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről szóló 2012. évi CLXVI. törvény elfogadása újabb mérföldkövet jelentett a kritikus infrastruktúra védelem magyarországi szabályozásában. A törvény rendelkezik a nemzeti és az európai létfontosságú rendszeremlek

kijelöléséről és a kijelölés menetéről, mely horizontális és ágazati kritériumok mentén történik. Végrehajtási utasítása a működési zavarok keletkezésekor az alábbi szempontok alapján határozta meg a horizontális kritériumokat [21]:

- a veszteségek
- gazdasági hatások
- társadalmi hatás
- politikai hatás
- környezeti hatás szerint.

A törvényben meghatározott ágazati kritériumokat és szempontokat az ágazatokért felelős minisztériumoknak kellett előkészíteni és a jogszabályi hierarchiában kormányrendelettel meghatározni.

A közlekedési létfontosságú infrastruktúrák azonosítását, kijelölését és védelmét a már hivatkozott törvény és a 161/2019 (VII. 4.) sz. Korm. rendelet szabályozza. A kritikus infrastruktúra elemek kijelölése a határozat alapján két szinten történik: egyrészt nemzeti szinten, másrészt európai uniós szinten. Ennek megfelelően a kritériumokat is ezen a két szinten határozták meg, így beszélhetünk nemzeti és európai uniós ágazati kritériumokról [22]. A különbség abban rejlik, hogy az uniós létfontosságú infrastruktúra elem kiesése több országban érezteti hatását, míg a nemzeti létfontosságú infrastruktúra esetében ez csak az adott országra igaz.

### 3. A vasúti szektor védelmi és közlekedési biztonságának egymásra hatása

Az előző fejezetekben elemeztem a vasúti szektor közlekedési és védelmi biztonságát, ebben a fejezetben a két biztonsági szint egymásra való hatását vizsgálom.

Irk Ferenc a közlekedésbiztonság tekintetében az ember-jármű-infrastruktúra hármasszisztémából külföldi szakirodalomra alapozva az emberre vonatkozóan az alábbi egyenletet határozta meg [23]:

$$\text{Közlekedésbiztonság} = \frac{\text{a közlekedésben részt vevő teljesítőképessége}}{\text{a környezet által támasztott követelmények}}$$

Ezt az egyenletet a kutatási téma szempontjából releváns infrastruktúrára alkalmazva a következő formában lehet megadni:

$$\text{Közlekedésbiztonság} = \frac{\text{a pálya műszaki színvonala}}{\text{a pályával szemben támasztott biztonsági követelmények}}$$

Látható tehát, hogy a közlekedésbiztonság szintje függ a pálya műszaki színvonalától és a biztonsági követelményektől. Közlekedésbiztonságról akkor beszélhetünk, ha a műszaki színvonal legalább olyan szintű, hogy teljesítse a biztonsági követelményeket, vagyis az egyenlet értéke 1 vagy nagyobb. Az egyenlet alapján a közlekedésbiztonság fokozása a pálya biztonsági követelmények szerinti műszaki fejlesztését jelenti.

A műszaki színvonal a vonalon közlekedtethető vonatok számával, vagyis adott vonal átadás-képességével jellemezhető. A biztonsági követelményeket a 2. fejezet alapján nem csak közlekedési szempontból lehet értelmezni, hanem védelmi szempontból is. A létfontosságú rendszer elemek védelme az üzemi biztonságot hivatott növelni, azáltal, hogy igyekszik az infrastruktúra elemek zavarérzékenységét csökkenteni. Ezért a pályával szemben támasztott biztonsági követelmények a közlekedési és a védelmi biztonsági követelmények összegeként határozhatók meg. Ebből következik, hogy a közlekedésbiztonságra a védelmi követelmények is hatással vannak olyan mértékben, hogy a pálya műszaki színvonalának ezeket a követelményeket is ki kell elégíteni.

A védelmi célú felkészítés feladata, hogy a pálya védelmi biztonsági követelményeit kielégítse, vagyis biztosítsa a pálya működőképességét és tegye lehetővé a rendkívüli helyzetekben az infrastruktúra

használatát. Ennek megfelelően fenti képlet alapján a közlekedésbiztonság színvonala a védelmi célú felkészítés feladatának végrehajtásával növekszik. E megállapítás a képlet alapján fordítva is igaz, vagyis a közlekedésbiztonság színvonalának növelésével egy vasútvonal védelmi biztonsága is növekszik.

A védelmi célú felkészítési feladatok meghatározásakor fontos tényező lehet, hogy melyek azok a vasútvonalak, amelyek képesek védelmi célú feladatokat ellátni, és melyek azok, amelyeknek ehhez fejlesztésre van szükségük. Ez a nemzeti ellenállóképesség megfelelő szintű kialakítása szempontjából rendkívül fontos körülmény. E körülmény meghatározásához használható egy vasútvonal védelmi biztonsági mutatója. A mutatót fentiek alapján az alábbi formában lehet meghatározni:

$$VBM_v = \frac{M_m + M_r}{BK_m + BK_{\bar{u}} + BK_f + BK_v} = \frac{M_m + M_r}{BK_k + BK_v} \quad (1)$$

ahol:

$VBM_v$  = vasúti védelmi biztonsági mutató

$M_m$  = menetrend szerint közlekedő vonatok száma

$M_r$  = rendkívüli helyzetben közlekedő vonatok száma

$BK_m$  = műszaki biztonsági követelmények

$BK_{\bar{u}}$  = üzemi biztonsági követelmények

$BK_f$  = forgalombiztonsági követelmények

$BK_v$  = védelmi biztonsági követelmények

$BK_k$  = közlekedési biztonsági követelmények

A mutató értelmezéséhez szükséges a számláló és a nevező értékének számszerűsítése. A menetrend szerint közlekedő vonatok száma a kiutalt menetvonalak darabszáma után meghatározható. A rendkívüli helyzetben közlekedő vonatok számának meghatározásakor azt a keresleti csúcsigényt kell meghatározni, amely egy rendkívüli helyzet bekövetkezésekor keletkezik. Ez helyzetenként eltérő, mely a kialakult szituáció veszélyességétől, tér- és időbeli kiterjedésétől függ. A nemzeti ellenállóképesség megkívánja, hogy az ország védelmével foglalkozó szervezetek a kialakuló rendkívüli eseményekre a legrövidebb időn belül képesek legyenek reagálni. E reakció mértéke a bekövetkező esemény súlyosságától függ. Különleges jogrendi időszakban a szükséges feladatok elvégzéséhez sok esetben a közlekedési infrastruktúra azonnali és akár kizárólagos igénybe vételére van szükség, vagyis a közlekedési infrastruktúra használatára jelentős keresleti igény mutatkozik. A szükséges intézkedések megtétele után, illetve a válság elmúltával a kereslet jelentősen lecsökken és visszatér a normál időszak alacsony keresletéhez. Az ebből felírható keresleti görbe meredeksége a kialakult rendkívüli helyzet súlyosságától és időtartamától függ. Ugyanakkor, miután adott események (válságok) bekövetkezésének csak a valószínűsége ismert (például egy földrengés bekövetkezése vagy árvíz kialakulása, de akár egy fegyveres konfliktus kezdete), a védelmi szervezetek számára mindenkor biztosítani kell, hogy az általuk támasztott kereslet még az ilyen meredekségű görbék esetén is kielégíthető legyen. Ennek szükséges és elégséges feltétele, hogy a közlekedési infrastruktúrák és ezen belül is a vasúti pályák rendelkezésre álljanak a szállítási feladatok (azonnali) lebonyolítására.

A közlekedési biztonsági követelményeket a vasútvonal műszaki jellemzői határozzák meg, ugyanis, mint azt az 1. fejezetben meghatároztam, ezek a biztonsági szintek egymásra épülnek a műszaki kiépítettség alapján. A közlekedési védelmi követelmények ennek megfelelően egy vasútvonal átbocsátóképességében öltenek testet. A védelmi biztonsági követelmények elsősorban a műszaki biztonsági követelményeket egészítik ki, ezáltal növelve az üzemi biztonságot. Azt, hogy melyik vonalon kell védelmi biztonsági követelményeket is figyelembe venni, a vasútvonal polgári és katonai szerepe határozza meg (személy- és áruszállítási feladatok, illetve a Befogadó Nemzeti Támogatás mozzgatási-szállítási feladatai). A műszaki kiépítettség a 2. fejezet alapján indokolhatja a létfontosságú rendszeremként való kijelölést, így a védelmi követelményekre ez is hatással van. Egy vasútvonal átbocsátóképessége alapvetően az alkalmazott vasútüzemi technológián múlik, melynek részei a pálya műszaki paraméterei, a biztosítóberendezések fejlettségi színvonala és a forgalomlebonyolítás módszere. Ezek együttesen határozzák meg az a szolgáltatási színvonalat, amit a pályavasút nyújtani képes.

Egy vasútvonal akkor képes ellátni a rá szabott védelmi feladatokat, ha a pálya kapacitása nagyobb, mint a leközlekedtetni kívánt vonatok mennyiége, ezért szükségszerűen a mutató értékének 1-nél kisebbnek kell lennie. A mutatószám azonban a fentiek alapján minden rendkívüli helyzetben más és más, ugyanakkor értéke az egyes rendkívüli események szimulációjával számítható. A mutató értéke megmutatja, hogy mekkora kapacitástartalékkal rendelkezik egy adott vasútvonal valamely rendkívüli esemény bekövetkezésekor felmerülő szállítási igények kielégítésére. Minél kisebb a mutató értéke, adott vonal annál inkább bevonható a védelmi szállítási feladatokba. Ugyanakkor egyes minősített esetekben a védelmi követelmények olyan mértékű szállítási igényt generálhatnak, melynek kielégítése változatlan vonali kapacitás mellett csak a menetrend szerinti vonatok forgalmának korlátozásával elégíthető ki.

Szászi Gábor doktori értekezésében [24] vizsgálja a Tóth – Helmeczy szerzőpáros vasút alágazattal szemben támasztott védelmi követelményeit [25] és megállapítja, hogy a szerzők által javasolt, katonai szállítási igények részére fenntartott kapacitásokat a technológia korszerűsödésével és a jogszabályi keretek változásával a vasúti pályakapacitás-elosztó szervezet bármikor rendelkezésre tudja bocsátani. Ugyanakkor ezt a 2013-ban tett megállapítást véleményem szerint annyiban szükséges felülvizsgálni, hogy a közlekedéspolitikai változása a környezetbarát közlekedési módok előnyben részesítését tűzte ki célul, így az állami megrendelő részéről nagyobb mennyiségű személyszállítási igény érkezhetsz. Hasonlóképpen az áru fuvarozás tekintetében az EU törekvése a tehergépjárművek által szállított áruk vasútra terelhetősége, így a fejlesztések nélküli vasúti hálózat egyre kevesebb szabad kapacitással fog rendelkezni. Miután az egyes rendkívüli helyzetek kialakulásának időpontja nem ismert, szükségszerű, hogy a vasúti közlekedési rendszer megfelelő kapacitástartalékokkal rendelkezzen a hirtelen megugró igények kielégítésére.

A védelmi célú felkészítés feladata, hogy időről-időre a valós pályaparaméterekből számított átbocsátóképesség alapján meghatározza a vonalanként számított vasúti védelmi biztonsági mutatót, és ahol a mutató értéke 1 fölé emelkedik, kezdeményezze a közlekedési és védelmi biztonsági követelmények növelését, illetve, amennyiben ez nem lehetséges, meghatározza az egyes kerülő útirányokat annak érdekében, hogy az előző bekezdésben meghatározott szükséges tartalékkapacitás rendelkezésre álljon.

A mutató értékének 1 alá csökkentésében, vagyis az átbocsátóképesség emelésében (a nevező értékének növelésében) többek között az alábbi módszerek nyújthatnak segítséget (mögötte zárójelben, hogy melyik biztonsági követelményt erősíti):

- pályasebesség emelés (BK<sub>m</sub>)
- két- vagy többvágányúsítás (BK<sub>m</sub>)
- villamosítás, alternatív üzem bevezetése (BK<sub>m</sub>, BK<sub>ü</sub>, BK<sub>f</sub>, BK<sub>v</sub>)
- állomási és állomásközi biztosítóberendezések fejlesztése (BK<sub>m</sub>, BK<sub>ü</sub>)
- emberi ellenőrző szerep kiváltása gépi rendszerekkel (BK<sub>m</sub>, BK<sub>ü</sub>)
- korszerű építési és műszaki eljárások alkalmazása (BK<sub>m</sub>, BK<sub>ü</sub>)
- szükségterközők kialakítása (BK<sub>f</sub>)
- fizikai védelmi megoldások alkalmazása (például fegyveres őrség) (BK<sub>v</sub>)
- polgári – védelmi-biztonsági szervek együttműködése (BK<sub>v</sub>)
- kibervédelmi megoldások alkalmazása (BK<sub>v</sub>).

A mutató nevezőjében a közlekedési és a védelmi biztonsági szint összeadódik, vagyis, a védelmi biztonsági szint növeléséhez a közlekedési biztonság is hozzájárul azáltal, hogy csökkenti a VBM értékét. Ebből következik, hogy a közlekedésbiztonság és a védelmi biztonság együttesen, egymást erősítve képesek egy vasútvonal biztonságát növelni.

Fenti gondolatmeneten végig haladva az első egyenlet az alábbi formában is megadható:

$$\text{Közlekedésbiztonság} = \frac{\text{pályavasúti szolgáltatási színvonal}}{\text{biztonságos vasúti infrastruktúra}}$$

A képlet alapján a védelmi célú felkészítésnek tehát a (megfelelően magas) pályavasúti szolgáltatási színvonalra és a biztonságos vasúti infrastruktúrára kell irányulnia. Ahhoz, hogy ezt meg lehessen tenni, szükséges egy olyan működési modell kidolgozása, melynek kimenetei a fenti „egyenlet” számlálója és nevezője.

## Konklúzió

Egy ország működésének alapvető feltétele, hogy közlekedési rendszerei képesek legyenek a keletkező szállítási igényeket kielégíteni. A közlekedési rendszerek működésének alapfeltétele pedig, hogy műszaki kialakítása megfelelően magas színvonalú, üzeme hibamentes és forgalma zavartalan legyen. Ezek a feltételek a műszaki, az üzemi és a forgalombiztonság fogalmaiban jelennek meg.

Katonai szempontból egyes, létfontosságú elemek tekintetében ezeken kívül szükséges egy további védelmi elemmel növelni a biztonságot. A létfontosságú közlekedési rendszerek védelme tovább növeli a nemzeti működő- és ellenállóképességet. A védelmi célú felkészítés feladata pedig e védelmi szint meghatározása és megfelelő módszerekkel történő elérése.

Ebben a cikkben a vasúti közlekedési alágazat közlekedésbiztonságára ható védelmi tényezőket vizsgáltam. A közlekedési és védelmi biztonsági fogalmakon végig haladva elemeztem a vasúti közlekedési alágazat működését annak érdekében, hogy meghatározzam a védelmi célú felkészítés feladatának hatását a szektor közlekedésbiztonságára.

A vasúti alágazat közlekedési biztonságának vizsgálatát a műszaki, az üzemi és a forgalombiztonság fogalmain keresztül végeztem el. Megállapítottam, hogy ezek a fogalmak egymásra épülnek és szükséges mindegyik megfelelő szintű biztosítása annak érdekében, hogy a vasúti közlekedés veszélyhelyzeteit elkerülhessük.

A biztonság másik tényezőjeként a védelmi biztonságot és ezen belül a kritikus infrastruktúrák nemzetközi és hazai védelmi gyakorlatát vizsgáltam. A vizsgálat eredményeként megállapítottam, hogy kiemelt jelentősége van a köz- és magánszféra együttműködésének, mert sok országban a kritikus infrastruktúra egyes elemei magánkézben vannak, illetve magáncégek üzemeltetik azokat, ugyanakkor az interdependencia miatt szükséges az állami koordináció. Magyarországon a közlekedési infrastruktúra kevés kivételtől eltekintve állami kézben van, így azok védelmi célú felkészítése az állam feladata.

A vasúti alágazat létfontosságú rendszerlemeit, mint kritikus infrastruktúra elemeket, európai és nemzeti kritériumok szerint kell azonosítani és kijelölni. A konkrét elemekre vonatkozó azonosítást Horváth Attilával írt tanulmányunkban végeztem el [26]. A szektor védelmi célú felkészítéssel kapcsolatos feladatának alapját az EU Zöld Könyvében meghatározott pillérek adják.

Az védelmi biztonsági követelmények közlekedésbiztonságra gyakorolt hatásainak meghatározása céljából kidolgoztam a vasúti védelmi biztonsági mutatót, mely a közlekedési és védelmi biztonsági követelményekkel arányosan mutatja meg, hogy egy adott vasútvonal mekkora védelmi kapacitástartalékokkal rendelkezik. A mutató a védelmi felkészítéssel foglalkozó szakemberek számára hasznos, a tekintetben, hogy megmutatja a szükséges vasúti védelmi célú infrastruktúra-beruházások szükségességét, vagyis hol szükségesek a közlekedés biztonságát javító intézkedések.

A védelmi biztonsági mutató védelmi követelményeinek vizsgálatánál rámutattam, hogy ezek a vasúti közlekedési alágazat jelenkori polgári és katonai szerepétől függenek. A vasúti közlekedés szerepe a klímavédelmi akciótervek hatására a 2010-es években növekedésnek indult. Az egyre inkább kialakuló környezettudatos közlekedési attitűd kedvező változásokat indított el a vonatok forgalmát illetően [27]. Igaz ez mind a személyszállításra, mind pedig az árufuvarozásra. Az Unió környezetvédelmi törekvései egyértelműek: a „Fit for 55” klímapolitikai csomag a vasúti alágazat nagyobb használatának irányába mutat [28].

A szektor katonai szerepe a NATO új haderőmodellje alapján szintén növekedhet [29]. Az alágazat hadászati jelentősége különösen az utánpótlási szállításokban mutatkozik meg. Ez a hatékonyság a katonai szállítási-mozgatási feladatok elvégzésekor előtérbe helyezheti a vasúti közlekedés igénybevételét, melyet az orosz – ukrán háborúban végrehajtott orosz katonai vasúti szállítások elemzése is szemléltet [30].

A védelmi célú felkészítés feladatának meghatározására kidolgozott vasúti védelmi biztonsági mutató számítási képlete alapján megállapítottam, hogy a vasúti infrastruktúra védelmi célú felkészítésének feladatait jelentős mértékben meghatározzák a közlekedési és védelmi biztonsági követelmények, illetve egymást erősítő hatásuk, a pálya és tartozékainak állapota, valamint az annak emelését célzó infrastruktúra-beruházások. A szükséges védelmi biztonsági követelményeket az egyes vasútvonalak polgári és katonai szerepköre alapján lehet meghatározni.

Vizsgálataimmal alátámasztottam, hogy a vasúti közlekedési alágazat védelmi célú feladatai a közlekedési biztonság tekintetében pozitív hatásúak, vagyis a szektor védelmi célú felkészítése egyben annak közlekedési biztonságát is javítja.

*Köszönetnyilvánítás: Jelen publikáció a Kulturális és Innovációs Minisztérium Kooperatív Doktori Program Doktori Hallgatói Ösztöndíj Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.*

## Irodalomjegyzék

- [1] Tálas P.: A nemzetközi terrorizmus és szervezett bűnözés hatása a nemzetközi biztonságra és Magyarországon, Tanulmány, Budapest, 2007 online: <https://kisebbskutato.tk.hu/uploads/files/archive/904.pdf> (2022. 02. 03.)
- [2] Lévai Zs.: Közlekedésbiztonság, egyetemi jegyzet, Dialóg Campus Kiadó, Budapest, 2019 ISBN 978-963-531-012-8 (elektronikus)
- [3] Arató K.: Vasúti technika és biztonság, In: Kisbakonyi J. (szerk.): Vasúti üzemtan I. kötet – Vasútállomások technológiája 1. rész, Közlekedési Dokumentációs Rt., Budapest, 1994 115-119
- [4] Ronyecz Lilla: Létfonosságú rendszerek és létesítmények védelmével kapcsolatos kockázatelemzési módszertan szakirodalmának bemutatása, Védelem Tudomány, 2018/3 112-132
- [5] Lévai Zs.: A vasúti szektor védelmi lehetőségei terrorakciók ellen, Közlekedéstudományi Szemle, 2019/5 50-71, DOI: 10.24228/KTSZ.2019.5.5
- [6] Rinaldi, S. M. – Peerenboom, J. P. – Kelly, T. K.: Critical Infrastructure Interdependencies, IEEE Control Systems Magazine, 2001/6 11-25, DOI: 10.1109/37.969131
- [7] United Nations Office of Counter-Terrorism – Counter-Terrorism Committee Executive Directorate: The protection of critical infrastructures against terrorist attacks: Compendium of good practices, 2018.
- [8] Horváth A.: A kritikus infrastruktúra védelem komplex értelmezésének szükségessége, In: Horváth A. – Bányász P. (szerk.): Fejezetek a kritikus infrastruktúra védelemből – Kiemelten a közlekedési alrendszer, Magyar Hadtudományi Társaság, Budapest, 2013 18-37
- [9] Petrakos, N. – Kotzanikolaou, P.: Methodologies and Strategies for Critical Infrastructure Protection, In: Gritzalis, D. – Theocharidou, M. – Stergiopoulos, G. (Editors): Critical Infrastructure Security and Resilience (Theories, Methods, Tools and Technologies), Springer Nature Switzerland AG, Cham, Switzerland, 2019 17-33, DOI: 10.1007/978-3-030-00024-0
- [10] Boyer, C.: Critical Infrastructure Partnership Overview 2017 online: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:JCJUMMKzR8YJ:https://www.oecd.org/going-digital/digital-security-in-critical-infrastructure/digital-security-workshop-february-2018-%2520Boyer.pdf+%&cd=13&hl=hu&ct=clnk&gl=hu> (2022. 01. 09.)
- [11] Európai Bizottság: Zöld Könyv a létfonosságú infrastruktúrák védelmére vonatkozó európai programról COM (2005) 576 végleges, Brüsszel, 2005, online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:52005DC0576> (2022. 10. 26.)
- [12] The Critical Infrastructure Protection in France: Objectives and challenges, General Secretariat for Defence and National Security, Párizs 2017.
- [13] Fiumara, F.: The Railway Security: Methodologies and Instruments for Protecting a Critical Infrastructure, In: Setola, R. – Sforza, A. – Vittorini, V. – Pragliola, C. (Editors): Railway Infrastructure Security, Springer International Publishing AG, Cham, Switzerland, 2015 25-63, DOI: 10.1007/978-3-319-04426-2
- [14] Bundesministerium des Innern und für Heimat (BMI): Deutsche Strategie zur Stärkung der Resilienz gegenüber Katastrophen, Berlin, Deutschland, 2022.
- [15] Parfomak, P. W.: Vulnerability of Concentrated Critical Infrastructure: Background and Policy Options, CRS Report for Congress, Congressional Research Service, Washington, USA, 2008.

- [16] Az Európai Unió Tanácsának 2008/114/EK Irányelve az európai kritikus infrastruktúrák azonosításáról és kijelöléséről, valamint védelmük javítása szükségességének értékeléséről, Brüsszel, 2008.
- [17] Pursiainen, C. H. : Critical infrastructure resilience: A Nordic model in the making? *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 27, 2018 632-641. DOI: 10.1016/j.ijdr.2017.08.006
- [18] Abele-Wigert, I. – Dunn, M.: *International CIIP Handbook 2006 VOL. 1. An Inventory of 20 National and 6 International Critical Information Infrastructure Protection Policies*, Center for Security Studies, Eidgenössische Technische Hochschule, Zurich, Switzerland, 2006.
- [19] Nagy R.: A kritikus infrastruktúra védelme elméleti és gyakorlati kérdéseinek kutatása, Doktori (PhD) értekezés, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Bolyai János Katonai Műszaki Kar, Hadmérnöki Doktori Iskola, Budapest, 2011.
- [20] SHERPA Project Brochure, UIC, 2018 online: [https://sherpa-rail-project.eu/IMG/pdf/sherpa\\_project\\_brochure.pdf](https://sherpa-rail-project.eu/IMG/pdf/sherpa_project_brochure.pdf) (2019. 06. 09.)
- [21] 65/2013. (III. 8.) Korm. rendelet a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről szóló 2012. évi CLXVI. törvény végrehajtásáról
- [22] 161/2019 (VII. 4.) Korm. rendelet a közlekedési létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről
- [23] Irk F.: *Közúti balesetek*, Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 1979.
- [24] Szászi G.: A vasúti infrastruktúrával szemben támasztott újszerű védelmi követelmények kutatása, a továbbfejlesztés feltételrendszerének vizsgálata, Doktori (PhD) értekezés, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, Budapest, 2013 DOI: 10.17625/NKE.2014.028
- [25] Tóth B. – Helmeczi G.: Védelmi követelmények a Gazdasági és Közlekedési Minisztérium közlekedési szakterületén, *Katonai Logisztika*, 2006/2 37-55
- [26] Horváth A. – Lévai Zs.: A magyarországi vasúthálózat létfontosságú elemeinek azonosítása, In: Földi L. (szerk.): *Szemelvények a katonai műszaki tudományok eredményeiből I.*, Ludovika Egyetemi Kiadó, Budapest, 2021 131-146, ISBN 978-963-531-439-3 (elektronikus)
- [27] Molnár B. – Lévai Zs.: A kör négyszögesítése: Budapest lehetőségei a kelet-közép-európai vasúti városlátogató turizmus esetében, *Turisztikai és Vidékfejlesztési Tanulmányok*, 2021/3 27-43, DOI: 10.15170/TVT.2021.06.03.02.
- [28] Szander, N. – Jenei, T. – Lévai, Zs. – Munkácsy, A.: Investigation of the modal shift of road freight transport to rail and waterways, In: Zanne, M. – Bajec, P. – Twrdy, E. (editors): *ICTS 2022 20th International Conference on Transport Science: Maritime, Transport and Logistics Science*, Conference proceedings; University of Ljubljana, Faculty of Maritime Studies and Transport, Portoroz, Slovenia, 2022 351-359., ISBN 978-961-7041-11-8 (PDF)
- [29] Szenes Z.: Elrettentés és védelem: a NATO új haderőmodellje, *Hadtudomány*, 2022/2 3-17, DOI: 10.17047/HADTUD.2022.32.2.3
- [30] Engqvist, M.: *A Railhead Too Far: The Strategic Role of Railroads during Russia's Invasion of Ukraine*, FOI Memo: 7954, Swedish Defence Research Agency, Stockholm, Sweden, 2022.

# Analysis of relative accident rates in city traffic

Zsolt Berki PhD<sup>1</sup> – Dávid Simon<sup>2</sup>

FÖMTERV PTE Ltd

<sup>1</sup>e-mail: berki@fomterv.hu

<sup>2</sup>e-mail: simon.david@fomterv.hu

**Abstract:** Traffic safety is a hot issue on the political agenda of cities. Among the action plans the modal shift and the regulation of the driver behaviour is in focus and the traffic engineering tools and measures are not evaluated in such deepness. Additionally, economic assessment of the urban development measures omits the changing road characteristics and the used accident rates are valid on city scale. The research combined the traffic and road network knowledge of the transport model of Budapest with the measured accident rates and derived relative accident rates for urban road and junction types. Bicycle accidents were highlighted and analysed separately to understand their vulnerability in various traffic conditions. The detailed results differentiate among junction and free section characteristics by location, control type and user groups. For the cost-benefit-analyses (CBA), specific values were derived by using the Budapest accident data.

**Keywords** *urban accident rates; road safety; accidents in traffic modelling; CBA guide; junction types; signalised junctions; cycling accidents*

## Introduction (aim of the research)

In traffic strategies and development programmes large efforts are dedicated to dramatically mitigate the risk and fatal consequences of road transport, including safe infrastructure measures [1]. However, little efforts were dedicated to understanding the city life in terms of traffic engineering and to see what minor improvements can add to get closer to the objectives, or to evaluate bigger developments in metropolitan areas where the impact area can be large compared to cities.

In Budapest, the capital of Hungary, the establishment of new road bridges was on the transport development agenda as well as large scale public transport developments (eg. inducing considerable modal shift from road to public transport) and in the impact assessment the only the EU CBA guide was available, which omits the detailed accident risk calculation thus the calculated impacts were less, than expected.

The currently used CBA Guide [2] is defined for crossing sections, in many cases too general to be able to properly classify our modelled urban sections into one or the other. As a result of inappropriate classification, the accident benefit calculation cannot reflect the characteristics of urban traffic.

The aim of the study was to compare the section-based approach used in the Cost-Benefit Guidebook with the nodal approach used in the CBA Guidebook, as the accident rates used in the Guidebook (Methodological Guide for the Cost-Benefit Analysis of Transport Projects) are derived from national data and are therefore only partially suitable for a cost-benefit analysis of the effects of traffic engineering measures within the city. It was necessary to define a relative injury index for the types of roads in the inner city, in the context of statistical analysis and evaluation, in relation to the traffic development projects in Budapest.

It is important to underline that the methodological development of cost-benefit analysis is essentially the development of a macro approach to evaluation, which requires a large amount of data and robustness. As a consequence of this macro perspective, we expect our evaluation model to be able to represent the problems present in an urban environment.

Another issue that hindered the extension of the methodology to urban areas and junctions was that the number of accidents is usually known but the connected road infrastructure supply data and traffic figures are not known and not easy to assess. In this sense several efforts were taken to combine the traffic models with accident data. There is some out-of-the-box software for conducting road safety

analysis (like PTV VISUM safety [7]) but these are just some collections of tools and not connected directly to the impact calculations.

In our research we combined the Macroscopic Transport Model for Budapest Agglomeration [6] with the accident data to derive realistic impact assessments for the aforementioned developments.

## 1. Methodology and data sources

### 1.1 CBA guides' aspects

According to the Methodological Guidelines, accident risk is defined as the probability of an accident occurring multiplied by the expected magnitude of the (social) damage that would result from an accident, i.e. the expected value of the damage that would occur. To quantify the impact, the following input data are required:

- change in traffic performance (change in vehicle kilometres),
- distribution of traffic performance (road category, location, vehicle category),
- relative damage indicators for each road category,
- the specific cost of the accident categories.

The Guide allows for the possibility to deviate from the relative injury and accident indicator values presented in the Guide, in the case of an analysis based on several years of data from a credible source with a sound documentation. The data sources used in our statistical analysis were:

- Accident data BKK
- Traffic data: BKK - BTM
- Node data: Budapest Public Road

As described in the Cost-Benefit Analysis Guide, deviations from the values presented therein may be made if the evaluator has well-documented data from a credible source for the area under consideration. A correction may be made based on empirical data with statistical sample of an appropriate size (at least 500 accidents per road/section/type with homogeneous characteristics). [Nemzeti Fejlesztési Ügynökség (2009). Módszertani útmutató költség-haszon elemzéshez, Page 88.]

Costs of accident impact change can also be estimated with the 2014 data by DG-MOVE. This method is simpler than calculations applying the relative injuries indicators because assessing traffic performance for three road categories is enough to estimate the impact.

*Table 1: Unit cost of accidents (DG MOVE method based) [3] page 63.*

	Expressway	Other non-urban	Urban area
	HUF/vkm, at 2017 price level		
<b>Light vehicle</b>	0.41	1.24	5.37
<b>Heavy vehicle</b>	3.31	4.96	28.10

According to DG-MOVE (2014) the surrounding of the road can be considered urban if the population density exceeds 1500 inhabitants/km<sup>2</sup>, suburban if it is over 300 inhabitants/km<sup>2</sup> and rural if the population density is below 150 inhabitants/km<sup>2</sup>. Values are for guidance however, the difference from any category is not allowed to exceed 10%. [3] pp 66.

### 1.2 Traffic model

The Budapest Transport Model (BTM) owned and operated by Budapest Transport Centre (BKK) [8] is a conventional four-step model consisting of the following four steps: trip generation, trip distribution, modal split and trip assignment. [6]

The private transport network follows a consistent, coherent and hierarchical structure. 32 road link types are defined, differentiating link type category, number of lanes and speed.

Basic link type categories are:

- Motorway (within city / out of city)
- Expressway
- Main road, category I (within city center / out of city center / periphery)
- Main road, category II (within city center / periphery)
- Collector
- Side road
- Residential street (city center / other)
- Ramps

The defined capacities for each link type are corresponding with the link type category, the number of lanes and the maximum speed. A very detailed differentiation of node types and related turn capacities and turn penalties has been elaborated. The model distinguishes between different types of priority-ruled junctions, roundabouts and signalized intersections with appropriate turn capacities and penalties for each type of node.

The model was validated for PrT the volumes at 271 count locations, the regression analysis results in a slope of 0.99 and a value for  $R^2$  of 0.98.

Regarding the validation results it seemed to be a sound base for using in our analyses.

### 1.3 Analysed data sets

The accident data cover the whole of Budapest from the beginning of 2011 to mid-2017, with more than 20,000 individual accidents.

From 2013 to 2016 we had the number of persons injured in accidents, for the rest of the data we used the specific values of the Guide.

Two versions of the 2x1 lane residential streets in Budapest were excluded from the analysis because they had too high accident specificity, given the high number of accidents and low traffic volume.

In our study, the relative accident rates were calculated for the whole database, averaged over the year, and the data are not based on the number of injured but on the outcome of accidents. The number of injuries was estimated based on the average injury index in the Guide. The change in the expected number of casualties on each road type can be calculated by multiplying the corresponding RII (relative injuries indicator) by the change in traffic performance. The change in the number of casualties can be used to calculate the monetary value of the change in accident impacts by applying the specific accident costs.

## 2. Analysis by road characteristics

The first area of investigation was the determination of relative accident rates for specific urban road categories and their comparison with national accident rates. It is important to underline that the traffic volumes for each road type were determined on the basis of the BTM, on the basis of which the relative accident indicators were defined. Two road types with very high specific accident rates per vehicle-kilometre were excluded from the analysis and should therefore be analysed separately by area. It can be seen that the accident frequency of inner and outer collector roads is several times higher than that of main roads in other categories, depending on the lane allocation.

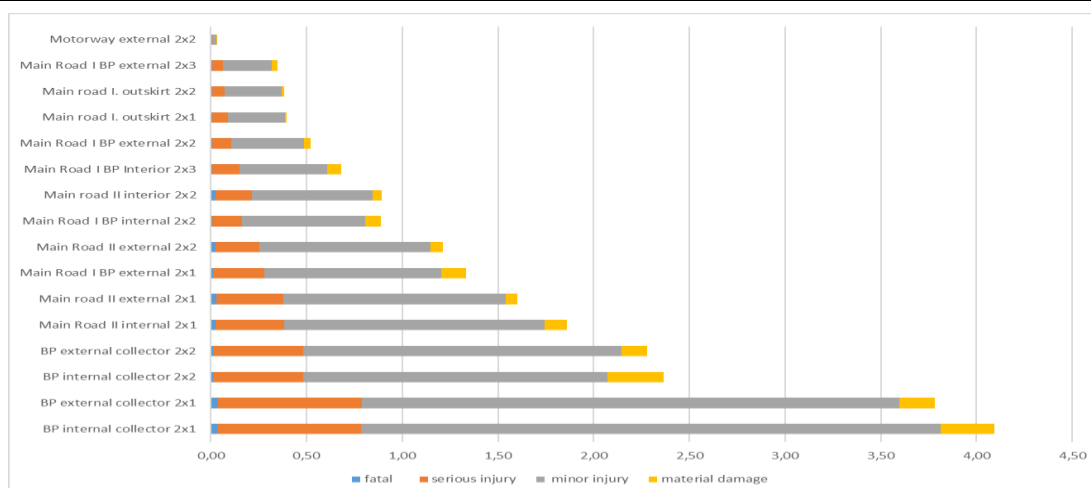


Figure 1: Number of road accidents by road type, specific value per 10<sup>7</sup> vehicle-km, Budapest (own research)

The accident rates used in the Guidebook (Methodological Guide for the Cost-Benefit Analysis of Transport Projects) are derived from national data and are therefore only partially suitable for a cost-benefit analysis of the effects of traffic engineering measures within urban areas as shown in Table 2.

Table 2: Relative injuries indicator (injuries/10<sup>7</sup> vkm [3] (pp 61)

Road category	Location	Number of lanes	Typical junction type	Relative injuries indicator (person/10 <sup>7</sup> vkm)			
				Fatalities	Severe injuries	Slight injuries	Total injuries
Highway	Non-urban		Grade separated junction	0.041	0.214	0.549	0.804
Motorway	Non-urban	2x2 lanes	Grade separated junction	0.048	0.247	0.632	0.927
	Non-urban	2x1 lane	Grade separated junction	0.282	0.546	1.071	1.899
Expressway	Non-urban	2x2 lanes	Level junction	0.073	0.378	0.967	1.418
Main road	Non-urban	2x1 lane	Level junction	0.204	0.88	2.133	3.217
	Non-urban	2+1 lane with physical separation	Level junction	0.122	0.572	1.493	2.187
	Non-urban	2x2 lanes without physical separation	Level junction	0.152	0.596	1.638	2.386
	Non-urban	2x2 lanes with physical separation	Level junction	0.097	0.47	1.249	1.816
	Urban	2x2 lanes	Level junction	0.119	1.258	3.841	5.218
	Urban		Level junction	0.091	0.937	2.578	3.606
	<b>Total</b>	Urban and non-urban together		Level junction	0.171	0.888	2.254
Side road	Non-urban		Level junction	0.152	0.957	2.317	3.426
	Urban		Level junction	0.111	1.16	2.94	4.211
	<b>Total</b>	Urban and non-urban together		Level junction	0.138	1.042	2.573

Support for this thinking can be seen in Table 3, where a total of 3 categories have been defined for urban road types:

- Main road urban 2x2 lanes
- Main road urban
- Side road urban

*Table 3: Relative injuries indicator for urban road types (injuries/107 vkm) 60*

Road category	Location	Number of lanes	Typical junction type	Relative injuries indicator (person/10 <sup>7</sup> vkm)			
				Fatalities	Severe injuries	Slight injuries	Total injuries
Main road	Urban	2x2 lanes	Level junction	0.119	1.258	3.841	5.218
	Urban		Level junction	0.091	0.937	2.578	3.606
Side road	Urban		Level junction	0.111	1.16	2.94	4.211

As a result of the methodological development, the results of our analysis are shown in Table 4. We have specified the relative injuries indicators for 18 different road categories within Budapest.

*Table 4: Results of empirical statistical analysis in Budapest (injuries/107 vkm) (own research)*

Road category	Fatalities	Severe injuries	Slight injuries	Total injuries
Other residential street 2x1	0.048	2.260	12.253	14.56
Bp Residential street 2x1	0.000	1.863	9.092	10.95
BP internal collector 2x1	0.014	0.531	3.039	3.58
BP external collector 2x1	0.023	0.527	2.720	3.27
BP internal collector 2x2	0.011	0.316	1.563	1.89
BP external collector 2x2	0.014	0.328	1.725	2.07
Main Road II internal 2x1	0.016	0.281	1.336	1.63
Main road II external 2x1	0.021	0.267	1.157	1.44
BP Main Road I external 2x1	0.009	0.182	0.928	1.12
Main Road II external 2x2	0.017	0.162	0.904	1.08
BP Main Road I internal 2x2	0.005	0.110	0.615	0.73
Main road II interior 2x2	0.018	0.133	0.622	0.77
Main Road I BP Interior 2x3	0.006	0.116	0.445	0.57
Main Road I BP external 2x2	0.004	0.077	0.360	0.44
Main road I. outskirts 2x1	0.002	0.058	0.297	0.36
Main road I. outskirts 2x2	0.004	0.036	0.222	0.26
Main Road I BP external 2x3	0.006	0.043	0.238	0.29
Motorway external 2x2	0.002	0.005	0.031	0.04

### 3. Analysis bicycle accidents

In case if the project includes bicycle development, as well, or if it impacts bicycle transport, then the traffic performance typical for the bicycle transport and the accident risk related to bicycle facilities shall also be taken into account. Statistical follow-up of accident indicators related to the bicycle transport according to the traffic size, specific type of the bicycle facilities and the cause of occurrence are not available. Trenecon (2017). Methodological Guide to Cost-Benefit Analysis of transport projects. (Page 62.)

The CBA Guidelines do not provide a detailed methodology for evaluating the accident rate of cycling improvements, linking the reduction in the observed number of accidents to traffic engineering interventions.

The third sub-area of the study is the statistical analysis of cycling accidents, which was of particular importance because the Guidelines specifically address the consideration of cycling accidents when a project under study changes the traffic engineering design. In this case, the traffic performance specific to cycling and the accident risk associated with the type of cycling facilities should also be taken into account. Statistical monitoring of accident indicators for cycling is not available in most cases due to the volume of traffic, the specific type of cycling facilities and the causes of the accidents. Therefore, an estimate of the variation in accident risk should be made based on locally available data. In such cases, a review of the relevant national and international literature is recommended as part of the project appraisal.

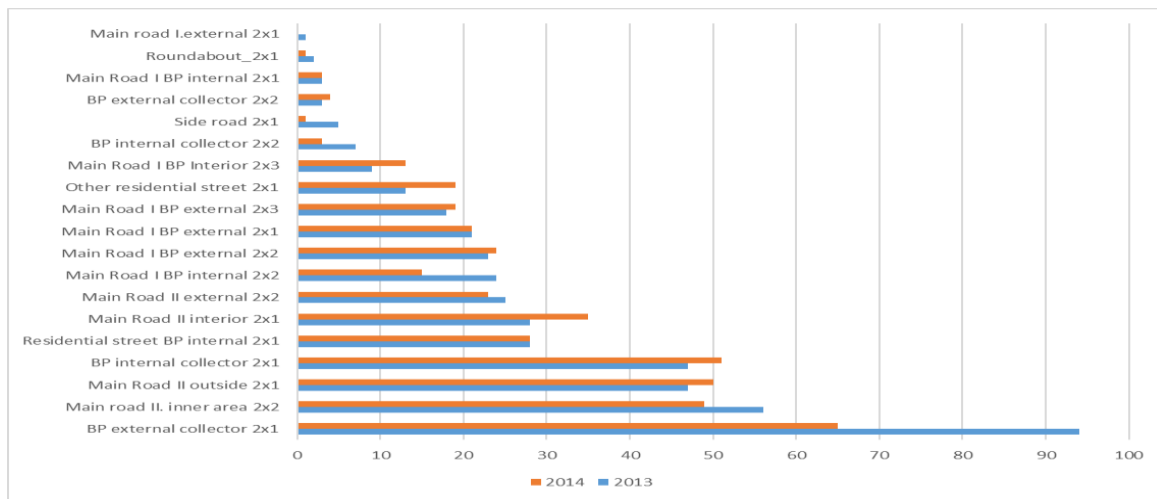


Figure 2: Evolution of cycling accident frequency by road vehicle kilometre and road type (own research)

Detailed data on cycling accidents were only available for 2013 and 2014. During the two years, nearly 900 such accidents were recorded in the database. The accident specificity for cyclist accidents is not as robust as the urban road specificity, as it is determined from a much lower annual average number of accident elements and is much more sensitive to the assumed traffic mileage on each road type.

Table 4: Injury frequency in cycling accidents in Budapest per case (own research)

type	Fatalities	Severe injuries	Slight injuries
Cyclist accident	0.006	0.226	0.790

#### 4. Impact of junction types on accident rates

Number of cases defined as intersection accidents per road type. We defined a 25 m and a 50 m radius around the geometric centre of the junctions and accidents in these areas were considered junction accidents.

The second level of analysis is the relationship between nodes and accident frequency. A preliminary analysis of which accidents can be considered as accidents at nodes was carried out, using two different grouping methodologies. In both cases, we compared the data based on either 25 or 50 m distance from the intersections, from which we finally carried forward the 25 m distance grouping to the comparison with the regulatory method.

The figure below shows the road types on which intersection accidents occur most frequently based on the grouping presented earlier.

It can be seen that the junction regulation has a decisive role on the relative accident rate. The figure compares the non-signalised and signalized junction, later broken by tuning (eg. member of a green wave signal group) and incoming traffic flow volume. It can be seen that the non-signalized junctions underperforms even at low traffic flows. The use of traffic sign (giving priority) mitigates the accident risks but at higher traffic volumes the number of fatalities is increasing. The signalised junctions mitigates the overall accident risk and shifts the distribution of accidents towards less serious outcomes. it is worth to note the green waved junctions show considerably lower accident rates especially at high traffic flows and the number of fatalities are decreasing as well. It may call the attention to the more conscious traffic planning which slightly diverts the traffic and the drivers shouldn't make unexpected movements because of changing light signals.

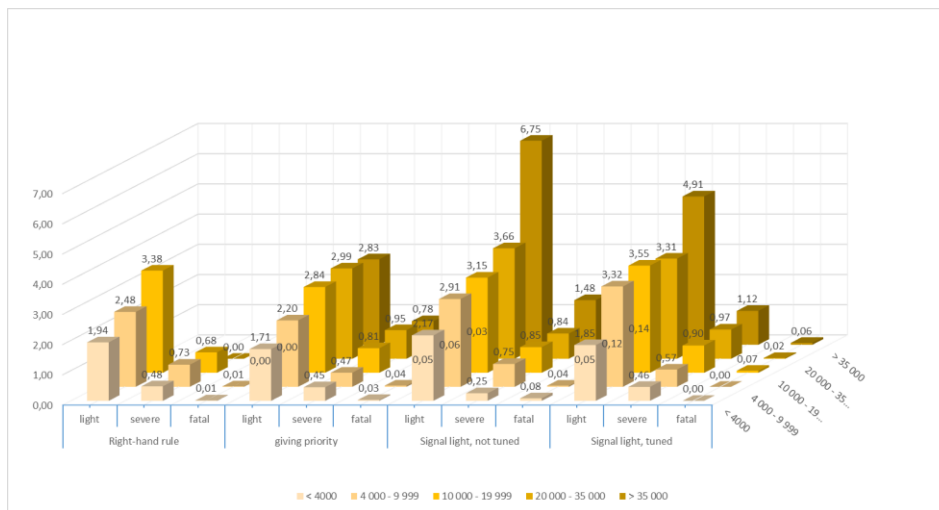


Figure 3: Specific accident indicator by node type, Budapest (own research)

## Conclusions

Our analyses showed the accident risk and associated rates are vary among road and junction types therefore to assess the real impacts of road related measure in metropolitan areas should be revised. The research gave specific values for the Budapest case but looking the size, road characteristics and traffic regulation and flow compositions several European metropolitan areas can utilize these results. It can be suggested to use such sophisticated assessment when the investment type fits to the situation described.

In addition, it can be emphasised that the efforts dedicated to traffic engineering can contribute considerably to traffic safety if we can improve the traffic signal management or divert the traffic toward managed junctions.

The research leads the guess the autonomous driving will deliver similarly low accident rates when the use will be more common but not dominating the urban fleets.

*Acknowledgement:* The publication was prepared with the support of the Ministry of Innovation and Technology from the National Research Development and Innovation Fund, as part of the project titled "Development of a dynamic, tuned and adaptive urban traffic management system services and intervention and evaluation toolkit for transport policy based on digitally connected data sources" (NKFIFH, 2019-1.1.1-PIACI-KFI-2019-00330).

## References

- [1] EU Road Safety: Towards "Vision Zero" Catalogue number: EF-05-22-354-EN-N, ISBN: ISBN 978-92-9208-143-0, doi: 10.2840/701809 pp. 3-4.
- [2] European Commission (2006). Developing Harmonized European Approaches for Transport Costing and Project Assessment, HEATCO
- [3] Trenecon (2017). Methodological Guide to Cost-Benefit Analysis of transport projects
- [4] Nemzeti Fejlesztési Ügynökség (2009). Módszertani útmutató költség-haszon elemzéshez
- [5] European Commission (2014). Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects, Economic Appraisal Tool for Cohesion Policy 2014–2020, European Commission, December 2014. [https://ec.europa.eu/regional\\_policy/en/information/publications/guides/2014/guide-to-cost-benefit-analysis-of-investment-projects-for-cohesion-policy-2014-2020](https://ec.europa.eu/regional_policy/en/information/publications/guides/2014/guide-to-cost-benefit-analysis-of-investment-projects-for-cohesion-policy-2014-2020) (04.07.2023)
- [6] Z. Berki, "Tackling sustainable urban transport policy measures in transport models" 2015 International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS), Budapest, Hungary, 2015, pp. 356-361, doi: 10.1109/MTITS.2015.7223279.
- [7] <https://www.ptvgroup.com/en/solutionsproducts/ptv-visum/ptv-visum-safety/> (downloaded: 04.07.2023)
- [8] <https://bkk.hu/fejlesztések/egyseg-es-forgalmi-modell/>

# Bike simulator applications in traffic engineering: a comprehensive review

Amira Hammami<sup>1</sup> – Attila Borsos<sup>2</sup> – Ágoston Pál Sándor<sup>3</sup>

University of Győr

<sup>1</sup>amirahammami095@gmail.com

<sup>2</sup>borsosa@sze.hu

<sup>3</sup>sandor.agoston.pal@hallgato.sze.hu

**Abstract:** Vulnerable road users (VRUs) or active modes, including cyclists, present a crucial part of a sustainable transport network. Therefore, ensuring their safety and the efficiency of their dedicated infrastructure designs is a necessity. Hereupon, the bike simulator (BS) technique acts as an active simulation and a hybrid approach that takes advantage of simulation and experimentation studies. This paper aims to provide a comprehensive review of the applications of bike simulators, mainly in traffic engineering and traffic safety. Findings indicate that in terms of infrastructure design, BS serves to test several designs, pavement layouts and, therefore, to evaluate the efficiency of each infrastructure facility and its impact on cyclists' safety. Further, in terms of behavioral studies, BS allows experiencing several traffic scenarios with different interactions between road users in safe and controlled settings to understand cyclists' behavior. Although BS technology is a promising multimodal research tool, it is still under improvement. In this sense, SZE-BS is introduced as an example of a VR-based bike simulator developed at the University of Győr, Hungary, for traffic safety research purposes.

**Keywords:** *bike simulator; cyclist safety, behavior, traffic engineering, VR, infrastructure design*

## Introduction

Over the years, the number of cyclists has steadily increased on the transport network. Approximately, the global sales of bike in 2021 were 257 million [1]. While the production of bikes in EU countries increased by 11% between 2020 and 2021 to reach 13.5 million bikes [2], in the US, on an annual basis the number of sold bike is between 15 and 20 million [3]. Interestingly, the fatality rate is not decreasing. In the EU, since 2010 the number of fatalities has not declined; cyclist fatalities consisted of 10% of road fatalities in 2020 [4].

Undoubtedly, with the rise in concern for sustainable transport, the interest in studying vulnerable road users' safety, including cyclists, has been growing [5]–[9]. Cyclists' safety involves behavioural aspects [10], i.e., cyclists' behaviours, interactions with other road users, decision-making processes, and physical aspects, i.e., cycling facility designs, facility types, and pavement markings. Further, traditional methods such as surveys and accident data analysis may have limitations and may not reflect all the aspects of cycling safety [5]. The simulator's implementation in the research field, on the other hand, provides significant control over experiments and a wide range of scenarios' designs and iterations [11]–[13]. A bike simulator offers a promising novel approach to study cycling safety. However, despite the increased attention to bicycle simulators, there is a scarcity of literature on this topic.

In this study, we address this research gap and contribute to a better understanding of the implication of BS in the traffic engineering field. Through a comprehensive review, we seek to provide valuable insight that can guide more efficient future research in traffic engineering.

## 1. Scope of the paper

This work reviews qualitatively, and comprehensively, the applications of BS tool in traffic engineering and traffic safety. Three criteria have been employed to select papers; the English language, the objective of BS use and the dynamic engagement. No matter what the way of displaying the simulated environment is, the most important is that the cyclist physically controls the bike. Studies investigating

cyclists' safety through only video clips displayed on laptop or in VR for participants do not satisfy our criteria (i.e., [14]).

The sources are identified using PubMed, Google Scholar, and Scopus databases. Only studies related to road safety were involved. Studies only related to entertaining exercises, sports training, health rehabilitations, or technical development (hardware, bike dynamic models etc.) are uncovered by this review. Further, the publication date was not restricted.

The following section provides the main findings of the literature review, followed by an example of a VR-based bike simulator developed at the University of Gyor. Then, the discussion contextualizes the study results and explores the implications of BS applications for future research.

## 2. Literature review outcomes

In total, 26 papers meet the criteria. Most of the BS publications were journal papers (17), proceedings of conferences (7), one thesis, and one report. Themes of the reviewed papers are classified into three groups: 1) BS validation studies; 2) cycling behavior studies; and 3) cycling infrastructure design studies. A second level of classification is used for the cycling behavior studies, as they consist of 62% of the reviewed papers, and are classified into four sub-groups. The review structure is illustrated in Figure.1.

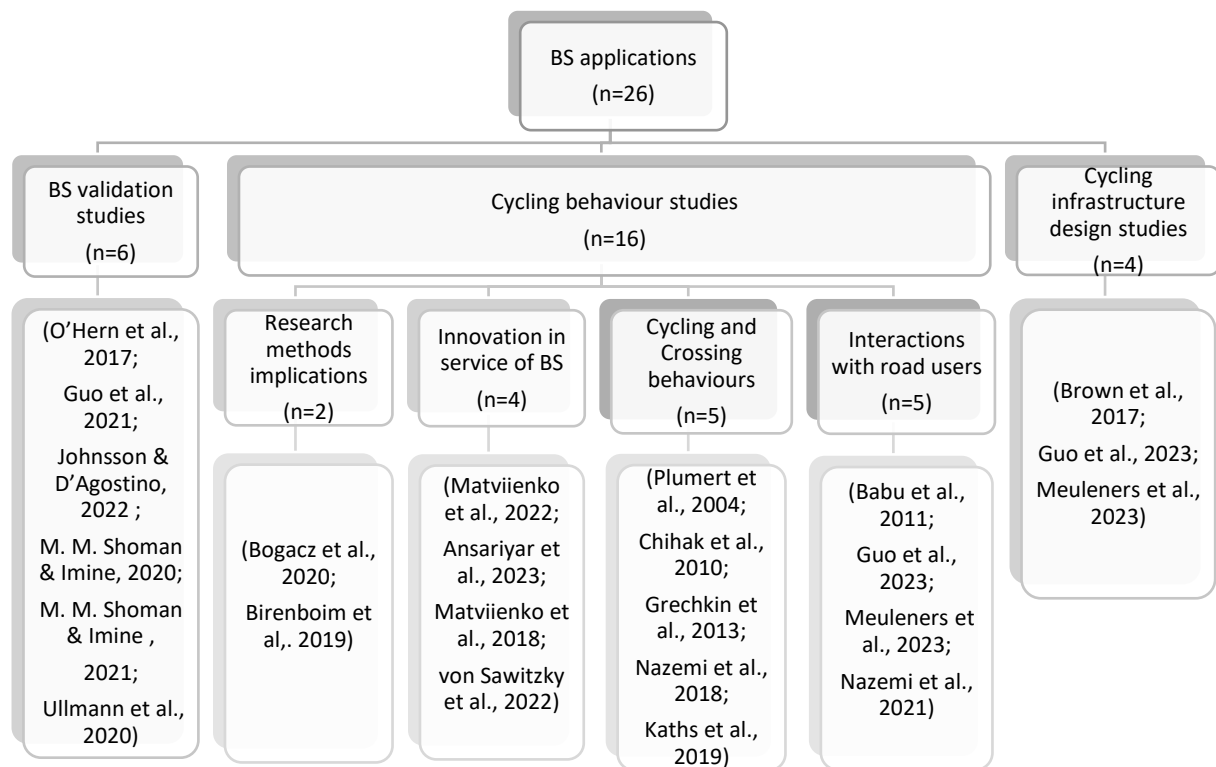


Figure 1. Literature review structure

### 2.1 BS validation studies

The reliability of simulator results depends basically on how much the simulated world corresponds to reality [13]. In order to produce significant data, it is imperative to conduct validation studies. BS validation studies consist of two categories: behavioral and subjective. While behavioral validity relies on objective parameters reflecting the behaviors of cyclists during the experiment such as speed and lane position, the subjective validity assesses how participants' perception.

In this study, we found that [13,15,16] conducted three behavioral validity studies of bicycle simulators developed, in Australia, the US, and Sweden, respectively. To evaluate the absolute and relative validity, [13] compared an on-road and BS' range of performance measures, including cyclist' lane position (average and deviation), average passing distance, speed profile, speed reduction (T-junction),

and head movements (at intersections). It is proven that BS is reliable in the investigation of cyclists' performance during interactions with the road environment. In [15] the authors analyzed several human sensing data (cyclists' gaze, heart rate, pose, and head movement), collected during both experiments; the naturalistic on-road and its virtual representation in IVE-BS (Immersive Visual Experience). Interestingly, absolute validity was proved for most of measurements (except the cyclist's gaze parameter). In both studies, the bike model used in both the on-site and the BS experiments is the same. Unlike in [13] and [15], BS participants in [16] did not cycle on-site. The study concept was the comparison, during six scenarios, of the trajectory of BS participants in the virtual environment to one observed trajectory on-road. Speed and lateral positions were measured, and trajectories were compared temporally and spatially using three different trajectory measurements. Result indicated that the cycling realism is higher in free-flow scenarios reaching 50%.

With regards to subjective validity, [17,18,19] conducted three studies, in France and Germany. In the first study, [17] examined only 10 participants' personal assessments of cycling experience, the Simulator Sickness Questionnaire (SSQ) results [20], and the NASA Task Load Index (TLX) [21]. In the second study, [18] applied several improvements to BS related to road profile vibrations and road adhesion and examined 36 participants' data. It was proven that the severity of the simulator has dropped, and the subjective assessment has increased to 6.74/10 (previously 6.1/10). As for [19], a Think-Aloud protocol was used to collect five participants' qualitative feedback concerning their subjective cycling experience. The experiment confirmed realistic and comfortable BS direction control (starting, rolling, and cornering).

## 2.2 Cycling behavior studies

### 2.2.1 Research methods implications

To understand the implication of the BS research method on cyclists' behavior, [22] compared cycling behavior in VR through two methods: using a keyboard and riding an instrumented bike, and [23] compared the realism level of the IVE bike simulator and equivalent still image environments. By analyzing speed, acceleration, head movements, braking, and electroencephalography (EEG) data of participants in both experiments, [22] supported the evidence of VR eliciting behavioral patterns in the real world, where the average speed of an instrumented bicycle in VR is closer to reality. They also emphasized the fact that an instrumented bicycle in VR is more effective in studying cyclist behavior than keyboard control.

Likewise, [23] examined the implications of implementing the stated preference (SP) experiment with the IVE simulator. Through simulating five virtual cycling segments via an instrumented bike in VR, they assessed the reliability of test-retest SP experiment in IVEs. Only this study applied this technique (test-retest). Findings revealed that IVE has greater realism than still images environments and that IVE familiarity impacts the results. Furthermore, the high ITC-SOPI scores registered reflect the great sense of presence in IVE. In cognitive assessments, texts or images are better, and in reaction assessments, IVE is a better solution. Overall, the study highlighted the ability to represent the dynamic environment.

### 2.2.2 Innovation in service of BS

This sub-group concerns studies involving innovative and advanced concepts to investigate cyclists' performance. These studies have recently been published. For instance, [24] studied the process of cyclists' crossing decision-making at uncontrolled intersections using Augmented Reality (AR). The developed virtual environment was displayed using AR headset (52° field of view) during cycling in an empty indoor hall. A wide range of data was collected, i.e. time to cross, accident rate, gap, min distance to cars, etc., towards two proposed AR-based visualizations. They revealed the potential of AR-based study to improve safety, immersion and realism. Where AR-based visualization supported faster crossing decisions and shorter gap selection. Furthermore, the subjects' subjective feedback showed that X-ray visualization leads to a lower mental load, and countdown visualization ensures a safe feeling.

On the other hand, since BS findings rely rather mainly on realism, to investigate the change in cyclists' traffic behavior during interactions with car drivers on shared bike lanes, [25] carried out an advanced study by using integrated simulation (cyclists on BS and drivers on driving simulators simultaneously). This served, therefore, to collect real values of speed, lateral distance, and braking intensity. Importantly, results supported the increased probability of crashes in shared bike lanes (no

physical barriers). Further, 50% of females and 60% of males prefer increasing speed after overtaking. Females are more cautious (high rate of braking).

For the sake of cyclists' safety, both [26] and [27] focused on the warning system concept during cycling. While [26] devoted the interest to children, [27] examined the effect of awareness messages (AM) about parked vehicle door opening on cycling behaviors and safety. Three types of awareness notifications were investigated, and for each one, speed and lateral position were analyzed. Importantly, the study revealed the potential of notification systems to improve cyclists' safety by avoiding door openings, especially with the high willingness of cyclists to use AM systems.

[26] evaluated children's performance and perception towards unimodal and multimodal warning signals by investigating the recognition rate of warning cues (visual, auditory, and vibro-tactile) and the suitable positions on bikes. Reaction time, duration and frequency of glances, number of accidents, etc., were analyzed. Notably, the children's perception time of visual warning is longer than auditory or vibrotactile cues, and trimodal warning has better performance. Persuasively, warning systems allowed children to avoid accidents. The present findings also support the findings of [27].

### 2.2.3 Cycling and crossing behaviors

[28] studied cyclists' behavior in a non-naturalistic experiment. By simulating five environments (treatments) via an instrumented bike in 360-degree VR, they evaluated cyclists' speed, braking, and headway (right and left). Findings demonstrated the evidence of cyclists' behavior and perceptions of the similarity between VR and reality. It was indicated that participants' average speed depends on bike facilities. Further, segregated bike lanes had the highest speed. Essentially, head movements and braking occurred significantly near intersections.

Considering the sensitivity of intersections in traffic engineering, [29] analyzed bicyclists' behaviors in a signalized intersection. In fact, they simulated an intersection in the real world using SUMO traffic simulation and DYNA4. They compared the participants' trajectories to the real cyclists' trajectories and found that TTC and PET depend on the accuracy of the simulation. Although they indicated possible systematic errors by comparing velocities (real and simulated), they also highlighted possible similarity essentially in strategic and tactical behaviors.

Besides intersections, investigating crossing behaviors and gap choices among cyclists is an old issue. [30] targeted child cyclists for this purpose. They analyzed the behavior of children compared to adults on a street with six intersections. The BS setup at that time was simpler. They only projected the real-time virtual environment on three screens around a stationary bicycle. Compared to adults, children showed more difficulty coordinating their movements towards the cars.

Likewise, [31] by using the same BS as [30], assessed three cyclist groups' interception of moving gaps. They analyzed cyclists' behaviors at 12 test intersections. Surprisingly, findings showed that adults require more time than children to spare. Notably, a multistage interception strategy was dominating the subjects' behaviors.

Later, [32] examined child and adult cyclists' performances and gap selection across two lanes of opposing traffic. The BS used was the one developed in [30,31]. Gap selection, crossing performance, and safety margins were analyzed in 12 real-time virtual intersections. Results obtained indicated that both adults and children prefer to roll over aligned gap pairs, with a higher rate for adults. Moreover, the gap choice affects the direction of travel and speed. While cyclists veer right in the case of rolling gap pairs, others veer left in the case of aligned gap pairs. Indeed, crossing aligned gap pairs requires higher speed, and children have smaller safety margins than adults.

### 2.2.4 Interactions with road users

The [33] study should be considered visionary and ahead of its time. To study the impact of social interactions on child cyclists' road crossing behavior, it developed a cyclist virtual peer with motions, speech, and gestures through a virtual human interface framework. Child subjects were cycling on stationary bicycles simultaneously with projected real-time virtual peers on screens. After riding together with two virtual peer conditions (risky and safe), child cyclists' behaviors at six intersections were assessed. Notably, riding with risky peers affects children in terms of selecting lower gaps in traffic. Additionally, riding with risky peers significantly affects the children's stopping behavior.

[34] examined particularly student cyclists' responses to right-turning motorized vehicles. The experiment consists of determining response patterns in a scenario where a motorcycle makes a right turn ahead of them. By measuring the steering angle, speed, and cut-in time gap, five response patterns were defined. Essentially, smaller speed differences resulted in greater variations in steering angle and speed than larger speed differences. However, there was no significant impact of gender on patterns.

[35] consists of a comprehensive study, where cyclists' behavior during interactions with other road users was investigated in several virtual environments (roads, crosswalks, intersections, bike lanes, shared lanes, etc.). Methodologically, cyclists' perceptions, reactions, and performance were assessed through an electroencephalogram (EEG). They highlighted the potential use of BS for gap acceptance research. Interestingly, they found that shared lanes provide similar behavior between males and females. Aside from the fact that cyclists aged 26 and older are more cautious, and cycling skills affect the perception of the cycling environment, 16% of experienced cyclists rode on the left.

Interactions refer not only to interactions with dynamic road users but also with static environmental components. For instance, [36] studied cyclists' lateral position and velocity during bike-truck interactions in proximity to commercial vehicle loading zones by using a BS. The variable investigation was in relation to pavement marking, signage, and truck maneuvers. They found that the effect of truck presence on the cyclist's performance depends on design treatments. Further, in the presence of trucks in the commercial vehicle loading zones, cyclists have a lower velocity. Essentially, truck maneuvering has the most significant impact on cyclists' performance, with reduced the cyclist's velocity and increased the lateral position.

Only one study focused on cyclists and autonomous vehicles (AVs) interactions. The implementation of AVs on network systems requires overcoming the challenge of road users' interactions, especially on shared roads. That's why [37] conducted an initial exploration of AV-cyclist interactions. Methodologically, they designed and assessed six interface prototypes for AV-cyclist interactions. Then they investigated the prototypes through a VR cycling simulator. Regardless of the missing real-world elements, a positive effect on improving cyclists' confidence during interactions was demonstrated. A downside of the methodology is that there is a potential danger for cyclists due to overreliance on interfaces.

### **2.3 Cycling infrastructure design**

Three studies used BS to understand the efficiency of some specific infrastructure design-related treatments. Regarding [38], they investigated two categories of markings (bicycle wayfinding and detector symbols). The performance of alternative markings was tested before their application in the field through different combinations. This allowed them to demonstrate the failure of the existing markings in Columbia's network compared to the proposed new alternatives. The study also highlighted the need for investigating the impact of further factors on the results, particularly the color.

On the other hand, [39] evaluated cyclists' perceptions of safety through three bike lane designs: sharrows, curbside, and protected bike lanes. This was based on assessing the speed, lane position, and psycho-physiological (gaze variability and heart rate) measurements. The study revealed that the highest subjective safety rate is devoted to protected bike lane, which is the mostly preferred design by female. Further, compared to the sharrows design, the remaining designs indicated a lower dispersion gaze rate, and based on heart rates, both designs have the potential to reduce stress levels among cyclists. Despite the subjectiveness, given the complexity of human performance, it is promising to rely on the psychological measurements of cyclists during the assessment of the safety of cycling infrastructure designs.

Lastly, [40] studied the effect of two road treatments on cyclists' behavior in Australia. Mainly, they conducted 2x2 BS experiments involving two sites with and without treatments. Interestingly, like [38], the first treatment was pavement marking related and consisted of sharrows. Like [39], the treatment was geometry modification related and consisted of bike lane widening from 1.2m to 1.8m. It was found that increasing the width of bike lanes on mid-block curved sections is beneficial for cyclists. The authors also highlighted the potential opportunities to optimize the width of the bike lane by reducing speed limits.

Aside from the minimal number of these studies, there are plenty of scenarios to be investigated in terms of design. Presently, these studies confirm the efficiency of BS use as preventive approach. Aligned with this, [41] examined the perceived level of safety (PLOS) and the willingness to bicycle (WTB) of cyclists and the impact of pedestrians and traffic volume on them through five environments (treatments) by employing 360-degree VR. Neither of the other studies included the same number of subjects (150 participants). As for the environment, participants found segregated bike lanes safer than other facilities. Besides the gender non-effect on the rating of PLOS and WTB, there is no significant difference between WTB on a painted path on the road and on a sidewalk.

### 3. Development of VR-based bike simulator (VRBS)

SZE-BS is an example of a VR bike simulator developed at the University of Gyor, Hungary, for traffic safety research purposes. It allows participants to ride a typical bike while experiencing a representation of a virtual environment through a VR head-mounted display (Figure 2). The SZE-BS design and the proof of concept are explained in this section.

#### 3.1 Bike simulator design

Mainly, a BS is an apparatus that replicates bicycle riding in a virtual world. It usually comprises two basic elements: software and hardware [18].

##### 3.1.1 Software

Bike simulator software generally runs on a computer or a suitable device and provides a virtual environment where cyclists may interact with the simulation. It involves the digital aspects of the simulation, including simulation logic (computer programs and algorithms), virtual environments, and other software components [18].

- Game engine

The game engine used in SZE-BS is Unity. It acts as a platform to manage and coordinate the simulation logic with other components, to run and to display the virtual environment.

- Simulation logic

The SZE-BS simulation logic reflects programs and algorithms used to model the physics and dynamics of cycling. It includes a rigid body representing the physical bike. C++ code is used to process the data from the sensors, while C# code is used to transmit the data to the Unity simulation. The C# code receives the data from the Arduino via serial communication and applies it to the rigid body in the simulation. To achieve a realistic cycling experience, the simulation responds in real-time to the participant's movements (pedaling and steering).

- Virtual environment

SZE-BS employed Blender software to model the virtual environment which is a visual representation that simulates a real or imaginary world (Figure 2). It also served to model the movement of road users and to simulate buildings, streets, and intersections. Cyclists in such an environment have the possibility to perceive and interact with virtual objects as if they were physically inside the simulated scenario.



Figure 2. Example of virtual site (replication of real site at Gyor)

### 3.1.2 Hardware

The software drives the virtual environment and simulation logic, while the hardware (Figure 3) provides the physical interface for participants to interact with the simulation.

- Bicycle

The bicycle used in the BS is a regular bicycle mounted on a bike stand. It is the basis for the addition of sensors. Further, to provide more reliable experiment results, the same model of the bike is used in the real world and in simulated environment as the case of [13,15].

- Bike stand

The bike stand is responsible for the stability of the bike during the simulation as it provides the turning of the rear wheel where the cyclist would not move forward in the real-world.

- Graphical Display

For the sake of providing an immersive visual experience of a virtual environment to the cyclist during the BS experiment, a VR head mounted display (HMD) is used.

- Tracking motions sensors

To track the BS movements, two types of sensors are used. The first one is a potentiometer attached to the frontal wheel to measure the rotational angle of steering. The second one is a HAL sensor with 9 magnets distributed equally on the back wheel to determine the velocity. Both sensors are connected to two Arduino Uno microcontrollers to capture data. The data from the Arduino sensors are transmitted to the Unity simulation via serial communication. The most important aspect of the software setup is the communication between the Arduino sensors and the Unity simulation.



Figure 3. SZE-BS

### 3.2 Proof of concept

SZE-BS has undergone primary tests to calibrate the speed and synchronize the movements of cyclists in the real world and in a simulation environment. As the next step, a preliminary validation study is required to ensure the reliability of results. The main concept of the preliminary study is to realize a comparison between the performance of cyclists in a real environment (on-site) and in the same simulated environment in the SZE-BS.

The intended experiment involves three main sessions: cycling on-site, cycling in BS, and a questionnaire survey. A pre-session is also needed to introduce the BS to participants so they can learn how to use it through a tutorial scenario and get familiar with it. Since it is a preliminary study, a total of 15 volunteer participants will be involved in the experiment. The participants are mainly students and faculty staff members.

In total, three scenarios are designed for each cyclist; the tutorial and 2 real site scenarios. To that end two road sections of approximately 150 m long in Győr, Hungary, were selected: the first section is an advisory bicycle lane with sharrows, and the second is a separated bicycle pedestrian path. Both sections are replicated in 3D virtual environments.

In the first step, each participant must cycle in both sites. The trajectory data are recorded by using a GNSS receiver. In the second step, the participant is required to cycle in the same environment in the BS. In the last step, the participant will evaluate the experiment using a questionnaire survey. An SSQ will also be filled and participants with high motion sickness rate will be excluded from the analysis results.

The analysis involves two validation phases: subjective and objective. While subjective results concern the participants' evaluation of SZE-BS cycling performance, objective results concern the comparison of trajectories on-site and in the simulated environment using the cumulative lateral position (CLP) measure [42].

## 4. Discussion

26 papers form the basis of this review. Indeed, the low number of publications may be due to the difference of research scopes and the newness. This work provides a comprehensive review of the application of bike simulators to road safety. 22 research publications out of 26 were published after 2017. The oldest publication was [30]. This indicates that the idea of a bike simulator is not fully new. The idea has been developed from cycling in front of on-wall projection [26] and screens displaying virtual environments [17,18,29,30,31,32,33,34,38], to cycling inside the virtual environment using Immersive Virtual Environment IVE through a cave [27], Virtual Reality Head Mounted Display [13,15,16,19,22,23,25,28,35,36,39,40,41]. Further, recent technological innovation has even allowed for the concept of Augmented Reality [24]. This variety of techniques reflects the huge interest in producing reliable results from bike simulators, especially because achieving a high degree of realism is not that simple.

### 4.1 Virtual environment designs

The virtual environment or network is designed based on the objectives of the studies. It generally consists of a combination of dynamic and static elements, leading to several scenarios [43]. With regards to this work, the dynamic elements involved were external and persistent. Hereupon, external dynamic elements refer to the new added elements, such as warning notification message [27]. However, the study involving the peer child mobile [33] does not fall into the same category because the peer child is a representation of any road user, which means that it is persistent. While the second group of studies investigated a mix of dynamic elements, the last group of studies focused only on the static element, which refers to a set of infrastructure designs. Broadly, the representation of infrastructure relies on colors and dimensions [38]. Although studies seek high elicitation of real environments, according to [13] and [43], it is not necessary to completely replicate reality. This reason is that learning memory related factors may affect the results, where the subject's mind matches one environment to another and builds false expectations.

### 4.2 Cycling performance measurements

By investigating 26 studies, it is notable that BS behavior and performance outcomes depend on external and internal factors. From the perspective of a cyclist, the external ones refer to the physical scenarios' components and how much they are representative, and the internal ones are related to the psychology, perception, physical state, reaction time of cyclists, and sometimes gender. One of the main measurements of performance is the speed, where this parameter was evaluated in nine out of 26 studies. In general, high speed is seen as a safety issue [37,38]. However, it may reflect how safe the infrastructure is, as in the case of segregated bike lanes [28], and how smooth the BS movements are. Further, lane position as a spatial measurement exhibits the cyclists' cautiousness towards the existent scenario, as in the case of females [25]. Speed (or acceleration) and lane position are rather common measurements. Interestingly, this work covered innovative techniques such as heart rate, eye gaze variability, and electroencephalographical data (EEG). Such outcomes are genuinely practical, especially since with the lack of familiarity with VR, subjects may not be able to express their perceptions well or may misunderstand them.

### 4.3 Sampling

In terms of size, in many cases, the sampling was small; authors mentioned that among the studies' limitations. In terms of demography, several studies insisted on the necessity of investigating a wider

range of ages, i.e., [13,15,28]. Typically, the unrepresentativeness of the sample is proportional to its size. However, in the case of [41], although the sample size of 150 participants was rather appropriate for a survey study, it was unrepresentative of the Singaporean age population. On the other hand, regardless of the sample size, a number of studies targeted a specific age range. [26,30,31,32] investigated, for example, children's behaviors and performances in different scenarios.

In terms of gender, which is a demographic key factor, most of studies evaluated a sort of balanced sample, where the proportion of females and males was nearly close. The intention here is evidently to minimize the gender effects on results among cyclists. Interestingly, only [25] demonstrated the impact of gender, where they found that females are more cautious in overtaking scenarios.

#### 4.4 Future work

The most predicted limitation that guides future research is outcome validation. For the studies outlined above, 10 out of 26 stressed the importance of verifying the validity of the findings through real tests on site. Even those studies that aim primarily to validate BS expressed concern about validating more sophisticated scenarios. Aside from the BS potential for providing valuable results, on site measurements remain a necessity.

More than half of the studies targeted only adult cyclists. It should be however noted that, with the increased use of E-scooters among them, the future of cycling is blurry, and cycling may lose ground and become the preferred mode of transportation only for old people. According to [4], 47% of cyclist fatalities were aged 65 and older in 2020. Despite that, the literature has remained rather silent on their behavior. The choice of avoiding older cyclists in BS research might reflect the potential of their exposure to a higher VR sickness motion than adults. However, optimizing the duration of the experiment, and selecting a convenient VR display tool are key factors. In fact, it is only a matter of time before technological development overcomes this challenge and such studies can be performed.

Cyclists are not alone on the network. Even on their own dedicated bike lanes, at some points they might interact with other cyclists or other road users, especially at intersections. Looking at the different behaviors and cyclists' diversity, investigating cyclists' interactions with their surroundings and performances is quite difficult. However, as technological progress offers new techniques such as eye tracking, skin conductance sensors, skin temperature sensors, breathing patterns, and the EEG, studies become simpler.

Likewise, with the increased use of energy-efficient transport modes, i.e., autonomous vehicles, E-scooters, etc., evaluating their interactions with cyclists experimentally in shared networks is still uncommon and unsafe. Such considerations should be made in the perspective of future research.

Besides the usefulness of BS in investigating interactions and behaviors, BS is also practical in testing new infrastructure design layouts and pavement treatment cases too. Further, [18] introduced an innovative step by equipping the BS with an asphalt specimen. It is a starting point for future research in exploring new alternative pavements.

In this regard, our forthcoming studies involving SZE-BS are focused on investigating the impact of alternative infrastructure treatments on cyclist safety on shared roads with autonomous vehicles.

Apart from the wide range of future applications of BS in traffic engineering, several miscellaneous issues should be considered. Importantly, extensive further technical development is required to confirm the reliability of the BS tool.

## Conclusions

This review provides a comprehensive understanding of the current studies involving BS in traffic engineering by identifying the key findings and key research gaps that guide future research. The use of BS is a promising tool to promote traffic safety and sustainable mobility.

As interest in sustainable mobility is rising, the bike simulator, as a holistic and preventive approach, is offering the opportunity for the traffic engineering field to conduct multimodal research. This is clearly evident from the wide range of cycling performance measurements provided. Indeed, physical (reaction

time, speed, acceleration, and coordinates), psycho-physiological (eye gaze and heart rate), electroencephalographical (EEG), and preferential responses could be collected in only one experiment.

Finally, since there is always room for improvement, the ongoing development of new technologies and techniques, including algorithms, display technology, sensor technology, and virtual reality technology, is likely to continue to lead to more realistic and effective BS. On the other hand, it will serve to evaluate more sophisticated scenarios involving other current and new road users, i.e., AVs and E-scooters, which is the goal of SZE-BS.

*Acknowledgement:* The authors gratefully acknowledge the contributions of the geodesy lab staff at the University of Gyor.

## References

- [1] “Bicycles - South Africa | Statista Market Forecast.” <https://www.statista.com/outlook/mmo/bicycles/south-africa> (accessed May 25, 2023).
- [2] “EU produced 13.5 million bicycles in 2021 - Products Eurostat News - Eurostat.” <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/DDN-20220912-2> (accessed May 25, 2023).
- [3] “U.S. Bicycle Industry - Statistics & Facts | Statista.” <https://www.statista.com/topics/1448/bicycle-industry-in-the-us/#topicOverview> (accessed May 25, 2023).
- [4] “European Road Safety Observatory,” Accessed: May 25, 2023. [Online]. Available: <https://road-safety.transport.ec.europa.eu/statistics-and-analysis/data-and-analysis/facts-and->
- [5] M. S. Rahman, M. Abdel-Aty, S. Hasan, and Q. Cai, “Applying machine learning approaches to analyze the vulnerable road-users’ crashes at statewide traffic analysis zones,” *J. Safety Res.*, vol. 70, pp. 275–288, Sep. 2019, doi: 10.1016/J.JSR.2019.04.008.
- [6] G. Yannis, D. Nikolaou, A. Laiou, Y. A. Stürmer, I. Buttler, and D. Jankowska-Karpa, “Vulnerable road users: Cross-cultural perspectives on performance and attitudes,” *IATSS Res.*, vol. 44, no. 3, pp. 220–229, Oct. 2020, doi: 10.1016/J.IATSSR.2020.08.006.
- [7] P. Olszewski, P. Szagała, D. Rabczenko, and A. Zielińska, “Investigating safety of vulnerable road users in selected EU countries,” *J. Safety Res.*, vol. 68, pp. 49–57, Feb. 2019, doi: 10.1016/J.JSR.2018.12.001.
- [8] V. D. Pyrialakou, C. Gkartzonikas, J. D. Gatlin, and K. Gkritza, “Perceptions of safety on a shared road: Driving, cycling, or walking near an autonomous vehicle,” *J. Safety Res.*, vol. 72, pp. 249–258, Feb. 2020, doi: 10.1016/J.JSR.2019.12.017.
- [9] G. Cantisani, L. Moretti, and Y. De Andrade Barbosa, “Safety Problems in Urban Cycling Mobility: A Quantitative Risk Analysis at Urban Intersections,” *Saf. 2019, Vol. 5, Page 6*, vol. 5, no. 1, p. 6, Jan. 2019, doi: 10.3390/SAFETY5010006.
- [10] W. van Haperen, M. S. Riaz, S. Daniels, N. Saunier, T. Brijs, and G. Wets, “Observing the observation of (vulnerable) road user behaviour and traffic safety: A scoping review,” *Accid. Anal. Prev.*, vol. 123, pp. 211–221, Feb. 2019, doi: 10.1016/J.AAP.2018.11.021.
- [11] S. T. Godley, T. J. Triggs, and B. N. Fildes, “Driving simulator validation for speed research,” *Accid. Anal. Prev.*, vol. 34, no. 5, pp. 589–600, 2002, doi: 10.1016/S0001-4575(01)00056-2.
- [12] L. Meuleners and M. Fraser, “A validation study of driving errors using a driving simulator,” *Transp. Res. Part F Traffic Psychol. Behav.*, vol. 29, pp. 14–21, 2015, doi: 10.1016/j.trf.2014.11.009.
- [13] S. O’Hern, J. Oxley, and M. Stevenson, “Validation of a bicycle simulator for road safety research,” *Accid. Anal. Prev.*, vol. 100, pp. 53–58, Mar. 2017, doi: 10.1016/j.aap.2017.01.002.
- [14] J. P. N. Velasco, A. de Vries, H. Farah, B. van Arem, and M. P. Hagenzieker, “Cyclists’ crossing intentions when interacting with automated vehicles: A virtual reality study,” *Inf.*, vol. 12, no. 1, pp. 1–15, 2021, doi: 10.3390/info12010007.
- [15] X. Guo, E. Robartes, A. Angulo, T. D. Chen, and A. Heydarian, “Benchmarking the Use of Immersive Virtual Bike Simulators for Understanding Cyclist Behaviors,” *Comput. Civ. Eng. 2021 - Sel. Pap. from ASCE Int. Conf. Comput. Civ. Eng. 2021*, no. November, pp. 1319–1326, 2021, doi: 10.1061/9780784483893.161.
- [16] C. Johnsson and C. D’Agostino, “Behavioural Validation of a Low-Cost Virtual Reality

- Bicycle Simulator Based on Trajectory Similarity,” *SSRN Electron. J.*, Nov. 2022, doi: 10.2139/SSRN.4265367.
- [17] M. Shoman and H. Imine, *Subjective Validity of Bicycle Simulators. Subjective Validity of Bicycle Simulators Bicycle Simulator Study.* .
- [18] M. M. Shoman and H. Imine, “Bicycle Simulator Improvement and Validation,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 55063–55076, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3071214.
- [19] D. Ullmann, J. Kreimeier, T. Götzelmann, and H. Kipke, “BikeVR: A virtual reality bicycle simulator towards sustainable urban space and traffic planning,” *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, pp. 511–514, 2020, doi: 10.1145/3404983.3410417.
- [20] R. S. Kennedy, N. E. Lane, K. S. Berbaum, and M. G. Lilienthal, “Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness,” *Int. J. Aviat. Psychol.*, vol. 3, no. 3, pp. 203–220, 1993, doi: 10.1207/S15327108IJAP0303\_3.
- [21] S. G. Hart and L. E. Staveland, “Development of Nasa Tlx (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. Human Mental Workload,” *Hum. Ment. Workload*, pp. 139–183, 1988.
- [22] M. Bogacz *et al.*, “Comparison of Cycling Behavior between Keyboard-Controlled and Instrumented Bicycle Experiments in Virtual Reality,” *Transp. Res. Rec.*, vol. 2674, no. 7, pp. 244–257, 2020, doi: 10.1177/0361198120921850.
- [23] A. Birenboim, M. Dijst, D. Ettema, J. de Kruijff, G. de Leeuw, and N. Dogterom, “The utilization of immersive virtual environments for the investigation of environmental preferences,” *Landsc. Urban Plan.*, vol. 189, pp. 129–138, Sep. 2019, doi: 10.1016/j.landurbplan.2019.04.011.
- [24] A. Matviienko, F. Müller, D. Schön, P. Seesemann, S. Günther, and M. Mühlhäuser, “BikeAR: Understanding Cyclists’ Crossing Decision-Making at Uncontrolled Intersections using Augmented Reality,” *Conf. Hum. Factors Comput. Syst. - Proc.*, 2022, doi: 10.1145/3491102.3517560.
- [25] A. Ansariyar, A. Ardeshiri, E. Vaziri, and M. Jeihani, “Investigating the Traffic Behavior of Bicyclists in Interaction with Car Users on Shared Bike Lanes Without Physical Barriers,” *SSRN Electron. J.*, pp. 1–17, 2023, doi: 10.2139/ssrn.4377734.
- [26] A. Matviienko, S. Ananthanarayan, S. S. Borojeni, Y. Feld, W. Heuten, and S. Boll, “Augmenting bicycles and helmets with multimodal warnings for children,” *MobileHCI 2018 - Beyond Mob. Next 20 Years - 20th Int. Conf. Human-Computer Interact. with Mob. Devices Serv. Conf. Proc.*, pp. 1–13, 2018, doi: 10.1145/3229434.3229479.
- [27] T. von Sawitzky, T. Grauschopf, and A. Riener, “‘Attention! A Door Could Open.’—Introducing Awareness Messages for Cyclists to Safely Evade Potential Hazards,” *Multimodal Technol. Interact.*, vol. 6, no. 1, 2022, doi: 10.3390/mti6010003.
- [28] M. Nazemi, M. A. B. van Eggermond, A. Erath, and K. W. Axhausen, “Studying cyclists’ behavior in a non-naturalistic experiment utilizing cycling simulator with immersive virtual reality,” *Arbeitsberichte Verkehrs- und Raumplan.*, vol. 1383, Sep. 2018, doi: 10.3929/ETHZ-B-000290955.
- [29] H. Kathes, A. Keler, J. Kathes, and F. Busch, “Analyzing the behavior of bicyclists using a bicycle simulator with a coupled SUMO and DYNA4 simulated environment,” 2019.
- [30] J. M. Plumert, J. K. Kearney, and J. F. Cremer, “Children ’ s Perception of Gap Affordances : Bicycling across Traffic-Filled Intersections in an Immersive Virtual Environment Author ( s ): Jodie M . Plumert , Joseph K . Kearney and James F . Cremer Published by : Wiley on behalf of the Society for Rese,” vol. 75, no. 4, pp. 1243–1253, 2004.
- [31] B. J. Chihak *et al.*, “Synchronizing Self and Object Movement: How Child and Adult Cyclists Intercept Moving Gaps in a Virtual Environment,” *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.*, vol. 36, no. 6, pp. 1535–1552, 2010, doi: 10.1037/a0020560.
- [32] T. Y. Grechkin, B. J. Chihak, J. F. Cremer, J. K. Kearney, and J. M. Plumert, “Perceiving and acting on complex affordances: How children and adults bicycle across two lanes of opposing traffic,” *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.*, vol. 39, no. 1, pp. 23–36, 2013, doi: 10.1037/a0029716.
- [33] S. V. Babu *et al.*, “An immersive virtual peer for studying social influences on child cyclists’ road-crossing behavior,” *IEEE Trans. Vis. Comput. Graph.*, vol. 17, no. 1, pp. 14–25, 2011, doi: 10.1109/TVCG.2009.211.
- [34] W. C. Liu, M. C. Jeng, J. R. Hwang, J. L. Doong, C. Y. Lin, and C. H. Lai, “The response patterns of young bicyclists to a right-turning motorcycle: A simulator study,” *Percept. Mot. Skills*, vol. 115, no. 2, pp. 385–402, 2012, doi: 10.2466/22.25.27.PMS.115.5.385-402.

- [35] V. Kwigizile *et al.*, “Real Time Bicycle Simulation Study of Bicyclists’ Behaviors and their Implication on Safety FINAL REPORT for Livable Communities Western Michigan University,” 2017.
- [36] M. G. Abadi, D. S. Hurwitz, M. Sheth, E. McCormack, and A. Goodchild, “Factors impacting bicyclist lateral position and velocity in proximity to commercial vehicle loading zones: Application of a bicycling simulator,” *Accid. Anal. Prev.*, vol. 125, no. January, pp. 29–39, 2019, doi: 10.1016/j.aap.2019.01.024.
- [37] M. Hou, K. Mahadevan, S. Somanath, E. Sharlin, and L. Oehlberg, “Autonomous Vehicle-Cyclist Interaction: Peril and Promise,” *Conf. Hum. Factors Comput. Syst. - Proc.*, pp. 1–12, 2020, doi: 10.1145/3313831.3376884.
- [38] H. Brown, C. Sun, and Z. Qing, “Investigation of alternative bicycle pavement markings with the use of a bicycle simulator,” *Transp. Res. Rec.*, vol. 2662, no. 1, pp. 143–151, 2017, doi: 10.3141/2662-16.
- [39] X. Guo, A. Tavakoli, A. Angulo, E. Robartes, T. D. Chen, and A. Heydarian, “Psychophysiological measures on a bicycle simulator in immersive virtual environments: how protected/curbside bike lanes may improve perceived safety,” *Transp. Res. Part F Traffic Psychol. Behav.*, vol. 92, pp. 317–336, Jan. 2023, doi: 10.1016/J.TRF.2022.11.015.
- [40] L. Meuleners, M. Fraser, and P. Roberts, “Improving cycling safety through infrastructure design: A bicycle simulator study,” *Transp. Res. Interdiscip. Perspect.*, vol. 18, no. June 2022, p. 100768, 2023, doi: 10.1016/j.trip.2023.100768.
- [41] M. Nazemi, M. A. B. van Eggermond, A. Erath, D. Schaffner, M. Joos, and K. W. Axhausen, “Studying bicyclists’ perceived level of safety using a bicycle simulator combined with immersive virtual reality,” *Accid. Anal. Prev.*, vol. 151, p. 105943, Mar. 2021, doi: 10.1016/J.AAP.2020.105943.
- [42] N. Bongiorno, O. Pellegrino, A. Stuiver, D. de Waard, P. Intini, and N. Distefano, “Cumulative lateral position: a new measure for driver performance in curves,” *Traffic Saf. Res.*, vol. 4, p. 000021, Dec. 2022, doi: 10.55329/xmls1738.
- [43] C. Sun and Z. Qing, “Design and Construction of a Virtual Bicycle Simulator for Evaluating Sustainable Facilities Design,” *Adv. Civ. Eng.*, vol. 2018, 2018, doi: 10.1155/2018/5735820.
- [44] A. Mofolasayo, “Complete Street Concept, and Ensuring Safety of Vulnerable Road Users,” *Transp. Res. Procedia*, vol. 48, pp. 1142–1146, 2020, doi: 10.1016/j.trpro.2020.08.139.
- [45] “Safety in Road Traffic for Vulnerable Users Third Road Safety Week in the UN/ECE Region.”

## **Dilemma: fessünk vagy ne fessünk a körpályán? A Szombathely 86-87 főutak koncentrikus kétsávos körforgalmának közlekedésbiztonsági tapasztalatai / The dilemma: to paint or not to paint on the circuit? Traffic safety experiences of the concentric two-lane roundabout on Szombathely main roads 86-87**

**Tóthné Temesi Kinga**

**KTI Magyar Közlekedéstudományi és Logisztikai Intézet Kft.  
temesi.kinga@kti.hu**

**Kivonat:** Magyarországon a 90-es évek kezdetén épültek az első új típusú külterületi – kezdetben csak egysávos – körforgalmak, de az ezredfordulóra már hazánkban is megjelent néhány koncentrikus kétsávos körforgalom. A kedvezőtlen hazai és nemzetközi tapasztalatok miatt később a koncentrikus körforgalmak többsége átépült spirális, vagy turbó körforgalommá, de még van néhány, amelynek átalakítása forrás hiányában nem történt meg. Szombathely ÉK-i kapuja egy hétágú, kétsávos geometriával épült körforgalom. A körpályán való (párhuzamos) közlekedés a közlekedők körében máig vitatott kérdés. A cikkben bemutatjuk a csomópont forgalomterhelésének változásait, vizsgáljuk a csomóponti konfliktusokat és javaslatot teszünk a körforgalom egy lehetséges átalakítására.

**Abstract:** In Hungary, the first new types of suburban roundabouts - initially single-lane - were built in the early 1990s, but by the turn of the millennium, some concentric two-lane roundabouts had already appeared in Hungary. Due to unfavourable national and international experiences, most of the concentric roundabouts were later converted into spiral or turbo roundabouts, but there are still some that have not been converted due to lack of resources. The north-eastern gate of Szombathely is a seven-lane roundabout with a two-lane geometry. The (parallel) traffic on the roundabout is still a controversial issue among road users. In this article, we describe the changes in the traffic load of the junction, examine the conflicts at the junction and suggest a possible modification of the roundabout.

*Kulcsszavak: kétsávos körforgalom; párhuzamos közlekedés; spirális körforgalom;*

*Keywords: two-lane roundabout; parallel traffic; spiral roundabout*

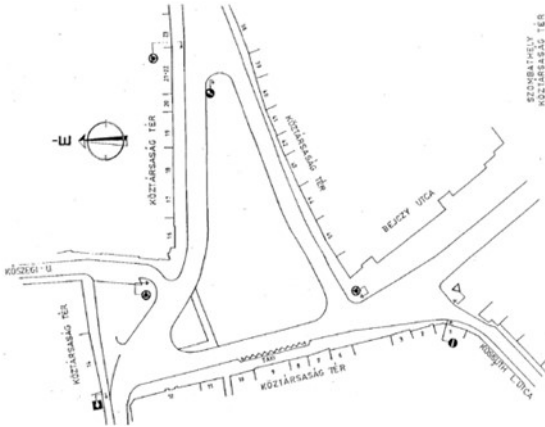
*Mottó: „Aki képtelen ezt a körforgalmat ésszerűen, és dinamikusan használni, az cserélje le a jogosítványát buszbérletre, és inkább tömegközlekedjen! Mindenkinek sokkal jobb lesz!” (egy hozzászóló)*

### **Bevezetés**

Mivel a megépülése óta sokakat foglalkoztat a szombathelyi Zanati úti körforgalomban való közlekedés, és számos olyan problémakört felvet, melyről szakmai körökben máig sincs egyetértés, közzé teszem a csomópontról alkotott gondolataimat, a csomópont továbbfejlesztésére vonatkozó javaslatommal együttesen. Az előadásra való felkészülést is nagyban segítette, hogy a csomópontról számos újságcikk, videó felvétel érhető el a világhálón. A körforgalom amúgy nem tekinthető góchelynek, vagy különösen balesetveszélyes csomópontnak, hiszen szerencsére kevés a csomópont területén bekövetkezett személyi sérüléssel járó baleset, de az országos közúthálózati és városi forgalomban betöltött szerepe miatt egy-egy anyagi kárral végződő baleset is azonnal a közérdeklődés középpontjába kerül. Az egyik leggyakrabban felvetett kérdés, hogy kétsávos-e amikor a körpályán nincs (lekopott) felfestés? A párhuzamos közlekedés szabályai érvényesülnek-e, egyáltalán a közlekedők ismerik-e a párhuzamos közlekedés szabályait? Időnként megjelenik egy-egy cikk, melyet komment áradat követ, ezek egyike a mottóul választott gondolat is.

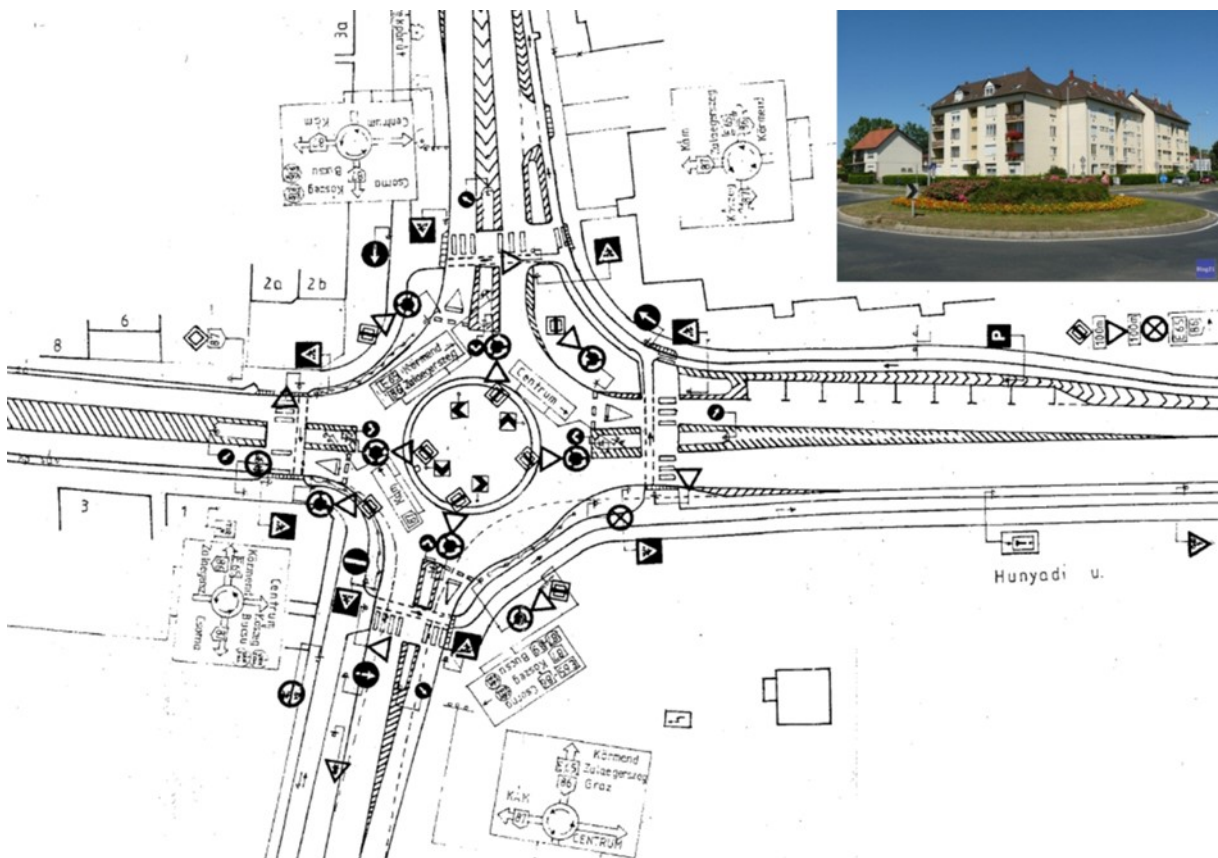
## 1. Az új típusú körforgalmak meghonosítása Magyarországon

A szombathelyi lakosság hamar megismerkedhetett a körforgalomban való közlekedéssel. Sokak még emlékeztek arra, hogy a 70-es évekig Szombathely Fő terén is körforgalmi rend szerint közlekedtünk – amelyben 1974-ig még villamos is közlekedett -, bár az még a régi típusú, városi tereken szokásos forgalomszabályozással működött. Az elsőbbséget élvező körpályára belépő forgalom egy bizonyos forgalomnagyság felett blokkolta a körpálya forgalmát, ezért mint a budapesti nagy körforgalmak (pl. Kálvin tér) a szombathelyi is megszűnt, majd az egész tér átépült gyalogos övezetté (8. ábra).



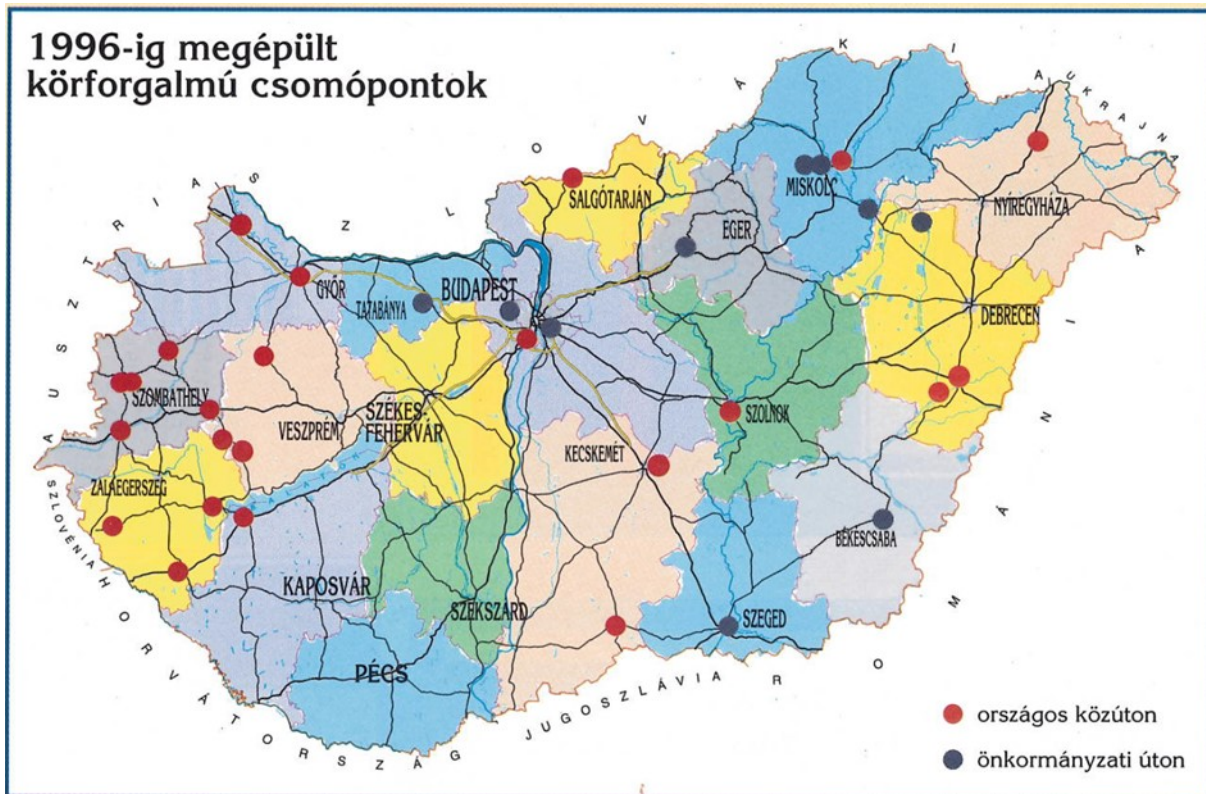
8. ábra: Szombathely Fő tere régem és most

A városban azonban a 90-es évek elején ismét megjelent a körforgalom, de már az új szabályozással, sokkal kisebb paraméterekkel. Nem különösebben került publikálásra, de az országban szinte az első között létesült Szombathelyen városi környezetben ilyen kis sugarú, a korábbi járműosztályozós csomópont helyén elférő, minimális burkolati korrekcióval kialakított kissugarú körforgalom a Hunyadi János – Szent Gellért utca – Szőlős utca – Csaba utca csomópontjában (9. ábra).



9. ábra: Szombathely, Hunyadi J. – Szent Gellért u. – Szőlős u. – Csaba u. körforgalmú csomópont

Magyarországon a 90-es évek kezdetén épültek az első új típusú körforgalmak, melyek elsősorban baleseti gócpontok megszüntetését, az új bevásárló központok egyenetlen, kiszámíthatatlanul ingadozó forgalmi terhelésű parkoló-területeinek megközelítését, a települések határában az elkerülő utak elágazásainak biztonságos kialakítását szolgálták [1]. Kezdetben csak egysávos körforgalmak épültek, 1996-ig szám szerint 33 db, melyből 23 db az országos közúthálózaton, 10 db pedig önkormányzati úton létesült. A körforgalomban való közlekedést a közvélemény ekkor még fenntartásokkal fogadta, sőt a szakma megítélése sem volt egyöntetű. Voltak kezdeményezők az új típusú körforgalmak népszerűsítésében, ennek eredményét szemléletesen mutatja az 1996-ig megépült körforgalmak területi eloszlása (10. ábra).



10. ábra: 1996-ig megépült körforgalmú csomópontok Magyarországon [2]

Kialakításukban meglehetősen sokfélék, sokszor egyediek voltak ezek a kezdeti körforgalmak, mivel az első hazai tervezési útmutató csak 1996-ban jelent meg. Az útmutató megjelenése és a megépült körforgalmak kedvező tapasztalatai azután hazánkban is sokak által korábban nem remélt sikert eredményezett, így 2003-ra a hazai körforgalmak száma már elérte a 200-at, 2020-ban pedig csak az országos közúthálózaton megközelítette a 800-at.

### 1.1 A kétsávos körforgalmak kialakulása

A forgalom növekedésével, a bevásárlóközpontok elterjedésével és a külföldi tervezési gyakorlat fejlődésével hazánkban is megjelent az igény a többsávos körforgalmak alkalmazására. Kezdetben az óvatosság jellemezte a szabályozást, ezért a 2001-ben megjelent tervezési útmutató még csak sematikus rajzot adott a kétsávos körök alkalmazására. Később, az útmutató 2010-ben megjelent átdolgozása már a megépült többsávos körforgalmak tapasztalatai alapján részletes leírást ad a különböző típusú többsávos körforgalmakról. Ekkorra már világossá vált, hogy a továbbfejlődés útját nem a koncentrikus körök jelentik, sőt, azok átalakítása ajánlott irányított áthaladású spirális körforgalommá. A kétsávos koncentrikus körforgalmakra beigazolódott mind a nemzetközi, mind a hazai gyakorlatban, hogy ez a körforgalmak fejlődéstörténetében egy zsákutca volt: sem a baleseti helyzetkép sem a forgalomlefolys tekintetében nem tudta az egysávos körök esetében már bizonyítást nyert kedvező eredményeket felmutatni. Ennek persze több oka is volt, melyek közül kiemelten említésre érdemes a többsávos körforgalomban való közlekedés KRESZ szabályozatlansága, illetve a járművezetői gyakorlatlanság. A 2010-es évekig közel húsz többsávos koncentrikus körforgalom üzemelt, melyek többsége hamarosan

átépült spirális, vagy turbó körré, illetve visszaépült egysávos körforgalommá (1. táblázat). A kimutatásból látható, hogy a 19 kétsávos körforgalomból mindössze kettő nem épült át 2012. novemberéig, melyből az egyik az általunk vizsgált (3-as sorszámú) Szombathely elővárosi zónájában, a 86-87 számú főutak közös szakaszán megépült Tesco körforgalom.

1. táblázat: Az elsőként megépült kétsávos körforgalmak Magyarországon [3]

	Körforgalom elhelyezkedése		Körforgalom kialakítása	
	Helyszín	Út száma	Csomóponti ágak száma	Átalakítás módja
1	Kecskemét, Praktiker	5. sz. főút	4 ágú	átalakították spirálissá
2	Veszprém, Tesco	82. sz. főút	4 ágú	visszaépült egysávosá
3	Szombathely, Tesco	86-87. sz. főút	6 ágú, később átépült 7 ágúvá	nem történt átépítés
4	Budakalász, Cora	11. sz. főút	3 ágú - először a 11. sz. főút külön szintben átemelésre került, majd 4. ágként bekötötték az M0-ás autóúti ágot	kétszer épült át, majd visszafestették egysávosá
5	Debrecen	33 sz. főút	3 ágú	átépült spirálissá
6	Siófok	65. sz. főút	4 ágú	átépült spirálissá
7	Siófok	65. sz. főút	3 ágú	átépült spirálissá
8	Székesfehérvár	8. sz. főút	5 ágú (nem volt forgalomba helyezve)	visszaépült egysávosá
9	Algyő	47. sz. főút	4 ágú	spirális
10	Érd	6-7. sz. főutak találkozása	5 ágú (itt nincs kétsávos kilépés)	átépült turbó-szerűvé
11	Győr	14-81. sz. főutak találkozása	4 ágú	kör geometriájú jelzőlámpa, módosították a szabályozását
12	Győr	81. sz. főút – Ipar út találkozása	4 ágú	kör geometriájú jelzőlámpa
13		7. sz. főút – 6511 jelű út találkozása	3 ágú	turbó körforgalom
14	Zalaegerszeg, Praktiker	76. sz. főút 53+763 km szelvényben		spirális körforgalom
15	Kecskemét	52. sz. főút 74+874 km szelvényben	4 ágú	turbó körforgalom
16	Budaörs közelében	1. sz. főút 10+600 közelében		kétsávos koncentrikus

17	Budaörs közelében	1. sz. főút 11+900		kétsávos spirális
18	Hódmezővásárhely, Kálvin tér		3 ágú	turbó körforgalom
19	Szolnok közelében	4. sz. főúton szolnoki elkerülő út végsomó- pontja		turbó körforgalom

A mai napig üzemel több kétsávos koncentrikus körforgalom hazánkban, sőt Szombathelyen sem a 86-87 főutak csomópontja az egyetlen koncentrikus körforgalom, azonban egyéb sajátosságait, forgalmi terhelését és baleseti adatait is figyelembe véve ez az, amelynek továbbfejlesztése az elsők között kell, hogy napirenden legyen.

## 1.2 A kereskedelmi létesítményi és benzinkút építési láz hatása az országos közúthálózati csomópont építésekre a 90-es években

A 90-es évek kezdetén a rendszerváltás lendületet hozott az üzemanyagtöltő állomások és kereskedelmi-bevásárló központok elszaporodásának. Hazánkban is megjelentek a multinacionális cégek, akik hozták magukkal a „nyugati” szokásokat. A beruházók sokszor a hazánkban nem szokványos közúti kapcsolati megoldásokkal külföldi tervek adaptálását szerették volna elfogadtatni a hazai engedélyező hatóságokkal, ami számtalan egyéni megoldáshoz, szabvány alóli felmentéshez vezetett. A beruházók számára vonzó területeket elsősorban a nagyforgalmú utak – első és másodrendű főutak, nagyvárosok elővárosi szakaszai – és különösen azok csomópontjai jelentették, így külső beruházói hozzájárulással számos „halálcsomópont” épülhetett át körforgalommá, cserébe a létesítmény a körforgalomból közvetlen közúti csatlakozást kaphatott. Így keletkezett az ötágú, külterületi, vagy elővárosi zónában épült körforgalmak többsége (pl. Szombathely, Zanati úti körforgalom, a 84-86 főutak körforgalmú csomópontja, stb.)

## 2. Szombathely város elkerülő útjának kialakulása, szerepe

Szombathely város elkerülő útja több szakaszban, ütemezetten valósult meg. A közúti járműforgalom, azon belül is a nehéztehergépjármű forgalom arányának növekedésével a városon átmenő országos közutak (86., 87. és 89. számú főutak) folyamatosan szorultak ki a városból. A 11. ábra szemlélteti a szombathelyi elkerülő út országos közúthálózati jelentőségét. Az ábra piros körei körforgalmú csomópontokat jelölnek külön kiemelve a vizsgált hétágú Zanati úti körforgalmat.

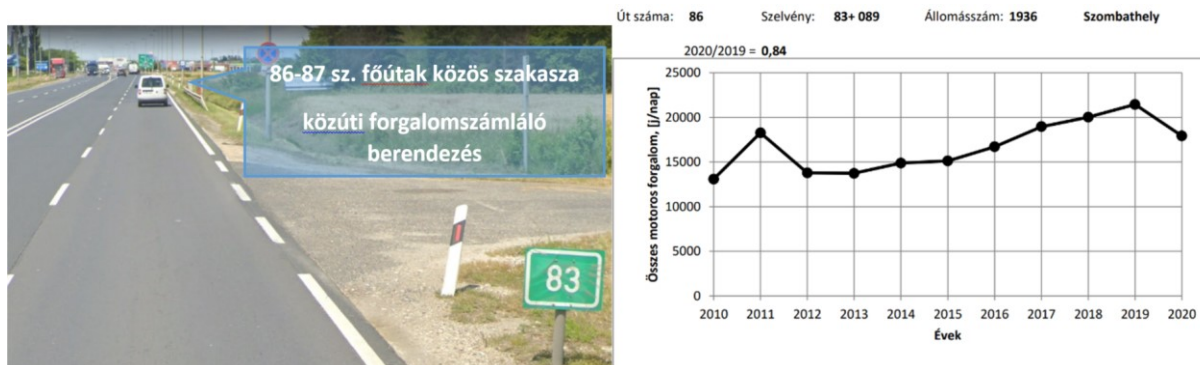


11. ábra: Szombathely, elkerülő út szerepe az országos közúthálózatban

Az 1991-es Pápa látogatásra elkészült Szombathely É-K-i elkerülő szakasza, ezáltal közvetlen, a várost elkerülő kapcsolat létesült a Vépi út és a 11-es Huszár út között, 2000-ben pedig befejeződött a 86. számú főút zanati elkerülő út második üteme is 2\*2 forgalmi sávos útkeresztmetszettel, különbsztű vasúti átjáróval, külön, hetedik csomóponti ágként bekötve az addig hatágú zanati úti körforgalomba. Ez a mai M86 számú gyorsforgalmú út végcsomópontja.

### 2.1 Szombathely, elkerülő út forgalmi adatainak változása a 86-87 számú főutak közös szakaszán

A Szombathely elkerülő út jelentősége kettős: egyrészt tehermentesíti a várost az átmenő forgalomtól – különösen a nehéztehergépjármű forgalomtól –, valamint közvetlen elérhetőséget biztosít Szombathely ipari övezetének. Az iparterület fejlődésével a közúti forgalom nagysága arányosan nőtt, illetve az összforgalmon belül pedig különösen magas a nehéztehergépjármű forgalom aránya. A Szombathely elkerülő legterheltebb szakasza a 86-87 számú főutak közös 2\*2 sávos keresztmetszeti kialakítású szakasza, amely a hétágú Zanati úti körforgalom D-i csomóponti ága. A közös szakaszon – a 86. számú főút 83+089 km szelvényében – elhelyezett automata forgalomszámláló berendezés idősoros adatait mutatja az 12. ábra.



12. ábra: Magyar Közút Nzrt.: A KÖZÚTI FORGALOM FIGYELEMMEL KÍSÉRÉSE 2020

A pandémia miatt a 2020-as számlálási adatok nem tekinthetők mértékadónak. A 2011. év utáni visszaesésben bizonyára az M86 számú gyorsforgalmú út építése miatti akadályoztatás is közre játszott, de az M86-M85 Szombathely – Győr (M1 autópálya) közötti teljes kiépítését követően a forgalom

változása ismételt egyenletes növekedést mutat. A 2021. évi forgalmi adatok meghaladják a 2019. évi értékeket 2. táblázat: Magyar Közút Nzrt. AZ ORSZÁGOS KÖZUTAK 2021. ÉVRE VONATKOZÓ KERESZTMETSZETI FORGALMA a 86. számú főút 83+089 km szelvényében (2. táblázat).

2. táblázat: Magyar Közút Nzrt. AZ ORSZÁGOS KÖZUTAK 2021. ÉVRE VONATKOZÓ KERESZTMETSZETI FORGALMA a 86. számú főút 83+089 km szelvényében

Összes forgalom		Összes motoros forgalom		Nehéz motoros forgalom		Pályaszerkezet méretezés forgalom	Összes teherforgalom
(J/nap)	(E/nap)	(J/nap)	(E/nap)	(J/nap)	(E/nap)	(Et/nap)	(j/nap)
22 359	26 103	22 336	26 096	2 317	5 793	2 811	2 378

## 2.2 A Szombathely, Zanati úti (Tesco) körforgalom kiépítésének előzményei

Szombathely É-K-i elkerülő út megépítésével együtt a Zanati úti csomópont háromágú kereszteződésből négyágú, jelzőlámpás forgalomirányítású csomóponttá fejlődött.

Később a csomópont térségében üzemanyagtöltő állomás létesült. A csomópontból való közvetlen csatlakozás feltétele volt a csomópont hatágú (5+1) körforgalommá történő átépítése. A hatodik ágat a későbbiekben beépítendő terület szervizútja jelentette. Ekkor a körforgalom még egysávos volt (13. ábra).



13. ábra: Ilyen volt: A hatágú (5+1) Szombathely, Zanati úti körforgalom az üzemanyagtöltő állomás megépítése után

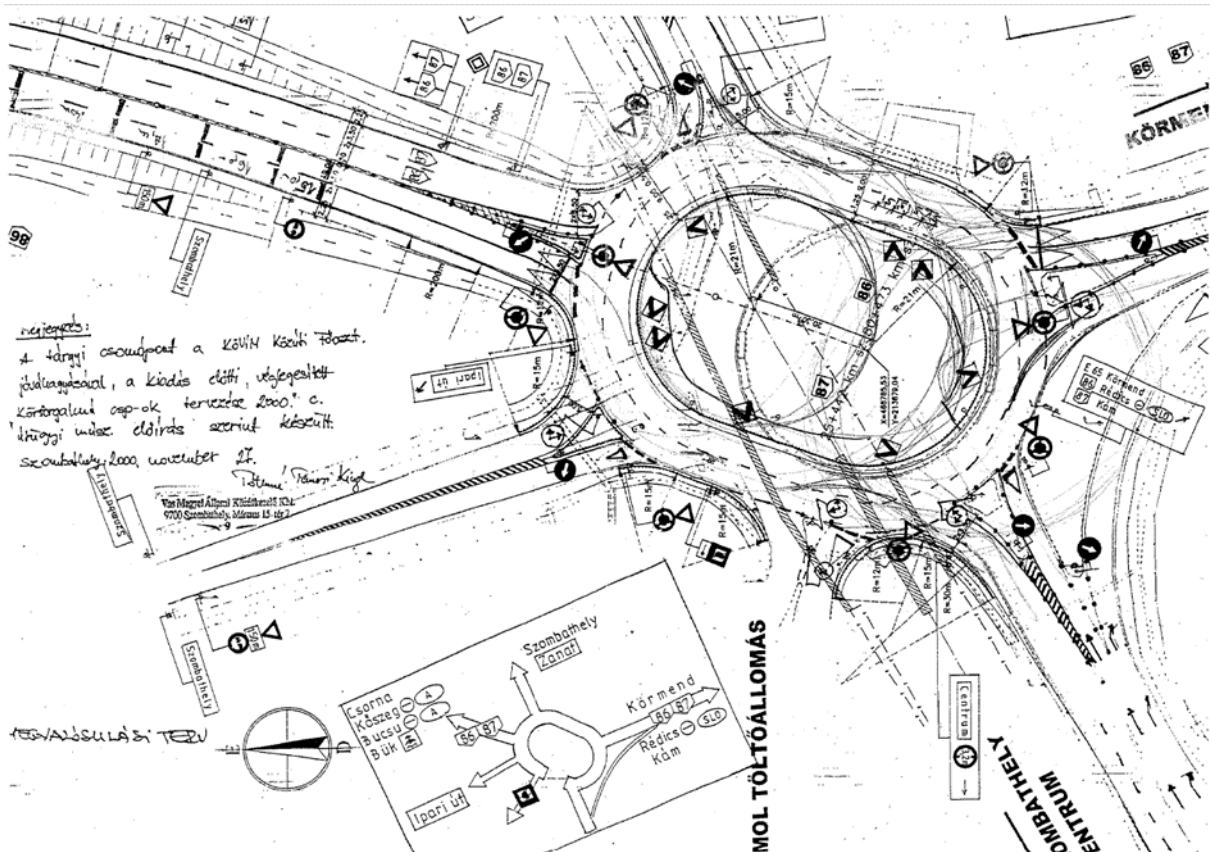
A TESCO megépülésével a 86-87 sz. főutak közös szakasza kétsávosra bővült.

A 86. számú főút Zanat elkerülő szakaszának átadásával a körforgalom elnyerte jelenlegi formáját. A körforgalom átépítésével a csomóponti ágak száma hatról hétre növekedett (14. ábra).



14. ábra: Ilyen lett: A hétágú Szombathely, Zanati úti körforgalom a 86. számú Zanat elkerülő út megépítése után

Az ágak elhelyezkedése miatt az addig szabályos körforgalom ovális lett. Az ovalitás mértéke az ágak száma miatt meghaladja az előírásban szereplő  $2/3 R_b$  értéket. A körforgalom kialakítása 2000 óta nem változott, mindössze a körpálya felezővonalára nem lett felújítva, így a burkolatjel az évek alatt lekopott (15. ábra). Az egyik legnagyobb dilemmát éppen ezért az jelenti, hogy felfestés nélkül hogyan kell a körpályán közlekedni? A bekövetkezett anyagi káros balesetek miatt a szakmai vélemény sem egyhangú.



15. ábra: Szombathely, 86-87 sz. főút – Zanati út – Ipari út – MOL-kút – Szervizút 7-ágú kétsávos körforgalmának megvalósulási helyszínrajza

### 2.3 A körforgalom főbb paraméterei:

Csomóponti ágak száma (3. táblázat): 7 db

3. táblázat A Szombathely, Zanati úti körforgalom csomóponti ágai

	Becsatlakozó út megnevezése	Közút jellege	Keresztmetszeti kialakítás
1	86-87 számú főutak közös szakasza	országos közút	2*2 sávos
2	szervizút	önkormányzati út	2*1 sávos
3	Zanati út	önkormányzati út	2*1 sávos
4	86-87 számú főutak közös szakasza	országos közút	2*2 sávos
5	Ipari út	önkormányzati út	2*1 sávos
6	MOL üzemanyagtöltő állomás	magánút	2*1 sávos
7	87315 jelű vasúti hozzájáró út	országos közút	2*2 sávos

A középsziget sugara ( $R_b$ ): 21,0 m,

Excentricitás mértéke (E): 20,3 m,

A körpálya (16. ábra):

- szélessége (SZ): 9,0 m + 50 cm biztonsági sáv,
- forgalmi sávok száma: 2 db
- forgalmi sávok szélessége: 4,5 m

A járható gyűrű (gy): 1,5 m,

A belépéseknél:

- forgalmi sáv szélessége: 3,5 m
- lekerekítő ív sugara: 12,0 – 15,0 m

A kilépéseknél:

- forgalmi sáv szélessége: 3,5 (a kétsávos csomóponti ágakon) – 5,0 m
- lekerekítő ív sugara: 15,0 m

A 86-87 számú főutak mindkét csomóponti ágán a belépésnél két-két forgalmi sáv csatlakozik a körpályához, a kilépéseknél azonban csak burkolatépítéssel lett biztosítva, de nem lett felfestve a két forgalmi sáv. Egy-egy forgalmi sáv vezet ki a körpályáról mindhárom kétsávos kilépő ágon, a széles burkolatfelület forgalom elől elzárt felületként lett felfestve. Ennek oka, hogy a tervezés időszakában még nem került kiadásra a körforgalmak tervezését szabályozó útmutató, viszont a nemzetközi gyakorlatban már ismert volt a koncentrikus kétsávos körforgalom a kedvező és kedvezőtlen tapasztalataival együtt. Az akkori dilemma máig nem oldódott fel.

A körforgalom további sajátossága a Szombathely – Körmend irány közvetlen jobbra kanyarodó sáv, úgynevezett surranó ág.

A 86-87 számú főút körmendi (D-i) csomóponti ágát 2015 óta kétirányú kerékpárút keresztezi. A kerékpárút valódi funkcióját a Zanatig tartó kerékpárút átadását követően fogja teljes értékűen átvenni, és várhatóan egyre nagyobb kerékpáros forgalom terheli majd a csomópontot.

A körforgalomban nem jellemző a gyalogos közlekedés.



16. ábra: A körpálya keresztmetszeti kialakítása





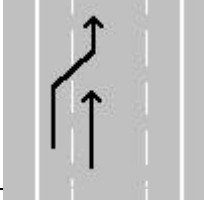
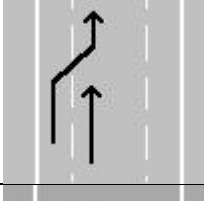
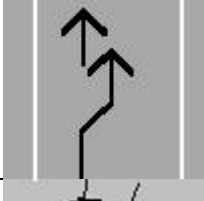
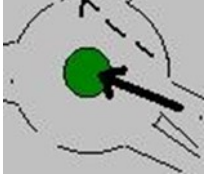
A vilghálón elérhető videófelvételen [4] jól látható, hogy a széles burkolatfelület ellenére a körpálya tulajdonképpen egysávosként működik. A 86-87 számú főutak kétsávos bevezetésein – különösen az északi irányból a felüljárón érkező forgalom – használja a belső forgalmi sávot is. A legtöbb becsatlakozó csomóponti ágon torlódás tapasztalható: műszakváltáskor különösen az Ipari úton, reggeli és délutáni csúcsidőben a 86-87 számú főúton és a Zanati úton a mindkét irányban (17. ábra).



17. ábra: Forgalomlefolys a körforgalomban

#### 2.4 Baleseti adatok, jellemző konfliktus területek

A csomópont nem tekinthető baleseti góchelynek. A WEB-BAL adatbázisból [5] az alábbi személyi sérüléssel végződő balesetek nyerhetők ki (18. ábra).

Baleset ideje Baleset típusa Résztevők Baleset kimenetele Sérültek száma	2009.08.03. egyéb busz/szvk könnyű 1 fő (utas) K		
Baleset ideje Baleset típusa Résztevők Baleset kimenetele Sérültek száma	2011.12.11. pályaelhagyás szvk könnyű 1 fő K		
Baleset ideje Baleset típusa Résztevők Baleset kimenetele Sérültek száma	2014.06.11. ütk. kihaladáskor szvk/motor súlyos 1 fő S		
Baleset ideje Baleset típusa Résztevők Baleset kimenetele Sérültek száma	2015.04.21. ütk. sávvált.közb. tgk/szvk könnyű 1 fő K		
Baleset ideje Baleset típusa Résztevők Baleset kimenetele Sérültek száma	2015.07.07. ütk. sávvált. közb. tgk/szvk könnyű 1 fő K		
Baleset ideje Baleset típusa Résztevők Baleset kimenetele Sérültek száma	2017.04.03. ütk. sávvált. közb. vontató/szvk könnyű 1 fő K		
Baleset ideje Baleset típusa Résztevők Baleset kimenetele Sérültek száma	2020.09.04. pályaelhagyás tgk/szvk könnyű 2 fő K		

18. ábra: Személyesérüléses balesetek a Zanati úti körforgalomban

## 2.5 A leggyakoribb konfliktusterületek

Az anyagi káros balesetekre nincs kimutatásunk, de az általa keletkezett forgalmi torlódás miatt a legtöbb esetben a helyi sajtóból értesülni lehet róla. [6]

Konfliktusterület	Probléma	
körpálya	Az egymás melletti elhaladáskor a nagyméretű jármű (kamion, vagy autóbusz) a holt terében közlekedő járművet nem érzékeli, mely oldalirányú ütközésekhez vezet.	
Körmened irányába történő kilépés a 86-87 számú főutak D-i csomóponti ágán	Gyakori a <b>belső „sávból” történő kihajtás a körpályáról</b> , mely jármű konfliktusba kerül a körpályán tovább haladóval.	
<b>kétsávos bevezető szakasz</b> (körforgalom előtt, különösen kritikus a 86-87 számú főutak É-K-i csomóponti ága)	A 86. sz. főútról érkezők a külső sávba akarnak besorolni, de a külső sávba becsatlakozó 87. sz. főúton a holtterben haladó járművet nem érzékelik, vagy egyszerűen <b>nem tartják be a sávváltás szabályait</b> ezért oldalirányban ütköznek.	

### 3. Javaslat a csomópont átalakítására

A baleseti adatok és a helyszín ismerete alapján két problémakör jellemzi a körforgalmat:

- csúcsidejű kapacitáshiány
- rossz pozíció megválasztása a körforgalomban való közlekedés közben

A címben feltett kérdésre itt adjuk meg a választ. Igen, fessünk, de hogyan? Semmiképpen sem a koncentrikus kör megtartásával, hanem a kapacitáshiány enyhítésére és a balesetek megelőzésére, a baleseti konfliktusok csökkentésére megoldásként javaslatot teszünk a körforgalom spirális körforgalommá történő átalakítására.

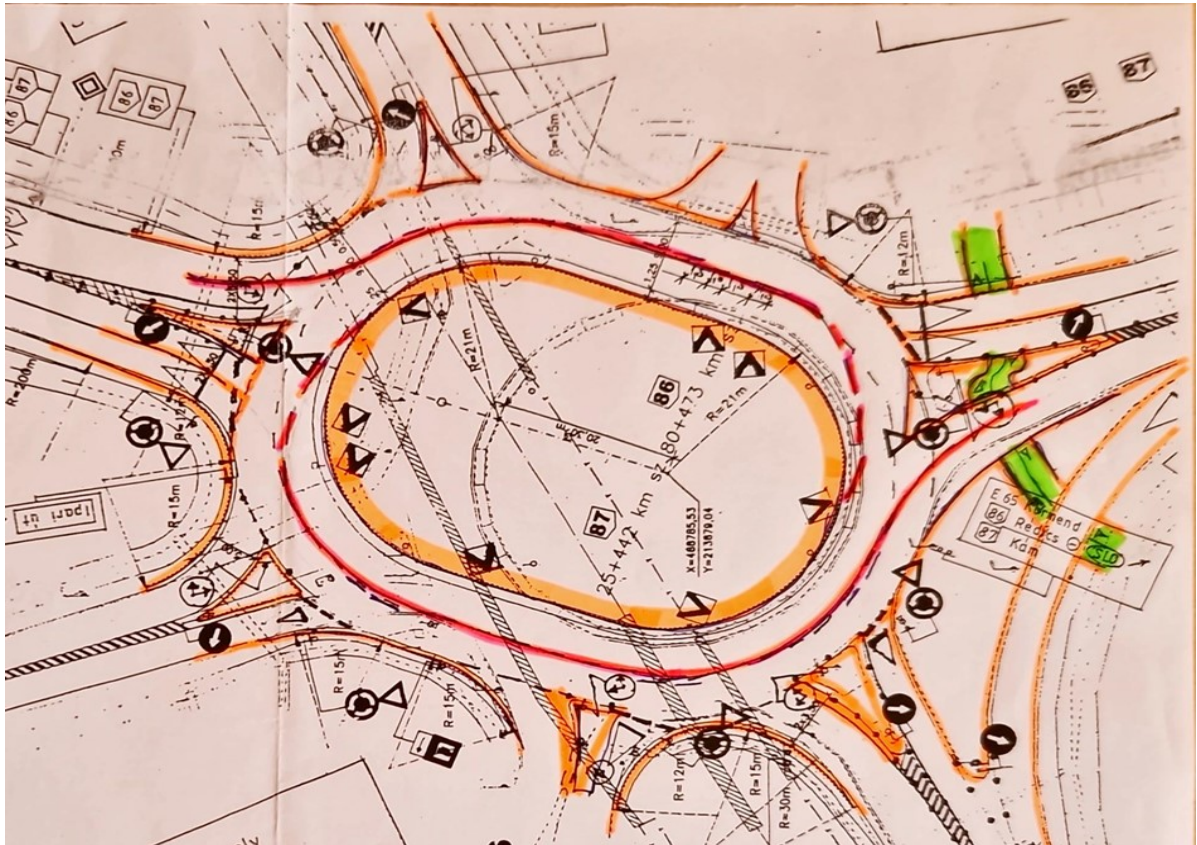
Az átalakítás területigénnyel nem jár, mindössze a jelenlegi csomópont területén kell kisebb építési munkákat végezni.

- A **körpálya szélesítése**: a körpálya szélessége az  $R_b = 21,0$  méteres belső körsziget sugárérték mellett (9,0 m) nem elegendő a folyamatos két sávban való közlekedésre, ezért a középsziget rovására a körpálya a szükséges mértékben befelé szélesíthető (kb. 1-1,5 m szélességben, a járható gyűrű felhasználásával).
- Az **elválasztó szigetek kismértékű átépítése** a 86-87 számú főút kivezető ágain.
- Az egyenes irányú **kerékpáros átvezetés átépítése „megtört” átvezetéssé** 86-87 számú főutak D-i ágán az (19. ábra).

Az átépítéssel jelentősen megnő a körforgalom áteresztőképessége, megszűnnek az időszakos torlódások. A körpálya két forgalmi sávban való közlekedésre alkalmassá tételével megelőzhetők az oldalirányú ütközésekből eredő balesetek, az irányított átvezetéssel és a kétsávos kilépésekkel pedig a szabálytalan kilépés és sávváltásra visszavezethető balesetek.

Az átépítéssel együtt nagyon fontos a csomópont jó útirány előjelzése, mely különösen a Zanati út városból kivezető belépésénél kell, hogy egyértelmű legyen, hiszen, ha valaki a szélső sávba akar

becsatlakozni, azt azonnal kidobja a körforgalom, és visszafordulásra nincs lehetőség, ami újabb baleseti konfliktusokat rejthet magában.



19. ábra: Helyszínrajzi javaslat a Zanati úti körforgalom átalakítására

## Konklúzió

Szombathely Zanati úti körforgalomban való közlekedés annak megépítése óta tisztázatlan helyzetek kialakulásának sorozatát rejti magában. Nemzetközi és hazai tapasztalatok igazolják, hogy a koncentrikus körforgalmak felett eljárt az idő. A csomópont megépítése óta eltelt emberöltőnyi idő (több mint 20 év), mialatt lényegesen megváltozott Szombathely Ipari Park jelentősége, a becsatlakozó utak és a körforgalom forgalmi terhelése, a forgalom összetétele, háromszor megváltozott a körforgalmak tervezésére vonatkozó előírás (Körforgalmú csomópontok tervezése ÚT 2-1.206:2001 módosult 2010-ben, a jelenleg hatályos tervezési útmutató pedig 2022-ben lett kiadva), mindezek indokoltá teszik a körforgalom sürgős felülvizsgálatát és átalakítását. Cikkünkben bemutattuk, hogy koncentrikus körforgalmak többségét már egyéb városokban régen átépítették. Hogy ez Szombathelyen mindezidáig nem történt meg, azért annak egyik oka, hogy a csomópont jelen kialakításában is működik, de ahhoz, hogy az ott közlekedők biztonságát növeljük, a körforgalom kis költséggel megvalósítható mielőbbi spirális körforgalommá történő átalakítását látjuk szükségesnek.

## Irodalomjegyzék

- [1] Hóz Erzsébet – dr. Lányi Péter: Körforgalom a biztonság eszköze, Autósélet 2003. január
- [2] KTE konferencia kiadvány, „Körforgalom a hazai gyakorlatban, 1997” Konferencia, Bük-fürdő, 1997. április 9-11.
- [3] <https://utugyilapok.hu/cikkek/uj-tipusu-turbo-korforgalmak-alkalmazasanak-hazai-tapasztalatai/> (2023. 07. 10.)
- [4] <https://www.youtube.com/watch?v=jJ8my-TILvE> (2023. 07. 10.)
- [5] <https://webbal.kozut.hu/> (2023. 07. 04.)
- [6] [https://112press.hu/hirek/reszletek/koccanasok\\_zanati\\_uti\\_korforgalom\\_szhely/](https://112press.hu/hirek/reszletek/koccanasok_zanati_uti_korforgalom_szhely/) (2023. 07. 10.)

# Elfáradásos, elalvásos balesetek / Falling asleep and fatigue accidents

Tóth Tibor

Közlekedéstudományi Egyesület

sztradaline@t-online.hu

**Kivonat:** A baleseti statisztikákban az elmúlt másfél évtizedben folyamatosan emelkedett az elalvásos, elfáradásos balesetek száma. Vannak helytálló állítások, és tévhitek a vezetés közbeni elalvásról. Lehet csökkenteni az alvási hajlamot és annak hatását a közlekedésben? Hatásában párhuzamot lehet találni az ittas állapotban való vezetés és a pihenés nélküli vezetés között. Ha a baleseti statisztikát nézzük a fáradt, pihenés nélküli állapotban okozott balesetek száma emelkedik és ezen belül a halálos kimenetelűeké is. Természetesen a fáradékonyság másképpen jelentkezik a társadalom egyes rétegeinél. Más tényezőkre kell figyelni a fiataloknál, a közép generációnál és az időseknél, sőt mindegyiknél meg lehet találni az előjeleket is. Jó tisztába lenni azzal is, hogy a fáradtság, elalvási hajlam keletkezhet betegség mellékhatásaként. Ennek kivizsgálása lehet a munkáltató és az egyén felelőssége. A nemzetközi kutatások is foglalkoznak a tünetekkel és a megelőzés lehetőségeivel. A prevenció a technikai területtől a közúti infrastruktúrán át, a magatartási és az egységes nemzetközi munkáltatói felelősség vállalásra is kiterjed. A fentiek alapján körvonalazható, hogy a balesetek csökkentése érdekében mely területeken kell többet tenni a munkáltatóknak, a gépjárművezetőknek és a gépjárműgyártóknak.

**Abstract:** In the accident statistics, the number of accidents caused by falling asleep and fatigue has continuously increased over the past decade and a half. There are valid claims and misconceptions about falling asleep while driving. Can you reduce the tendency to sleep and its effect in traffic? In its effect, a parallel can be found between driving while intoxicated and driving without rest. If we look at the accident statistics, the number of accidents caused in a tired, restless state is increasing, including those with a fatal outcome. Of course, fatigue manifests itself in different ways for certain layers of society. You have to pay attention to other factors in the young, the middle generation and the elderly, and you can even find the signs in all of them. It is also good to be aware that fatigue and a tendency to fall asleep can occur as a side effect of the disease. Investigating this may be the responsibility of the employer and the individual. International research also deals with the symptoms and the possibilities of prevention. Prevention extends from the technical area to road infrastructure, as well as behavioral and uniform international employer responsibility. Based on the above, it can be outlined in which areas employers, drivers and vehicle manufacturers need to do more in order to reduce accidents.

**Kulcsszavak:** *elalvásos, elfáradásos balesetek; elalvási hajlam; vezetés közbeni fáradékonyság; balesetmegelőzés, egyéni, munkáltatói és gépjármű-gyártói felelősségvállalás, prevenció;*

**Keywords:** *falling asleep, fatigue accident; tendency to fall asleep; fatigue while driving; accident prevention, individual, employer and vehicle manufacturer responsibility, prevention;*

## Bevezetés

Sok állítás és tévhit kering az álmoságról, az álmoság, fáradtság elleni védekezésről, megelőzésről. Vannak akik a korukra valóhivatkozással vagy az életmódjukból eredő napirendjükben vesznek, keresik az indokokat, válaszokat. Nézzünk néhány állítást, hogy melyik igaz és melyik hamis:

- ha elálmosodom, a koffein segít ébren maradni
- fel tudom ismerni, ha rám jön az álmoság
- mindig óvatosan vezetek, az álmoság így nem számít
- az alkohol elálmosít

- nincs szükségem sok alvásra, sokat éjszakázom
- a fiataloknak kevesebb alvásra van szükségük
- ha álmos vagyok, hibákat követek el.

## 1. Az alvásveszély és az alvásveszély hatásai

Ha a vezetés közbeni alvásveszély hatásait próbáljuk összegezni, akkor talán a három legveszélyesebb: a lassuló reakciók, a csökkenő éberség és a romló döntéshozatal.

Ha fáradtabbak vagyunk, mindenképpen bizonytalanabb a mozgásunk, lelassulnak a reflexek. Ez vészhelyzet esetén növeli a kockázatot. Vészfékezés esetén egy másodperces késés már ütközést eredményezhet, nagyobb sebesség esetén pedig személyi sérülést vagy akár tragikus kimenetelt.

A csökkenő éberség az észlelés késéséhez vezet. Egyszerűbb esetben csak egy féklámpa felvillanását vagy egy kanyarodási szándékot nem veszünk észre, de az éjszakai vezetés során figyelmen kívül hagyhatunk egy fekete, vagy sötét ruhában kerékpározót, esetleg a vadveszélyes szakaszon egy átfutó állatot.

A romló döntéshozatal következményeinek súlyossága szintén a súlyos sérülések kategóriájába sorolhatók. Pld. az itt még én átérek helyzetek, a gázadás a fék helyett, vagy egy előzésnél a szembejövő jármű távolságának rossz megbecslése.

### 1.1 Mi csökkentheti az alváshajlamot?

Mindezek után logikusan felmerül bennünk a kérdés, hogy mi az, ami csökkenti az alváshajlamot, hogy előzhetjük meg az elfáradásos vagy elalvásos baleseteket?

Ne kezdjünk fáradtan vezetni! Mint az előzőkből is kiderült, a fáradtságba, kódolva van a baleset valószínűsége, csak a fáradtság mértékétől és a többi közlekedő figyelmességétől függ a bekövetkezése.

Utunk során iktassunk be megállóhelyeket, pihenőket. Ha lehetőségünk van rá, akkor egy kis tornával, intenzív mozgással frissítsük fel a vérkeringésünket.

A forgalom mellett figyeljük a külső hatásokat reagáljuk le a világítási változásokat, a fényeket, ha lehet tornáztassuk a szemünket, fókuszáljunk a közelebbi és a távolabbi tárgyakra.

Nagyon jó a felfrissülésre az utastérben lévő szellőztetés ill. levegőcsere. A hidegebb levegő felfrissíti a vérkeringést, így éberebb lesz a vezető.

Amennyiben nem utazunk egyedül, akkor a monotonitás ellen legjobb a beszélgetés az utasunkkal. Ez egyrészt segít ébren lenni, hiszen a figyelmünket a vezetés mellett állandóan fenntartja, másrészt a válaszok miatt nem engedi az agyi működést leállni, vagy pihenő üzemmódra átkapcsolni.

A gasztronómia oldaláról is sokat tehetünk az ébrenlét megtartására. A legegyszerűbb az élénkítő italok fogyasztása. Ilyen pld. a tea, a kávé, Cola, energia italok fogyasztása, de ne feledjük el, ezek csak rövid ideig hosszabbítják meg a koncentrációt, a pihenést nem helyettesítik. Kettő, max. három alkalommal alkalmazható ez a módszer.

Persze nem csak az a fontos, hogy mit iszunk, hanem az is, hogy mit eszünk. Elsősorban a könnyen emészthető ételek kerülnek előtérbe. Olyanok, amelyek nem terhelik meg a gyomrot, Tehát nem a csülök pörkölt vagy a töltött káposzta, hanem a saláták, vagy a teljes kiőrlésű tészták, esetleg, rozs vagy zab termékek.

### 1.2 Az ittasság és az alvásveszély hasonlósága

Egyes kutatások szerint az alváshiány, illetve a fáradtság olyan mint az ittasság, legalábbis a vezetésben tapasztalt hatásokat nézve. Az előzőekben már említett reakció lelassulása és a csökkenő éberség ami a legjobban észlelhető. Ha párhuzamot vonunk az ittassággal, akkor azt tapasztalhatjuk, hogy 12 óra folyamatos útonlét egy „feles” elfogyasztásával egyenlő, 16 óra, kettővel, 20 óra hárommal és 24 óra négyel. Ezt persze úgy kell elképzelni, hogy a vezetési órákba benne van a 2 óránkénti 10-15 perces megállás, de nincs alvás.

### 1.3 Baleseti adatok az elfáradásos balesetek tükrében

A baleseteknél is egyre jobban kimutatható az elfáradásból okozott vagy bekövetkezett balesetek aránya és fokozatos emelkedése.

Az összes baleset és az elalvásos balesetek aránya 79-21 %

Az elalvásos, elfáradásos balesetek összességéből a halálos balesetek aránya 82-18 %.

Ami az elalvásos balesetek és a hasznon-gépjárművekkel okozott balesetek arányát illeti, minden negyediket a hasznon-gépjárművek vezetői okozzák. [1]

### 1.4 A társadalmi rétegek és az alváshajlam

Az elalvásos, elfáradásos balesetek okozói között mindegyik korosztály a másikat tartja kockázatosnak, holott az az igazság, hogy mindegyik korosztálynál van bőven kockázati tényező.

Az időseknek a korból eredő lassabb reflexió valóban jellemző, sőt a fáradékonyság, a pihenési kényszer gyakorisága jóval nagyobb mint a többi társadalmi rétegnél. Mielőtt bárki is pálcát törne emiatt fölöttük, vegye figyelembe, hogy ez a korosztály egy tapasztalt korosztály. Tiszában van a képességeivel, a korlátaival és ennek megfelelően közlekednek. Kiszámíthatók, és nem kockáztatnak, így a balesetek szempontjából korán sem olyan veszélyesek.

A fiatal generációban a „fiatalságban” van a kockázat. A lendületesség, a dinamizmus, de ez nem az elfáradás. Az igazi kockázat itt a túlzott vállalás. Fiatal vagyok, fiatal a szervezetem, bevállalhatom, terhelhetem magam, hiszen bírom kell. Hát nem! Ez a generáció a „hirtelen halál”. Egyik pillanatról a másikra, leeresztenek, kiütik magukat.

A két generáció mellett sokan úgy gondolják, hogy a közép generáció nem jelent elfáradási vagy elalvási kockázatot, holott ők a legjobban leterheltebbek. Náluk jelentkezik legjobban a Stressz kockázta. Ezt a folyamatos megfelelési kényszer generálja. Ők dolgoznak a legtöbbet. A menedzserek, a vállalkozók napi 14-18 órát is dolgoznak és a munkaidejük jelentős részét töltik utazással, vezetéssel.

## 2. Megelőzés, prevenció

### 2.1 Az elalvás és a fáradtság előjelei

Mindennek vannak előjelei, így a fáradtságnak és az elalvásnak is. Már a lekisebb észlelésnél érdemes megállni, pihenőt beiktatni.

A leggyakoribb és a legjobban felismerhető a gyakori ásítás vagy a szemek dörzsölése.

Ennél erősebb fáradtságot jelez, ha nem megy a fej megtartása. A lebicakló fejet nagyon gyorsan követi a mikro alvás fázisa.

A gépkocsi egyenesben tartása fáradt állapotban nehezen megy, tehát a kigyózó vonalban történő vezetés szintén azt mutatja, hogy pihenésre van szükség.

Az elfáradásos vezetések tesztelésekor sokan hagytak figyelmen kívül jelzéseket, táblákat, illetve későn észlelték azokat.

Ugyancsak tipikus elfáradásra utaló jelzés, ha a gépjárművezető magatartása nyugtalan, vagy ingerlékeny. Ez leginkább a beszélgetések során kapott válaszokból észlelhető.

Végül az emlékezés kimaradása is a fáradtság előjeli közé sorolható. Ez már a koncentráció csökkenését mutatja. A legkönnyebben új tesztelhető, ha visszakérdezzük az utolsó elhagyott KRESZ táblára vagy felirat szövegére.

### 2.2 Az egészségi állapot és az elalvási hajlam

A rendszeres fáradtság persze nem csak a mindennapok leterheltségéből jöhet, hanem komolyabb egészségügyi problémából is.

Ilyen lehet például a légzési rendellenesség vagy egy született betegség hozadéka például az asztma.

Szó volt a STRESSZ-ről, amely ugyan nem betegség, de a vele járó következmények már lehetnek betegségek okozói. Pld. vérnyomás problémák.

Ha valaki sokat dolgozik, akkor keveset alszik. A következmény egyrészt a fáradtságból eredő elalváshoz vezet, vagy a másik véglethez, ahhoz, hogy állandóan pörög, nem bír kikapcsolni, elaludni. Kialakul a krónikus álmatlanság, az idegrendszeri kimerültség, vagyis a narkolepszia.

### 2.3 Megelőzés

Lehet-e megelőzni az elfáradást? Lehet-e úgy alakítani a mindennapjainkat, az életmódunkat, hogy kiiktassuk az elfáradással vagy az elalvással járó körülményeket. Nem egyszerű, mert a munkahelyi életünket és a magánéletünket is felül kell vizsgálni, összhangba kell hozni a kettőt.

### 2.4 Az alváshajlam megelőzésének munkáltatói és munkavállalói vonatkozásai

Nézzük a munkahelyi körülményeket:

Sokat segít, ha van tervezett munkarend, van munkabeosztás és fel tudunk készülni a feladatokra. Nincs pótmunka, pótfeladat.

Ugyancsak fontos a rendszeres egészségügyi szűrővizsgálat, amelyek akár kezdődő stádiumú betegséget is jelezhetnek, de kiszűrhető vele az alváshajlam, az aluszékonyság.

Ezekhez kapcsolhatók a rendszeres pihenőidők biztosítása a mindennapokban, de a szabadságok munkáltató általi kötelező kivétele szintén szolgálhatja ezt a célt.

A munkavállalói oldal részéről az egyik legfontosabb a kipihent állapotban való munkafelvétel. Persze ez nem mindig lehetséges, mert már a munkába menet során egy dugóban való araszolásban elveszíthetjük a nyugalmunkat. Mindenféleképpen elsődleges a munkáltatói feltételeknek való megfelelés. Ami szintén a munkavállalón múlik, hogy eldöntse, mennyire kell felvállalni a munkáltatói kényszert, a megfelelőségi kihívásokat. A „mennyit vállaljak fel” kérdést.

A munkavállalónak tisztában kell lenni a képességeivel. Mind a fizikai, mind a szellemi terhelhetőség határaival.

Nem csak a munkáltató, hanem a munkavállaló is kezdeményezhet szűrő vagy kontroll vizsgálatot az egészségében érezhető változás esetén. Itt a nem teljesértékű alvástól, a krónikus fejfájáson át a zsidbadásos végtagig bármi felmerülhet.

## 3. Az alvásveszély nemzetközi megítélése, kutatási területek

Nehogy azt higgye bárki, hogy az előzőekben felsoroltak egyediek és csak nálunk Magyarországon fordulnak elő. Vannak olyanok, amelyek nálunk talán gyakoribbak, de összességében ezek nemzetközi viszonylatú problémák. Annyira, hogy az EU-ban bizottságok, szakcsoportok foglalkoznak egyes témák elemzésével, kutatásával.

Melyek a fő területek?

### 3.1 A gépjárművezetői terület

Az első helyen talán az aluszékonyság és az egészségügyi vonal, pontosabban az „Elalvás a volánnál” áll.

Vizsgálják az ébrenlétet, az álmodást, az elalvás napi ciklusait, így a nappali és az éjszakai álmodást, az utas hatását a vezető elalvására, a dugóban történő elfáradásos elalvást, valamint a vezető számára a kötelező éberségi tesztek hatásait.

Vizsgálják még azt is, mit lehet tenni a közúti infrastruktúra fejlesztésének oldaláról. Itt főleg a hangos jelzések és azok hatásai az álmodás ellen, a vizsgálat fő iránya.

Ugyancsak külön kutatási csoport a foglalkozik a munkáltatói intézkedések és azok eredményeinek, hatásainak vizsgálatával az elalvásos balesetek megelőzésére vonatkozóan. Itt az alváshiány az egyik fő terület, de kiemelt téma a szabálytalan munkavégzés, a túlmunka, a stressz és ezek kombinált hatásai.

Önálló területként vizsgálják az egyes betegségek hatásait, pld. a Covid utáni helyzetet, a vakcinák által okozott mellékhatásokat - a gyógyszerek mellékhatásait, - vérnyomás csökkentők, a cukorbetegség gyógyszereit, és a pszichoaktív anyagokat, mint az alkohol vagy a drog.

### 3.2 A gépjárművek technikai fejlesztése az alvás megelőzésére

Eddig a gépjárművezető oldaláról vizsgáltuk az elfáradás, elalvás tényezőit, de a nemzetközi kutatási eredményeit leginkább a gépjárművek fejlesztése, a technikai újdonságok területén lehet legjobban megtapasztalni.

Vannak olyan elemek, amelyek már több éve beépültek az új autókba és vannak olyanok amelyek 2023-tól már kötelezők.

A beépített érzékelő és figyelmeztető rendszerek közül a gépjárművek működését figyelő programok közül az ütközést megelőző, - távolságtartó - a sávellahagyás, - egyenesben való haladás – és a kerék légnyomás és tapadást érzékelők a legismertebbek.

A személyeknél a fáradtságot érzékelők többségében kamera alapúak, de van már amelyik a légzés gyakoriságot vagy a pulzusszám csökkenését figyeli és úgy jeleníti meg a műszerfalon a kockázatot. Az új autókba kötelező beépíteni az alkohol szondát, amely az induláskor már érzékeli az alkohol fogyasztást és a beállított határérték felett letiltja a vezetést. (Persze ez is mint minden funkció kikapcsolható)

### 3.3 Az infrastruktúra területe

A személyes tulajdonságok és a technikai oldal mellett szintén a nemzetközi kutatóprogramban van az infrastrukturális fejlesztések hatása az elfáradásra, elalvásra.

A „hangos eszközök” alkalmazása, beépítése és hatékonysága az egyik fő terület.

A hangos utak - 67-es út az egyik jó példa, - de a klasszikus rázószegély vagy rázóborla és ezek továbbfejlesztései vagy pld. a szalagkorlátra felerősített síp jellegű eszközök, amelyek a járművek elhaladásának sebessége után adnak ki hangot szintén kutatás alatt van. Ez utóbbi hatékony lehet a balesetveszélyes kereszteződéseknél vagy vasúti átjáróknál.

A passzívabb infrastrukturális fejlesztések közé tartozik az utak környezetében lévő pihenőhelyekben a hatékony pihenés biztosítása. A forgalom zajának leválasztásával a rövid idejű alvást vagy relaxációt lehet biztosítani, a szabadidős tornaeszközökkel pedig az aktív mozgást.

Az utak mellett létesített komplex pihenőhelyek, egy-egy bevásárló központtal, az utazás monotonitásának a megtörésével járulnak hozzá az elalvás megelőzéséhez.

Kísérletek vannak már intelligens utak kialakítására. Pld. a Volvonak sikerült egy intelligens tesztpályát létrehozni. A pályaszakasz elérése előtt jelez a gépjármű fedélzeti egysége, hogy ilyen szakaszhoz ért, majd az elérés után az irányítást átadhatja a sofőr a fedélzeti számítógépnek. Mivel az intelligens szakasz be van programozva a fedélzeti egységbe – KRESZ jelzésektől az összes paraméterig – így a gépjárművezető nyugodtan relaxálhat, kávézhat vagy éppen nézegetheti az internetes oldalakat. Egy-egy jármű kikerülése vagy megelőzése szintén nem probléma, mert ez a funkció alapprogramként van a gépkocsiban.

Az intelligens szakasz vége előtt egy perccel jelez a rendszer, hogy a gépjárművezető vegye vissza a jármű irányítását. Ha ezt nem teszi meg, akkor a jármű lehúzódik az út szélére és megáll a vészvillogó használatával.

## 4. Balesetek

Végül nézzünk néhány balesetet amelyek az elalvásra vagy az elfáradásra vezethetők vissza.

Súlyosságát tekintve talán a legsúlyosabb tragédia a veronai buszbaleset volt.

Volt hasonló buszbaleset itthon is az M7-esen a Velencei tó közelében. Horvátországból jött hazafelé egy sportcsapat és vasárnap hajnalban ütközött a buszuk a szalagkorlátot áttörve egy hídpillérnek. Szerencsére nem volt halálos áldozat.

Elaludhatott az M3-as autópályán az a járművezető, aki az útmenti árokba hajtott.

Volt olyan motoros, aki a Bükkben Bükkszentlászlónál aludt el a motorozás közben.

Elaludt a sportoló a volánnál, miközben a TV stúdióba sietett.

Az M3-as autópályán egy turista busz vezetője is elaludt, de súlyosabb következmény nélkül megúszták a balesetet.

Talán a legutóbbi ilyen kiugró bealvásos baleset az M3-ason volt. Egy tartálykocsi ütközött az elválasztó sáv korlátjának és közel 130 méteren felcsavarta azt. A járművezetőnek szerencséje volt. Könnyű sérüléssel megúsza.

## **Konklúzió**

Mindent egybevetve az elalvásos, elfáradásos balesetek csökkentése a társadalmi felelőségen kívül leginkább az egyének felelősségvállalásán múlik. A szabálykövetésen, az előírások betartásán, az egészségügyi állapoton és a biztonsági berendezések, eszközök használatán.

A technikai oldalon a folyamatos fejlesztések jó irányt mutatnak, de az alkalmazásuk - főleg azokban az országokban amelyekben idős a gépjárműállomány - lassú.

A munkáltatói oldalon történő prevenció is fejlődik évről évre, de ott ahol gyenge a munkavállalói összefogás, ott sajnos csak a minimum teljesül.

Eredményesnek mutatkoznak azok az uniós szabályozások is amelyek főleg a járművekbe való biztonsági eszközök bevezetésére és alkalmazásra vonatkoznak.

## **Irodalomjegyzék**

[1] Központi Statisztikai Hivatal – Balesetek 2020.

# Eltérő erőviszonyok - közös felelősség / Different power relations - joint responsibility

Berhidi Zsolt

BKV Zrt.  
e-mail: berhidiz@bkv.hu

**Kivonat:** A Budapesti Mobilitási Terv 2030-ra a 2014. évi állapothoz képest a Modal Split terén egyaránt növekedési igényt fogalmaz meg a közösségi-, a gyalogos- és a kerékpáros közlekedés terén, míg a személygépjárművekkel történő helyváltoztatásoknál 12%-os visszaesést tervez. Az előadás során bemutatásra kerülnek a BKV közösségi közlekedési szolgáltatása során a kerékpár, illetve a roller használata mellett bekövetkezett autóbusz, trolibusz és villamos balesetek jellemzői (pl.: ok, kimenetel). Megjelennek a balesetek helyszínei, illetve néhány olyan információ, melyek a napi hírekben elvétve kerülnek felszínre, de fontos lehet a baleseti háttérokok vizsgálata, illetve ezzel párhuzamosan prevenciók tevékenység során. Cél, hogy a kulturált közlekedést, az egymásra figyelmet általánossá tegyünk a városi mobilitás résztvevői között.

**Abstract:** The Budapest Mobility Plan for 2030, compared to the situation in 2014, calls for an increase in the Modal Split in terms of community, pedestrian and bicycle transport, while it plans a 12% decrease in the number of changes of location by car. During the presentation, the characteristics of bus, trolleybus and electric accidents that occurred with the use of bicycles and scooters during the BKV public transport service will be presented (e.g.: cause, outcome). The locations of the accidents are displayed, as well as some information that occasionally comes to the surface in the daily news, but can be important in the investigation of the underlying causes of accidents and, in parallel, during prevention activities. The aim is to make cultured transport and mutual respect common among the participants of urban mobility.

*Kulcsszavak: tömegközlekedés; kerékpár; roller; közlekedésbiztonság; városi közlekedés; baleset; BKV*

*Keywords: public transport; bicycle; scooter; traffic safety; urban transport; accident; BKV*

## Bevezetés

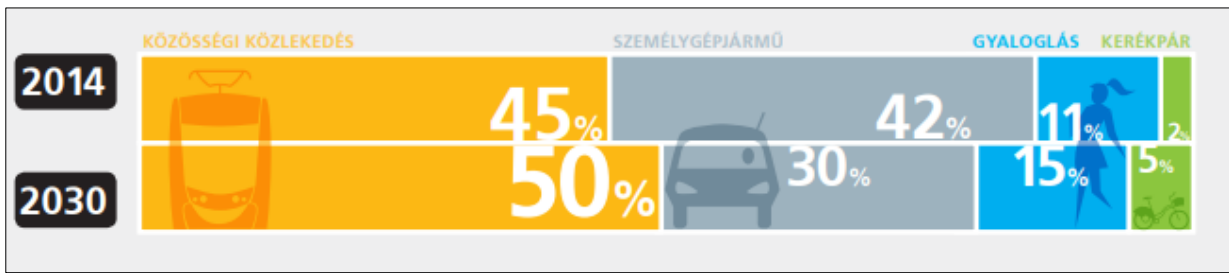
A közúti közlekedés biztonságának egyik mutatója az anyagi káros, illetve személyi sérüléssel járó balesetek számának alakulása, illetve az utóbbi kategóriában regisztrált sérültek, elhunytak száma. A különböző baleseti statisztikák, vizsgálatok országos és régiós szinten gyakran mutatják be a balesetek legfontosabb ismérveit (pl.: ok, kimenetel, helyszín), de hiányoznak az egyes célcsoportokra vonatkozó vizsgálatok, tájékoztatók.

A konferenciához kapcsolódóan a városi felszíni közösségi közlekedésben, a tömegközlekedési járművek és kerékpárosok, rolleresek részvételével bekövetkezett balesetek sajátosságait kívánom bemutatni a BKV Zrt. autóbusz, trolibusz és villamos ágazatainak eseményein keresztül.

Az adatok megismerése előtt fontos rögzíteni, hogy Budapesten belül az autóbusz közlekedésben a BKV Zrt. mellett más szolgáltatók (VOLÁNBUSZ Zrt., ArrivaBus Kft.) is jelen vannak, de e társaságok baleseti adatait a cikk, illetve a konferenciához kapcsolódó előadás nem tartalmazza.

## 1. A különböző közlekedési módok egymáshoz való viszonya

Sok más mellett egy település életét, az ott élők hétköznapjait a helyváltoztatások száma és azok minősége is alapvetően meghatározza. Az egyén részéről a közlekedési mód választását több tényező is befolyásolja, így például szempont lehet az utazás célja, az adott személy egészségi állapota, pénzügyi helyzete, s bízunk benne, hogy előkelő helyet foglal el egyre több embernél a környezettudatos gondolkodás is. A „Budapesti Mobilitási Terv 2030” [1] a 2030. évre 50%-os közösségi közlekedési részarányt tűz ki elérendő célként, illetve a gyalogos és kerékpáros helyváltoztatások számában is növekedést prognosztizál a személygépkocsi használat visszaszorítása mellett (1. ábra).



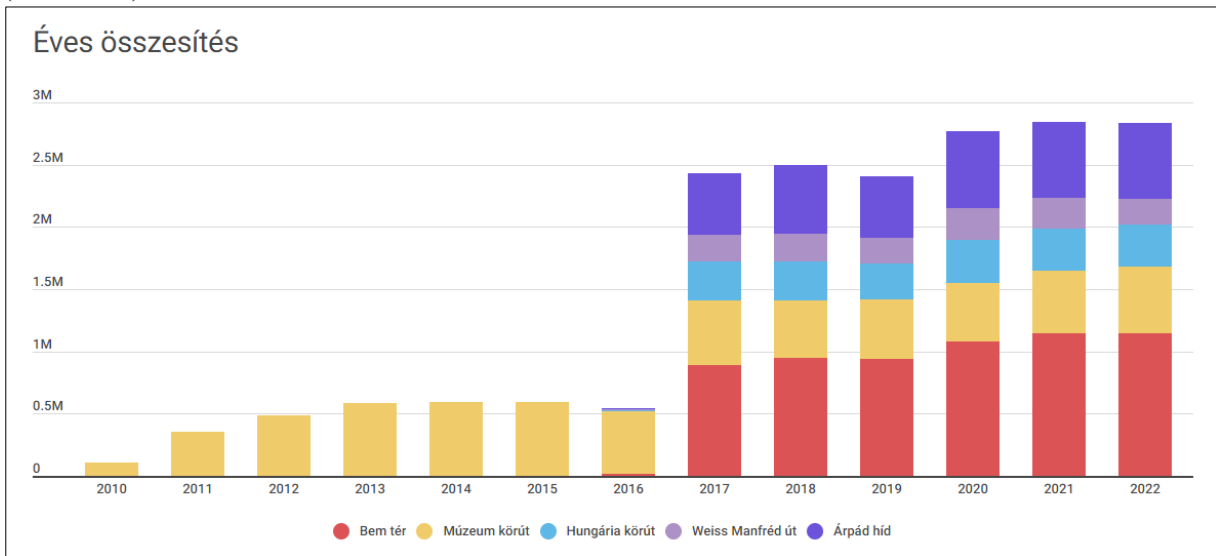
1. ábra: A közlekedési munkamegosztás (modal split) tervezett alakulása (utaskm %)

Az 1. ábrában külön nem jelennek meg a – kerékpáron kívüli – mikromobilitási eszközzel, s azon belül is a rollerrel közlekedők aránya, azonban már egyre nagyobb számban találkozhatunk ezekkel.

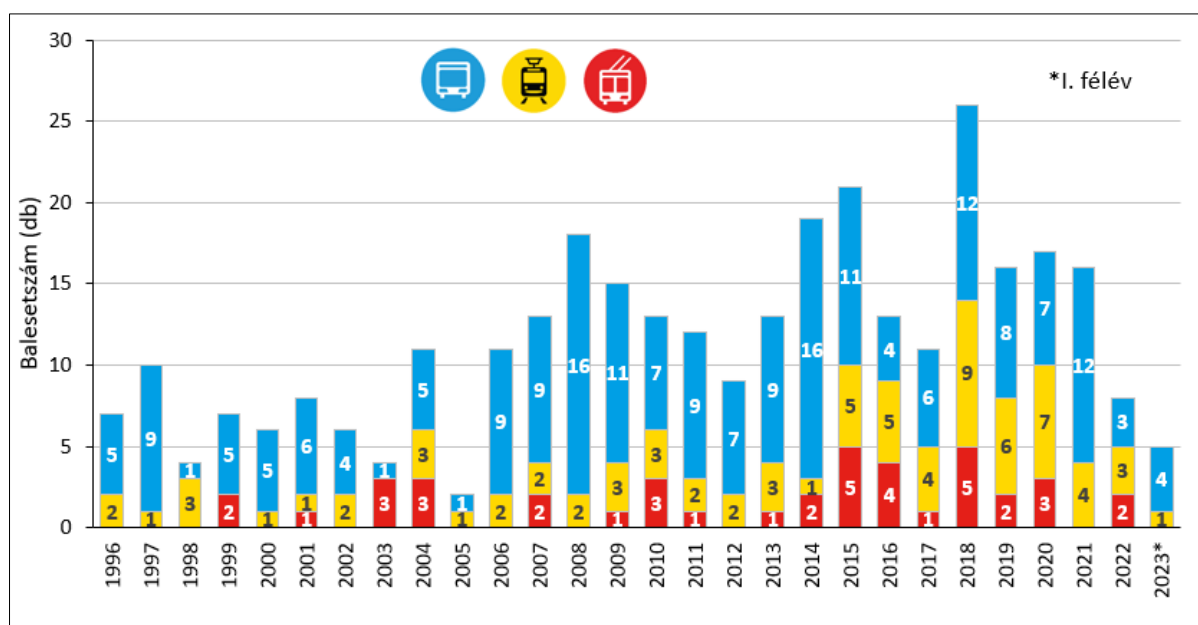
## 2. Kerékpáros balesetek a BKV felszíni közösségi közlekedésében

### 2.1 Kerékpáros balesetek számának alakulása

Az elmúlt évtizedekben a motorizáció folyamatos növekedése mellett a közlekedés feltételei folyamatosan átalakultak, a helyváltoztatási módok köre is bővült. Erre az időszakra tehető a kerékpárosok számának jelentősebb mértékű emelkedése is, mely a fővárosi kerékpárosszámlálók adataiban is jól nyomon követhető (2. ábra [2]). A változás a több mint negyedszázados időintervallumot felölelő BKV-s baleseti statisztikában is visszatükröződik. Míg 1996-2010. közötti időszakban évente átlagosan 9, ezzel szemben 2011 és 2023. első féléve között 15 baleset következett be, amelyben BKV jármű és kerékpáros – akár más résztvevők mellett is (pl.: gyalogos) – volt érintett (3. ábra [3]).



2. ábra: Budapesti kerékpárszámlálók éves adatai (forrás: Magyar kerékpárosklub)



3. ábra: Kerékpáros és BKV-s jármű érintettségével bekövetkezett balesetek számának alakulása

Az abszolút számok mellett érdemes a fajlagos – futásteljesítményre vetített – adatokra is kitékinteni. A 2018.01-2023.06. időszakban (közelítve a jelenlegi közlekedési környezethez) az autóbusz ágazatban 6,72, a villamosban 3,71 míg a trolibuszban 2,63 millió km megtétele után következett be egy baleset, melynek kerékpáros és BKV tömegközlekedési jármű is részese volt [3].

## 2.2 Kerékpáros balesetek kimenetelei és okozói

A 1996.01-2023.06. között (továbbiakban: vizsgált időszak) a BKV szolgáltatási területén 321 kerékpár érintettségű közlekedési baleset következett be, mely az összes társasági esemény 0,5%-a. Ezen esetek több mint három negyede személyi sérüléssel végződik (1. táblázat) [3].

Vizsgálva az okozókat megállapítható, hogy a balesetek 67%-ban a kerékpáros, 21%-ban a BKV, míg a fennmaradó 12%-ban egyéb résztvevő (pl.: gyalogos, gépjárművezető) volt a felelős.

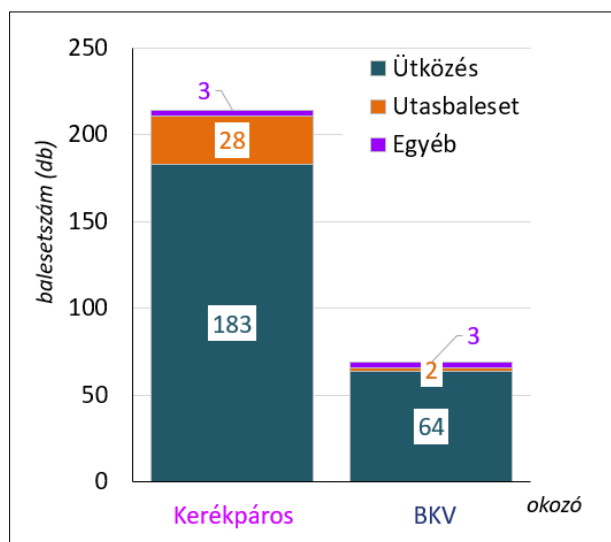
1. táblázat: Kerékpáros balesetek kimenetele, jellemzői, illetve okozói (1996.01-2023.06.)

Okozó	Kimenetel					Összes	Rész-arány
	Anyagi káros	Személyi sérüléssel					
		könnyű	súlyos	halálos	összes		
Kerékpáros	30	128	52	4	184	214	67%
BKV	35	28	6		34	69	21%
Egyéb járművezető	2	3	2		5	7	2%
Gyalogos	1	2	1		3	4	1%
Állat		1			1	1	1%
Ismeretlen	10	13	3		16	26	8%
Összes	78	175	64	4	243	321	100%

24%

76%

A kerékpárosok és a BKV-s járművezetők által okozott balesetek (214+69) 87%-a ütközés, míg 11%-a utasbaleset, azaz a BKV járművön történő sérülés előzménye nem ütközés, hanem egyéb forgalmi manőver (pl.: vészfékezés) következménye. A baleset jellemzője és okozója közötti összefüggést a 4. ábra mutatja be [3].



4. ábra: Kerékpáros és BKV-s jármű érintettségével bekövetkezett balesetek jellemzői és okozói

A kerékpárosok és a BKV-s járművezetők által okozott 218 (184+34) személyi sérüléssel járó baleset következtében 240 fő sérült meg, melyek 77%-a (184 fő) kerékpáros, 22%-a (53 fő) BKV járművön utas, míg 3 fő egyéb résztvevő. Okozói oldalról vizsgálva az eseteket megállapítható, hogy valamennyi halálos kimenetelű balesetért az elhunyt volt a felelős, illetve a súlyos sérülések 90%-át a kerékpárosok okozták (2. táblázat [3]).

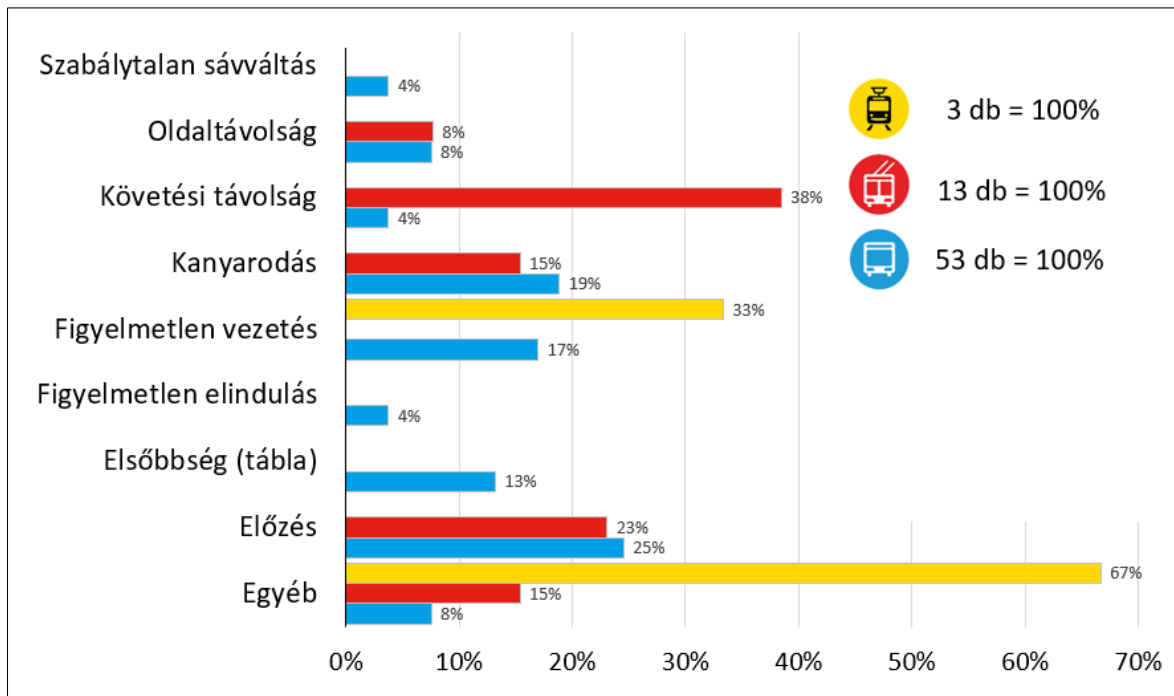
2. táblázat: Kerékpáros, illetve BKV által okozott balesetek sérültjei (1996.01-2023.06.)

Sérült szerepe	Okozó							
	Kerékpáros				BKV			
	könnyű	súlyos	halálos	összes	könnyű	súlyos	halálos	összes
Kerékpáros	96	48	4	148	30	6		36
BKV utas	46	4		50	3			3
Egyéb	2			2	1			1
Összes	144	52	4	200	34	6		40

## 2.3 Baleseti okok

### 2.3.1 BKV hibájából bekövetkező balesetek okai

A 69 eseményből 66 a gumikerekes ágazatokhoz kapcsolódik. Az autóbusz és a trolibusz vezetők a helytelen követési, vagy oldaltávolság megválasztása, az előzés szabályainak be nem tartása, vagy a kanyarodási szabályok megszegése miatt okoznak balesetet (5. ábra [3]). Az elemzések arra mutatnak rá, hogy sok esetben a holttérbe kerülő kerékpárost nem észlelik a BKV-s járművezetők, s ez vezet ütközéshez.

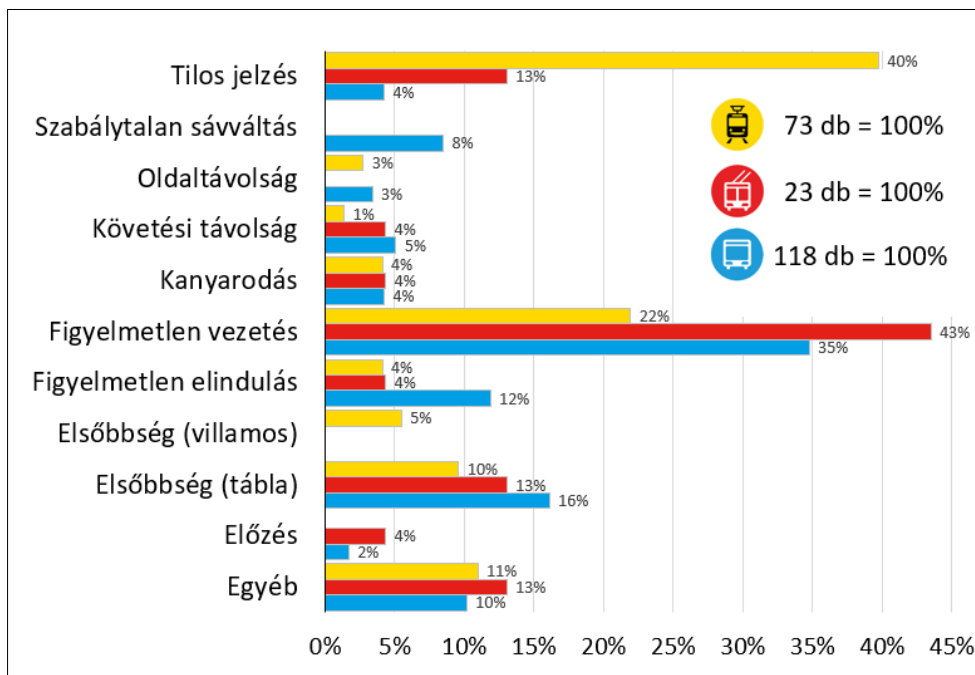


5. ábra: BKV hibájából bekövetkezett balesetek okai

### 2.3.2 Kerékpáros hibájából bekövetkező balesetek okai

A különböző közlekedési módok között más-más domináns baleseti okok jelennek meg (6. ábra [3]). A villamos ágazatban az esetek 40%-a a tilos jelzés figyelmen kívül hagyása miatt következik be, s ezeknek legtöbbször tragikus következményei vannak. Itt hiába észleli és reagálja le a villamosvezető a közlekedési partner rossz magatartását, a jármű sajátosságai miatt (lassulás, féktávolság, kötött pálya) nincs lehetősége elkerülni a balesetet, csak a következmények enyhítésére lehet esély.

Az autóbusz, trolibusz és villamos közlekedésben egyaránt jellemző a jelzőtáblás útkereszteződésekben az elsőbbség meg nem adása, a figyelmetlen vezetés, illetve a szabálytalan elindulás. Ez utóbbi kategóriában sok esetben a járdán, vagy a kerékpársávon haladó bringás forgalomba való becsatlakozása generál veszélyhelyzetet (ütközés, hirtelen fékezés → utasbaleset).



6. ábra: Kerékpáros hibájából bekövetkezett balesetek okai

### 3. Rolleres balesetek a BKV felszíni közösségi közlekedésében

#### 3.1 Rolleres balesetek számának, kimenetelének, jellemzőinek alakulása

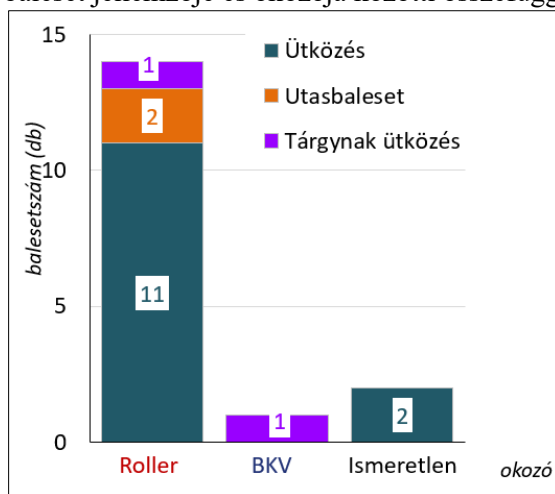
A BKV a szolgáltatási körében az első rolleres balesetet 2019. júliusában regisztrálta, s azóta az eseményszámok az alábbiak szerint alakultak: 2019-ben 2, 2020-ban 1, 2021-ben 2, 2022-ben 8, míg 2023. első félévében 4. A 17 eset közül 1 alkalommal a BKV dolgozó hibázott, 14 esetben a rolleres, míg 2 alkalommal nem lehetett meghatározni az okozót. Hasonlóan a kerékpáros eseményekhez itt is 76% a részaránya személyi sérülések baleseteknek (3. táblázat) [3].

3. táblázat: Rolleres balesetek kimenetele, jellemzői, illetve okozói (2019.07-2023.06.)

Okozó	Kimenetel					Összes	Rész- arány
	Anyagi káros	Személyi sérülés					
		<i>könnyű</i>	<i>súlyos</i>	<i>halálos</i>	összes		
Rolleres	3	6	5		11	14	67%
BKV		1			1	1	21%
Ismeretlen	1	1			1	2	8%
Összes	4	8	5		13	17	100%

24% 76%

A rolleres és a BKV-s járművezetők által okozott balesetek 74%-a ütközés, míg 13-13%-a utasbaleset, illetve tárgynak ütközés. A baleset jellemzője és okozója közötti összefüggést a 7. ábra mutatja be [3].



7. ábra: Rolleres és BKV-s jármű érintettségével bekövetkezett balesetek jellemzői és okozói

A rolleres és a BKV-s járművezető által okozott 12 (11+1) személyi sérüléses baleset következtében 17 fő sérült meg, melyek 59%-a (10 fő) rolleres, 41%-a (7 fő) BKV járművön utas (4. táblázat [3]).

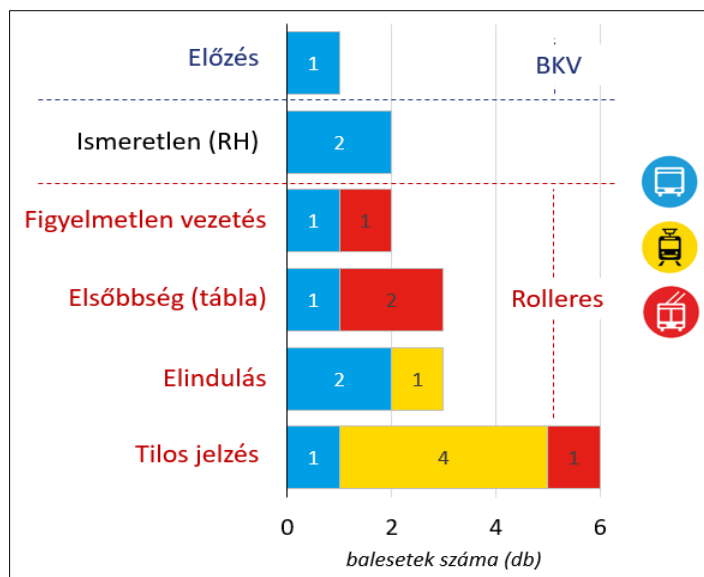
4. táblázat: Rolleres, illetve BKV által okozott balesetek sérültjei (2019.07-2023.06.)

Sérült szerepe	Okozó							
	Rolleres				BKV			
	<i>könnyű</i>	<i>súlyos</i>	<i>halálos</i>	összes	<i>könnyű</i>	<i>súlyos</i>	<i>halálos</i>	összes
Kerékpáros	4	5		9	1			1
BKV utas	7			7				
Összes	11	5		16	1			1

### 3.2 Baleseti okok

A BKV hibájára visszavezethető egy balesetnél az előzés során nem választotta meg az autóbusz vezetője a megfelelő oldaltávolságot, s ennek következtében a rolleres „menekülésként” a járdaszegélynek ütközött, s ennek lett következménye a könnyű sérülés.

Nem a BKV hibájából bekövetkezett események okai hasonlóak a kerékpárosoknál leggyakrabban előfordulókkal. A tilos jelzés figyelmen kívül hagyása (villamos!!), az elsőbbség meg nem adása és a szabálytalan elindulás a legjellemzőbb okok (8. ábra [3]).

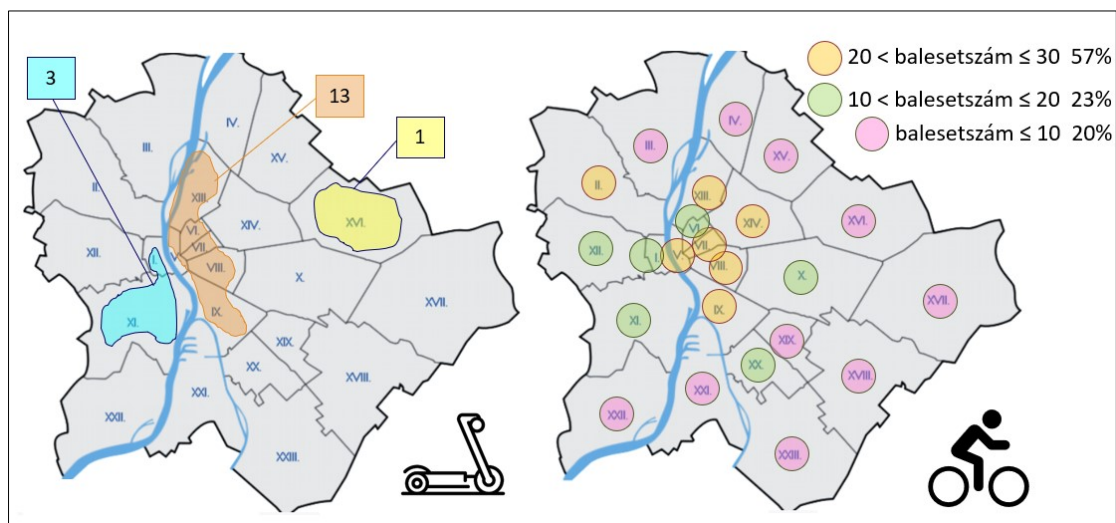


8. ábra: Rolleres és BKV-s jármű érintettségével bekövetkezett balesetek okai

## 4. Ami a számok mögött húzódik

### 4.1 Baleseti helyszínek

Mindkét kategóriában a legtöbb baleset a pesti belső kerületekben következik be (9. ábra [3]). E zónákban viszonylag könnyen elérhetők a közösségi mikromobilitási eszközök, illetve a városközpontot (is) keresztezik a horizontális és vertikális útkapcsolatok. A belváros, s a hozzá kapcsolódó sok turisztikai látványosság vonzza a külföldieket, akik előszeretettel veszik igénybe a bérelhető bringákat, rollereket.



9. ábra: Rolleres és kerékpáros balesetek helyszínei

## 4.2 Kerékpáros balesetek

A balesetek vizsgálata során az alábbi megállapítások tehetők:

- a kerékpáros és a tömegközlekedési jármű egymáshoz viszonyított haladási iránya az alábbiak szerint alakult:
  - 46% (148 eset) – azonos irány
  - 32% (104 eset) – kereszt irány
  - 7% (23 eset) – szemben
  - 6% (18 eset) – egyik jármű áll
- a közlekedési partnerek nem jól becsülik meg a másik sebességét
- a kerékpárosok egy része nem veszi figyelembe, nem ismeri a tömegközlekedési járművek közlekedésének sajátosságait (pl.: féktávolság, utasbiztonság, utaskomfort figyelembevétel mellett alkalmazható lassulás és gyorsulás), menetdinamikai tulajdonságait
- egyéni védőeszköz hiánya, vagy megléte, mely befolyásolja a sérülés mértékét
- az ütközéssel nem járó baleseteknél, ahol „csak” a tömegközlekedési járművön sérül meg utas, a kerékpáros sok esetben meg sem áll, tovább halad, mivel nem gondol arra, hogy utasbaleset történt

## 4.3 Roller balesetek

A balesetek vizsgálata során az alábbi megállapítások tehetők:

- az ismertté vált résztvevők fele külföldi
- a balesetek negyed részében több (2-4 fő) rolleres közlekedett egy csoportban
- egyéni védőeszköz hiánya, vagy megléte, mely befolyásolja a sérülés mértékét
- a rollerrel közlekedők számára nem ismert, hogy milyen szabályok szerint kell közlekedni
  - 1/1975 (II.05.) KPM-BM együttes rendelet 1. számú függelék
  - 5/1990. (IV.12.) KÖHÉM rendelet
- a roller hirtelen irány- és sebességváltoztatás képessége a közlekedés egyéb résztvevői számára előre nem látható kockázatot jelent (elesés)
- a kis kerékátmérő miatt nagyobb a kockázata az úton történő borulásnak (kátyú, villamos pálya)
- az ütközéssel nem járó baleseteknél, ahol „csak” a tömegközlekedési járművön sérül meg utas, a rolleres sok esetben meg sem áll, tovább halad, mivel nem gondol arra, hogy utasbaleset történt

## 5. A prevenció szükségessége és lehetőségei a BKV-n belül

A kerékpárral és rollerrel közlekedők balesetei a BKV statisztikájában összességében az 1%-ot sem érik el, azonban a relatíve kis számok ellenére is kellő hangsúlyt kell fektetni a résztvevők eseteinek vizsgálatára, mert a védtelen közlekedők sérülési kockázata nagyobb, a következmények is súlyosabbak. A BKV-nál – a munkaerőpiacon meglévő gépjárművezetői hiány ellenére is – a baleset-megelőzés kiemelt helyet foglal el a társaság életében, melynek keretében a kiválasztás →képzés → foglalkoztatás egymásra épülő rendszerét alkalmazzuk. Kiemelt cél a járművezetői állomány képzése, a szolgáltatói attitűd erősítése, a rendszerszintű gondolkodás fejlesztése.

Előtérbe kerültek a járművezetői tréningek, csoportfoglalkozások, melyek lehetőséget nyújtanak a közvetlen párbeszédre, a veszélyes közlekedési szituációk, a bekövetkezett közlekedési balesetek átbeszélésére, a tanulságok levonására.

A társasági prevenció elemek között megtalálhatók a forgalombiztonsági ellenőrzések, a balesetek elemzésére épülő, s az azok tapasztalataiból készített figyelemfelhívó anyagok (pl. plakát, vetíthető elemzés), egyes viszonylatokról készített járművezetői tájékoztató anyagok (itiner), a társasági sajtóban megjelenő cikkek (pl. vezetési tanácsok, jogszabályok gyakorlati alkalmazása), járművezetői vetélkedők.

E témakörökben évek óta kiemelt hangsúlyt kap a kerékpárosok és rolleresek közlekedéséhez kapcsolódó anyagok készítése, az oktatások állandó eleme a védtelen közlekedőkkel való partneri kapcsolat kialakításának és fenntartásának fontossága (10. ábra).



**EGYENLŐ ERŐK?**

**Társasági sajtó**



**A JÓ IDŐ ÉS A KERÉKPÁROSOK**



**KÖZLEKEDÉSI PARTNEREK?**



**Járművezetői verseny**



**Plakát**



**JÖTT A KERÉKPÁROS!**





**TÁVOLSÁG**

← 1,5 méter →  
minimum

Vetíthető oktatási anyag

10. ábra: Roller és kerékpáros közlekedéshez kapcsolódó prevenció elemek

Fontos helyet foglalnak el a megelőzésben a közlekedési környezet javítására tett kezdeményezéseink is. Az általunk tapasztalt balesetveszélyes helyzetekről, a bekövetkezett balesetek tapasztalatairól a főváros közlekedéséért felelős szervezeteket (Budapesti Közlekedési Központ, Budapest Közút Zrt., FŐKERT) tájékoztatjuk, bízva a beavatkozás reményében (11. ábra).



11. ábra: Közlekedési környezet alakítása a biztonság növelésének érdekében

### Konklúzió

Az élhető Budapest megteremtésének, fenntartásának egyik alapfeltétele, egy jól működő közlekedési rendszer, mely megfelelő kínálatot biztosít a városlakók és a városba látogatók számára. Olyan alternatívákat kell biztosítani, mely alapján mindenki megtalálja számára legideálisabb közlekedési eszközt. Társaságunk szolgáltatásának versenyképességét jelentősen befolyásolja a tervezhetőség, a menetrendszerűség, a kényelmes járművek biztosítása, s nem utolsósorban a biztonság.

Kijelenthetjük, hogy a BIZTONSÁG nem csak pénz kérdése.

Fontos a közlekedési környezet kialakítása, az infrastruktúra állapota, de legfontosabb maga az EMBER. A közlekedés valamennyi résztvevője, legyen az gyalogos, utas, vagy járművezető, úgy tudja a legtöbbet

hozzátenni a biztonság megteremtéséhez, ha a rá vonatkozó szabályokat (KRESZ, Utazási feltételek) betartja és a közlekedésben partnerként, s nem ellenségként tekint a másikra. Különösen fontos az együttműködés a nagytestű járművek vezetői és a védtelen közlekedők (gyalogos, kerékpáros, rolleres) között, mivel az eltérő méretekből, fizikai adottságokból adódóan a hibázások könnyen tragédiához vezetnek.

Mindannyiunkban tudatosodnia kell annak, hogy a közösségi közlekedési járművek – az azon lévő jelentős számú utasok miatt – vezetése másfajta odafigyelést igényel, s nagyfokú felelősséggel jár.

Végkövetkeztetésként megállapítható, hogy a közlekedési szabályok betartásával, odafigyeléssel megelőzhetők a balesetek és egymásra figyelve, kellő toleranciával élve a közlekedés résztvevői épségben érhetnek el úticéljukhoz.

### **Irodalomjegyzék**

- [1] Balázs Mór Terv.pdf (budapest.hu)
- [2] Magyar Kerékpárosklub (Budapesti kerékpáros forgalomszámlálók adatai | Kerékpárosklub.hu (kerekparosklub.hu)
- [3] BKV Zrt. saját adat

# Gyalogos csoportok átkelési döntéseinek vizsgálata jármű távolság alapján - budapesti esettanulmány / Examining crossing decisions of pedestrian groups based on vehicle distance – Budapest case study

Szigeti Szilárd<sup>1</sup> - Földes Dávid<sup>2</sup>

<sup>1</sup>KTI Magyar Közlekedéstudományi és Logisztikai Intézet Nonprofit Kft.

<sup>1</sup>szigeti.szilard@kti.hu

<sup>2</sup>Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

<sup>2</sup>foldes.david@kjk.bme.hu

**Kivonat:** A gyalogos közlekedők számára az egyik leginkább hangsúlyos és egyben legveszélyesebb közlekedési manőver a közutak keresztezése. Az átkelési döntést számos tényező befolyásolja, köztük a forgalomirányítás módja, a gyalogoshoz köthető paraméterek, valamint a jármű dinamikájához kapcsolódók. Kutatásunk során jelzőtáblával kijelölt gyalogátkelőhelyen videokamerák segítségével vizsgáltuk a gyalogosok átkelési hajlandóságát a közeledő jármű távolságának függvényében. Gyalogos csoportokat képeztünk a gyalogosok neme, illetve életkora szerint, majd ezen csoportok szerint elemeztük az átkelési döntést. A jármű távolságok becslésénél 10 méteres távolság tartományokat vettünk alapul, ezekhez társult a gyalogosnak az átkelés pillanatában meghozott döntése. Gyakran tapasztalható probléma a járművezetők részéről az elsőbbségadás elmulasztása a gyalogosok irányában, ezért a felmérésünk során az elsőbbségadás arányát is vizsgáltuk. Kimutattuk, hogy a gyalogos egyéni jellemzők, mint a nem és az életkor befolyásolják az átkelési hajlandóságot. Ugyanazon távolság tartományban érkező jármű esetén a férfiak, illetve a fiatalabb korosztály nagyobb arányban kísérelte meg az átkelést. Megállapítottuk továbbá, hogy az egyik irányban már elsőbbséget adó jármű növelte a gyalogosok kockázatvállalási hajlandóságát és kisebb járműköz esetén is átkeltek az úttesten. Az eredmények felhasználhatók közlekedésbiztonsági intézkedések meghozatalakor, illetve a jövőben akár az önvezető járművek programozásakor is.

**Abstract:** One of the most important and at the same time most dangerous traffic maneuvers for pedestrians is crossing public roads. The crossing decision is influenced by many factors, including traffic control and management, pedestrian parameters, and vehicle dynamics. Our field data collection covered video camera recording to examine the crossing willingness of pedestrians at unsignalized pedestrian crossing, depending on the distance of the approaching vehicle. Pedestrian categories were formed according to gender and age, and then we have analyzed the crossing decision of them. When estimating vehicle distances, 10-meter distance ranges were used as a basis, and the decision made by the pedestrian at the moment of crossing was associated with these. A frequently encountered problem is the failure of drivers to give way to pedestrians, so in our analysis we also examined the rate of giving way. We have shown that individual characteristics of pedestrians, such as gender and age, influence the willingness to cross. In the case of a vehicle arriving in the same distance range, men and the younger age group attempted to cross in a higher proportion. We also found that the vehicle already giving priority in one direction increased the willingness of pedestrians to take risks and to cross the road even in the presence of smaller spatial vehicle gaps. The results can be implemented when taking traffic safety measures, or even when programming self-driving vehicles in the future.

**Kulcsszavak:** *Gyalogátkelőhely; videokamerás felmérés; gyalogos viselkedés; elfogadott jármű távolság; elsőbbségadási hajlandóság*

**Keywords:** *Pedestrian crossing; video measurement; pedestrian behavior; accepted spatial gap; willingness to yield*

## Bevezetés

A gyaloglás a legelterjedtebb közlekedési mód, ugyanis minden helyváltoztatási láncban megjelenik. Lehet önálló utazási forma is, valamint része lehet multimodális láncnak is. Az európai országokban végzett felmérések kimutatták, hogy az összes utazás 12-30%-a gyaloglás [1].

Habár a gyaloglás mindennapi tevékenységeink közé tartozik, nagymértékű biztonsági kockázatot is hordozhat, mivel a gyalogosok a leginkább védtelen úthasználók [2]. Az EU-ban csak 2018-ban 5180 gyalogos vesztette életét, amely az összes közúti haláleset 21%-át tette ki. 2010 és 2018 között az EU-ban évente átlagosan 2,6%-kal csökkent a gyalogoshalálozások száma, ugyanakkor Magyarországon évente 0,5%-kal nőtt [3]. A Közlekedéstudományi Intézet korábbi kutatásai szerint a gyalogos balesetek 40,2%-a gyalogátkelőhelyen történt [4]. A gyalogos balesetek és sérülések nemcsak a közlekedő egyének, de a nemzetgazdaság számára is problémát jelentenek. Számítások szerint ugyanis a gyalogos sérültek átlagos veszteség értéke 55,57 millió Forint [5].

Ezért kiemelt figyelmet szükséges fordítani a gyalogosátkelőhelyek környezetében kialakuló forgalmi szituációkra és gyalogos viselkedésre. A gyalogosok döntése, kockázatvállalási hajlandósága országonként, településtípusonként is eltérhet, amit alapvetően befolyásol az adott terület közlekedési morálja, az utazók általános szabálykövető magatartása.

Kutatási célunk a gyalogosok átkelési hajlandósága és a közelítő járművek távolsága közötti összefüggés feltárása Budapest egy gyalogos átkelőhelyén. Kutatásunk során jelzőlámpa nélküli gyalogátkelőhelyen vizsgáltuk a különböző egyéni jellemzőkkel bíró gyalogosok átkelési döntéseit különböző jármű távolságok esetén. Meghatároztuk továbbá a járművezetők elsőbbségi arányát. Hipotézisünk, hogy a gyalogosok alapvető egyéni jellemző, mint a neme és becsült kora befolyásolja az átkelési hajlandóságot. A vizsgálathoz videokamerás helyszíni felmérést végeztünk Budapesten egy 2x1 sávú utat keresztező kijelölt gyalogátkelőhelyen.

A cikk felépítése a következő: az 1. fejezetben összefoglaltuk korábbi kutatások főbb megállapításait. A 2. fejezetben ismertetjük a helyszíni mérés módszertanát, majd a 3. fejezetben a mérési eredményeket foglaljuk össze. A cikk utolsó fejezetében a kutatás során levont főbb következtetéseket, valamint a további kutatási irányokat foglaljuk össze.

## 1. Irodalomkutatás

A gyalogosok számára az elsőbbségadás elmulasztása gyalogátkelőhelyek környezetében az utóbbi időszakban egyre nagyobb aggodalomra ad okot. Csehországban a járművezetők 36%-a elmulasztotta az elsőbbségadást [6], míg Franciaországban ezt az arányt 50,1%-nak mérték [7]. Kínai [8] és katarai [9] kutatások bizonyos átkelőhelyeknél rendkívül alacsony elsőbbségadási arányt mutattak ki, rendre 3,5% és 13,84% volt az arány. Az elsőbbségadás megtagadása megnövekedett várakozási időt eredményez a gyalogosok számára, amely nagyobb kockázatvállalást és kisebb jármű távolság melletti átkelést eredményezhet [10][11].

Elsőbbségadás hiányában a gyalogosoknak meg kell várniuk az egymást követő járművek közötti megfelelő távolságot az átkeléshez. A járművezetők elsőbbségadását számos tényező befolyásolja, például a gyalogos és járműforgalom jellemzői, a gyalogos attribútumok, valamint az útpálya kialakítása. A gyalogátkelőhelyhez nagyobb sebességgel [12][13], vagy járműsorban [14] [20] érkező járművezetők kisebb eséllyel adnak elsőbbséget. A közút kialakítása terén a keresztezés szélessége [15] és a sávok száma [16], a figyelemmegosztó szituációk és a nehéz felismerhetőség [17] egyaránt negatívan befolyásolták az elsőbbségadást. Ezen kívül Hirun kimutatta, hogy az idősebb és a magasabb iskolai végzettségű járművezetők hajlamosabbak elsőbbséget adni [18]. Gyalogosok részére az elsőbbségadást befolyásoló attribútumok közül kiemelhető a gyalogosok neme, életkora [19], csoportlétszáma [20], valamint az asszertív kommunikáció megléte. A női gyalogosok általában előbb kaptak elsőbbséget, mint férfi társaik [21], miközben a gyermekek és idős gyalogosok jelenléte is javította az elsőbbségadási arányt [22]. A csoport mérete nem csak az átkelési hajlandóságot, hanem az átkelés sebességét is befolyásolja, a gyalogos csoport méretének növekedésével csökkent az átkelési sebességük [23].

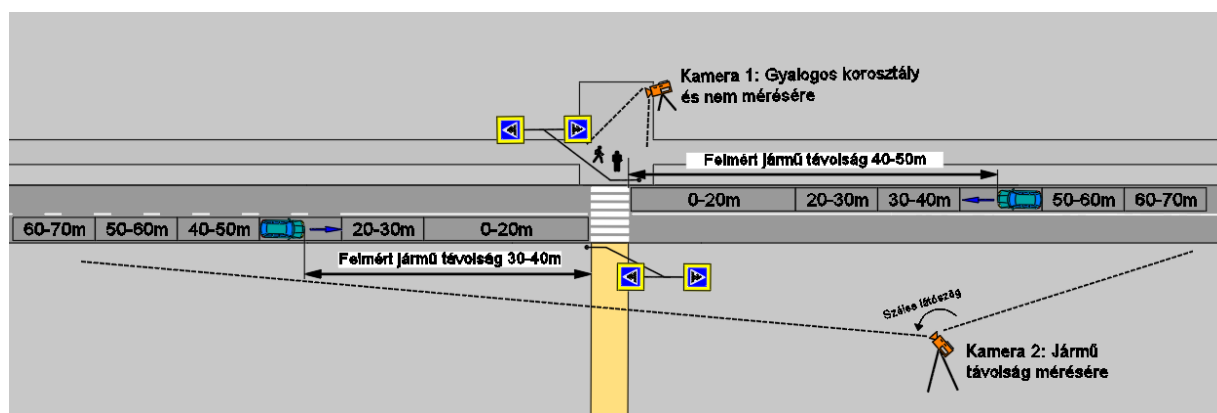
A gyalogosok átkelési döntésénél vizsgálható az egymást követő járművek közötti időköz, valamint távolság. Az Egyesült Államokban végzett kutatások azt találták, hogy a gyalogosok 85%-a által elfogadott időköz 5,3-9,4 másodperc közé tehető [24]. Malajziában az átkeléshez elfogadott jármű követési időköz 4,9 [25], míg Kínában 5,8 [26] másodperc volt. További kutatások arra a következtetésre jutottak, hogy elsősorban a járművek távolsága befolyásolta a gyalogosokat átkelési döntésükben [19]. Kimutatták továbbá, hogy a fiatalabb gyalogosok leginkább vizuális információt (távolság) használnak a járművek helyzetének becslésekor [27].

A feltárt kutatások alapján megállapítható, hogy a gyalogosok átkelési döntését befolyásoló faktorok három fő kategóriába sorolhatók: környezeti tényezők, gyalogos jellemzők (életkoruk, nemük), valamint a járművek forgalmához köthető jellemzők. Kutatásunkban a gyalogos jellemzők és a forgalmi jellemzők vizsgálatára fektetjük a hangsúlyt.

## 2. Mérésvizsgálat és módszertan

A helyszíni videokamerás felmérést egy 2x1 sávú keresztmetszetű út jelzőtáblával szabályozott gyalogátkelőhelyénél végeztük Budapest III. kerületében, a Szőlő utca 80 házáznál. A méréseket 2022 november 22-én és 25-én, valamint 2023 április 12-én és 13-án hajtottuk végre. A mérési idő 1,5-2 óra között mozgott, összesen 430 percet tett ki. Törekedtünk a reggeli és délutáni csúcsforgalmak mérésére, annak érdekében, hogy növeljük a gyalogos-jármű interakciók számát. Interakció alatt jelen esetben a gyalogos jármű távolság alapján meghozott átkelési döntését, vagy annak megtagadását értjük.

A videokamerás felméréshez két kamerát alkalmaztunk. Az első a gyalogátkelőhely közvetlen közelében helyeztük el; célja a gyalogosok életkorának és nemének meghatározása. A gyalogosok életkorát a pontos behatárolás hiányában három kategóriába soroltuk, eszerint lehetett fiatal, középkorú és idős gyalogos. A második, egy széles látószögű kamera a gyalogátkelőhelytől távolabb rögzítette az aktuális jármű távolságát a gyalogos átkelési döntésének pillanatában. Mivel a járművek pontos távolságának meghatározására nem állt rendelkezésünkre mérőműszer, így távolság tartományokat vezettünk be. A kamerák elhelyezését és a távolság tartományokat az 1. ábra szemlélteti.



20. ábra: Mérési helyszín és lehetséges jármű távolság tartományok illusztrációja

A gyalogátkelőhelyhez legközelebbi lehetséges jármű távolságot 0-20 méterben realizáltuk, mivel a jármű közelsége miatt nem volt értelme szűkebb távolság tartományt választani. Ezután 10 méteres intervallum felosztást alkalmaztunk, ezek valamelyikébe soroltuk az érkező jármű távolságát a gyalogátkelőhelytől számítva. Ezután meghatároztuk ezen jármű távolság tartományokra az egyes gyalogos csoportok átkelési valószínűségét.

Minden egyes gyalogos – jármű interakció során felvett adatként szerepelt tehát a gyalogos neme, életkora, valamint a közeledő jármű távolsága. Amennyiben mindkét irányból érkezett jármű, úgy a közelebbi járművet tekintettük a gyalogos számára meghatározónak. A gyalogos döntés két értéket vehetett fel, vagy az átkelést választotta a gyalogos, vagy megállt. Ezáltal minden távolság intervallumra előállt az átkelést választó, illetve azt megtagadó gyalogosok száma, amelyek arányából átkelési valószínűséget (1) számoltuk.

$$P_i = \frac{\sum GY_{\bar{A}}(N, \bar{E})}{\sum GY_M(N, \bar{E}) + \sum GY_{\bar{A}}(N, \bar{E})} \quad (2)$$

ahol:

- $P_i$ :  $i$ -edik 10m távolság intervallumhoz tartozó gyalogos átkelési valószínűség
- GYÁ: Átkelést választó gyalogos
- GYM: Megállást választó gyalogos
- N: Gyalogos neve
- É: Életkor kategória

A gyalogosok döntési mechanizmusakor feltételeztük, hogy azon gyalogosok, akik egy bizonyos jármű távolság esetén az átkelést választották, távolabbi jármű esetén is az átkelés mellett döntenének. Ezért a kiértékelés során az adott jármű távolság intervallumhoz tartozó átkelést választó gyalogosok számához hozzáadtuk a gyalogátkelőhelyhez közelebbi távolság tartományoknál átkelést választó gyalogosszámokat is. Ezáltal egy aggregált átkelési valószínűség számítható minden jármű távolság intervallumra.

A gyalogosok jármű távolságfüggő átkelési döntései mellett vizsgáltuk a járművezetők elsőbbségadási hajlandóságát is. Külön figyelembe vettük azon eseteket is, amikor az ellenkező irányból már egy másik jármű megadta a gyalogosnak az elsőbbséget.

### 3. Eredmények és következtetések

A vizsgálati időszak alatt összesen 3479 jármű haladt el, ezek közül 2201 dél-észak irányban, 1278 pedig észak-dél irányban. Ugyanezen idő alatt 1236 gyalogost rögzítettünk, közülük 630-an kelet-nyugat irányban, 606-an nyugat-kelet irányban keltek át az úttesten. Az 1236 gyalogos közül 570 esetben történt gyalogos interakció, tehát olyan eset, amikor a gyalogos átkelés döntésekor jármű közeledett a gyalogátkelőhelyhez.

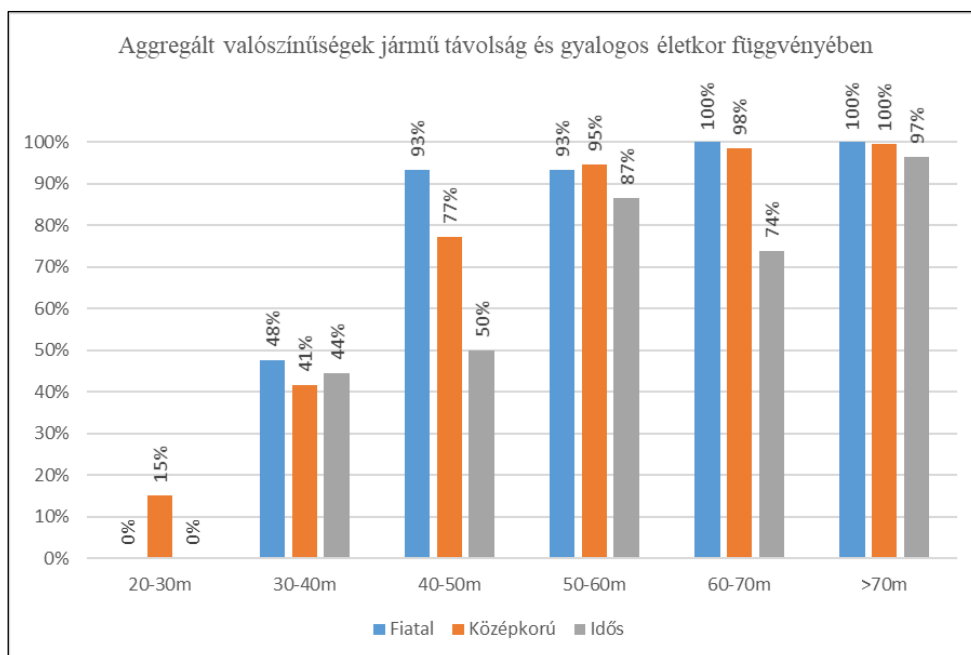
Az összes gyalogos döntés kimenetelét gyalogos életkor, nem, valamint az érkező jármű távolsága függvényében az 4. táblázat tartalmazza.

4. táblázat: Az egyes jármű távolságokhoz tartozó gyalogos átkelési és megállási számok

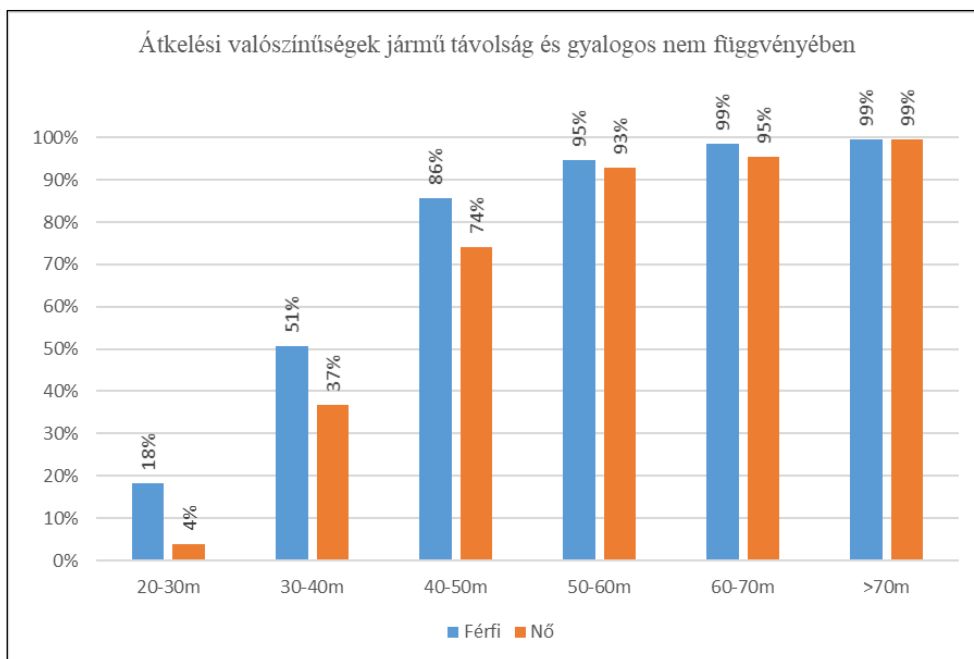
Jármű távolság	Összesen		Férfi						Nő					
			Fiatal		Középkorú		Idős		Fiatal		Középkorú		Idős	
	Átkel	Megáll	Átkel	Megáll	Átkel	Megáll	Átkel	Megáll	Átkel	Megáll	Átkel	Megáll	Átkel	Megáll
20-30m	5	43	0	3	4	12	0	3	0	7	1	16	0	2
30-40m	57	81	11	10	18	21	1	2	8	11	16	34	3	3
40-50m	64	32	14	1	17	9	1	1	9	2	22	14	1	5
50-60m	83	14	8	3	29	2	1	1	7	1	32	6	6	1
60-70m	75	9	9	0	23	0	1	2	7	0	32	3	3	4
>70m	105	2	12	0	37	1	6	0	11	0	34	0	5	1

Az 570 gyalogos döntésből 389 esetben, tehát 68%-ban a gyalogosok az átkelést választották a megállás helyett. A jármű távolság növekedésével az átkelési valószínűség is nőtt.

Az aggregált átkelési valószínűségeket gyalogos életkor és nem szerinti bontásban a 21. ábra és a 22. ábra mutatjuk be.



21. ábra: Jármű távolság és gyalogos életkor függvényében az átkelés valószínűsége



22. ábra: Jármű távolság és gyalogos nem függvényében az átkelés valószínűsége

Az eredmények tükrében megállapítható, hogy a jármű távolsága szorosan összefügg a gyalogosok átkelési döntésével, továbbá az átkelési döntést egyértelműen befolyásolja a gyalogosok alapvető egyéni jellemzője (a hipotézis teljesült). A férfiak kockázatvállalóbb magatartást tanúsítottak, mint a női gyalogosok. Különösen a 20-30 és a 30-40 méterre érkező járművek esetében mutatnak jóval magasabb átkelési arányt. A férfiak fele továbbá már a 30-40 méteres jármű távolság esetén is az átkelést választotta, a nőknél ez az arány csupán 37% volt. A távolabbi járművek vonatkozásában a férfiak 86%-a elfogadhatónak tartotta a 40-50 méteres járműtávolságot, a nőknek viszont csak 74%-a. Az 50 méterre, vagy annál messzebb lévő jármű esetén mind a férfiak, mind a nők többsége, több mint 90%-a átkelt a gyalogátkelőhelyen.

Az elfogadott jármű távolságokat azon esetekre is kiszámoltuk, amikor az egyik irányból a gyalogos már megkapta az elsőbbséget a járművezetőtől. Ebben az esetben a 40 méterre, vagy annál távolabb érkező másik jármű távolságát minden gyalogos elfogadhatónak ítélte meg és átkelt. A 30-40 méteres

tartományban lévő jármű esetén a fiatalok, középkorúak és idősek 48%, 41% és 44%-os átkelési aránya 83%, 73% és 50%-ra módosult. Ugyanezen jármű távolság intervallumra nézve a férfiak és nők korábbi 51% és 37%-os átkelési aránya az egyik irányból elsőbbséget már megadó jármű esetén 88%-ra, illetve 64%-ra módosult.

A korosztályok tekintetében megállapítottuk, hogy a fiatalabb gyalogosok hajlamosak kisebb jármű távolság esetén is átkelni, 93%-uk már a 40-50 méteres jármű távolságot is elegendőnek ítélte meg a biztonságos átkeléshez. A középkorúak nagyrésze az 50-60 méteres jármű távolságot tartotta elegendőnek az átkelés megkezdéséhez. Megállapítható továbbá, hogy a 60-70 méteres jármű köz már elengedő volt az összes fiatal, valamint a középkorúak 98%-a számára. Megfigyeltük, hogy az idős gyalogosok negyede (26%), 60-70 méterre érkező jármű esetén is inkább megállt. A 70 méternél távolabbi járművek esetén viszont már az idősek 97%-a is átkelt.

A jármű elsőbbségadás tekintetében 411 esetben kényszerültek döntést hozni a járművezetők. Ezek közül 284 esetben, tehát az összes eset 69,1%-ban adták meg az elsőbbséget a gyalogosok számára. Abban az esetben, ha az ellenkező irányból már megadta egy jármű az elsőbbséget a gyalogosnak, az elsőbbségadás aránya 73,9%-ra módosult. Amennyiben nem volt az ellenkező irányban jármű, vagy nem állt meg a gyalogosnak, az elsőbbségadási ráta 68,5% volt.

A járművezetők elsőbbségadás vizsgálatának eredményei összhangban állnak a nemzetközi irodalmakkal. A hazánkkal fejlettségben és közlekedési tekintetben hasonlóságot mutató Csehország 64%-os elsőbbségadási aránya a mérésünk során kimutatott 69,1%-os rátával összhangot mutat. A kapott eredmény tükrében fokozott figyelmet szükséges fordítani a gyalogátkelőhelyek környezetében tanúsított közlekedési szabálykövetés és kultúra javítására. Ugyancsak ajánlható közlekedési magatartás a járművezetők számára a gyalogátkelőhelyek környezetében a nagyobb követési távolság tartása. Ezáltal a gyalogosok ideális esetben anélkül kelhetnek át az úttesten, hogy a járművezetőnek meg kellene állnia.

## Konklúzió

A kutatás során egy 2x1 sávós út kijelöltgyalogátkelőhelyen vizsgáltuk az átkelési hajlandóságot a gyalogosok neme, korcsoportja és a járművek távolsága alapján. Jelentős a különbség az egyes gyalogos csoportok között az átkeléshez elfogadott jármű távolságok tekintetében. Az elemzésünk alapján tehető legfontosabb megállapítások a következők:

- A férfi, illetve a fiatalabb gyalogosok kisebb jármű távolság esetén is megkezdik az átkelést. 40-50 méterre lévő jármű esetén a fiatalok 93%-a, a férfiaknak pedig 86%-a átkelt.
- Az 50-60 méteres jármű távolság a fiatal és középkorú gyalogosok döntő többségének elengedő volt az átkeléshez. Idős gyalogosok ugyanakkor csak 70 méteres jármű távolság esetén keltek át.
- A járművezetők 69,1%-a adott mindössze elsőbbséget a gyalogosoknak a gyalogátkelőhelynél. A kapott eredmény összhangban van a korábbi cseh kutatásokkal.

Bár eredményeink Magyarországra és azon belül Budapestre érvényesek, a közlekedéstervezői szakma számára hasznos információkkal szolgálhat közlekedésbiztonsági feladatok előkészítése számára.

További vizsgálat alapját képezheti a járművek és gyalogosok érkezési irány szerinti megkülönböztetése, elemzése. Feltételezhető ugyanis, hogy a gyalogosok az indulási oldalon balról közeledő járművek esetén óvatosabbak, mint a túoldalán, jobbról érkező járművek esetén. Az irányok szerinti megkülönböztetés hatással lehet továbbá a járművezetők elsőbbségadási hajlandóságára is, vélhetően a járművezető szemszögéből távolabbi gyalogosnak kevésbé fognak megállni, mint a közelebb várakozónak.

Ugyancsak megfontolandó a mérési minta bővítése, mind a darabszám, mind a helyszínek esetében. A különböző geometriájú és forgalomtechnikai szabályozású gyalogos átkelőhelyek összevetése a gyalogos és járművezetői viselkedés szempontjából érdekes további kutatási irányt jelenthet.

A járművek közötti különböző követési távolságok beállítása a gyalogosok által az átkeléshez elfogadott jármű távolságokra további kutatási tématerület alapját képezheti. Forgalomszimulációs vizsgálattal feltárható, hogy rendszer szinten milyen előnyöket hordozhat magában a járművek közötti nagyobb követési távolság alkalmazása gyalogátkelőhelyek környezetében. A kutatási eredményeket a jövőben önvezető járművek forgalomlefolyásra gyakorolt hatásainak vizsgálatához használjuk fel.

**Irodalomjegyzék**

- [1] OECD 1998, Safety of Vulnerable Road Users. Organization for Economic Co-operation Development. <https://doi.org/10.1787/9789264181571-en>
- [2] World Health Organization, 2018  
Global Status Report on Road Safety 2018: Summary (No. WHO/NMH/NVI/18.20)  
<https://www.who.int/publications/i/item/9789241565684>
- [3] D. Adminaité-Fodor, G. Jost  
How Safe Is Walking and Cycling in Europe? PIN Flash Report 38  
European Transport Safety Council (ETSC), Brussels, Belgium (2020)  
URL:  
<https://repository.difu.de/jspui/bitstream/difu/281472/1/How%20safe%20is%20walking%20and%20cycling.pdf>
- [4] Schwáb Z., 2021  
A személysérüléssel járó gyalogosbalesetek vizsgálata a Közlekedéstudományi Intézetnél  
KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI SZEMLE, 47 (1) (2021), pp. 41-47.  
<https://doi.org/10.24228/KTSZ.2021.1.3>
- [5] Krizsik et al., 2023 N. Krizsik, T. Sipos, J. Berényi  
Gyalogos sérültek nemzetgazdasági veszteségértéke  
Közlekedéstudományi Egyesület (2023), pp. 539-545, ISBN: 9786156443175
- [6] Šucha et al., 2017 M. Šucha, D. Dostal, R. Risser  
Pedestrian-driver communication and decision strategies at marked crossings  
Accident Analysis & Prevention, 102 (2017), pp. 468-478,  
<https://doi.org/10.1016/j.aap.2017.02.018>
- [7] Guéguen et al., 2015 N. Guéguen, C. Eyssartier, S. Meineri  
A pedestrian's smile and drivers' behavior: When a smile increases careful driving  
Journal of Safety Research, 56 (2015), pp. 83-88, <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2015.12.005>
- [8] Zhuang and Wu, 2014 X.L. Zhuang, C.X. Wu  
Pedestrian gestures increase driver yielding at uncontrolled mid-block road crossings  
Accid. Anal. Prev., 70 (2014), pp. 235-244, <https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.12.015>
- [9] Almukdad et al., 2022 Almukdad, A., Muley, D., Alfahel, R., Alkadour, F., Ismail, R., & Alhajyaseen, W. K.  
Assessment of different pedestrian communication strategies for improving driver behaviour at marked crosswalks on free channelized right turns.  
Journal of Safety Research., <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2022.10.023>
- [10] Kadali et al., 2014 B. R. Kadali, N. Rathi, V. Perumal  
Evaluation of pedestrian mid-block road crossing behaviour using artificial neural network  
Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition), 1 (2) (2014), pp. 111-119,  
<https://doi.org/10.1061/9780784413623.184>
- [11] Tian et al., 2022 K. Tian, G. Markkula, C. Wei, E. Sadraei, T. Hirose, N. Merat, R. Romano  
Impacts of visual and cognitive distractions and time pressure on pedestrian crossing behavior: A simulator study  
Accident Analysis & Prevention, 174:106770, <https://doi.org/10.1016/j.aap.2022.106770>
- [12] Bertulis and Dulaski, 2014 T. Bertulis, D.M. Dulaski  
Driver approach speed and its impact on driver yielding to pedestrian behavior at unsignalized crosswalks  
Transp. Res. Rec., 2464 (1) (2014), pp. 46-51, <https://doi.org/10.3141/2464-06>
- [13] Wang et al., 2016 T. Wang, X. Jiang, W. Wang, Q. Cheng  
Analysis of vehicle speed change at non-signalized crosswalks based on driving behavior  
Proedica Engineering, 2016 (137) (2016), pp. 547-553,  
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.01.291>
- [14] Hatfield et al., 2007 J. Hatfield, R. Fernandes, R.S. Job, K. Smith  
Misunderstanding of right-of-way rules at various pedestrian crossing types: observational study and survey  
Accid. Anal. Prev., 39 (2007), pp. 833-842, <https://doi.org/10.1016/j.aap.2006.12.005>
- [15] Schneider et al., 2018 R.J. Schneider, A. Sanatizadeh, M.R.R. Shaon, Z. He, X. Qin

- Exploratory Analysis of Driver Yielding at Low-Speed, Uncontrolled Crosswalks in Milwaukee, Wisconsin  
 Transportation Research Record, 2672 (35) (2018), pp. 21-32,  
<https://doi.org/10.1177/0361198118782251>
- [16] Chaudhari et al., 2021 A. Chaudhari, N. Gore, S. Arkatkar, G. Joshi, S. Pulugurtha  
 Exploring pedestrian surrogate safety measures by road geometry at midblock crosswalks: A perspective under mixed traffic conditions  
 IATSS Research 45 (1) (2021), pp. 87-101, <https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2020.06.001>
- [17] Pauer et al., 2021 G. Pauer, N. Krizsik, T. Berta, Zs. Hamza  
 A kijelölt gyalogos-átkelőhelyek biztonsági szintjét befolyásoló kockázati tényezők értékelése  
 KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI SZEMLE, 71 (3). pp. 53-60.  
<https://doi.org/10.24228/KTSZ.2021.3.5>
- [18] Hirun W., 2016  
 Factors affecting driver yielding behavior at a mid-block zebra crossing  
 International Journal of Engineering and Technology, 8 (2) (2016), pp. 906-912  
[https://www.researchgate.net/publication/304887721\\_Factors\\_Affecting\\_Driver\\_Yielding\\_Behavior\\_at\\_a\\_Mid-Block\\_Zebra\\_Crossing](https://www.researchgate.net/publication/304887721_Factors_Affecting_Driver_Yielding_Behavior_at_a_Mid-Block_Zebra_Crossing)
- [19] Oxley et al., 2005 J.A. Oxley, E. Ihsen, B.N. Fildes, J.L. Charlton, R.H. Day  
 Crossing roads safely: An experimental study of age differences in gap selection by pedestrians  
 Accident Analysis and Prevention, 37 (5) (2005), pp. 962-971,  
<https://doi.org/10.1016/j.aap.2005.04.017>
- [20] Teczan H.O., Elmorssy M., Aksoy G.  
 Pedestrian crossing behavior at midblock crosswalks  
 J. Safety Res., 71 (2019), pp. 49-57, <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2019.09.014>
- [21] Zafri et al., 2022 N.M. Zafri, T. Tabassum, M.R.H. Himal, R. Sultana, A.K. Debnath  
 Effect of pedestrian characteristics and their road crossing behaviors on driver yielding behavior at controlled intersections  
 Journal of Safety Research, 81 (2022), pp. 1-8, [10.1016/j.jsr.2022.01.001](https://doi.org/10.1016/j.jsr.2022.01.001)
- [22] Al-Kaisy et al., 2017 A. Al-Kaisy, G.T. Miyake, J. Staszczuk, D. Scharf  
 Motorists' voluntary yielding of right of way at uncontrolled midblock crosswalks with rectangular rapid flashing beacons  
 Journal of Transportation Safety & Security, 10 (4) (2018), pp. 303-317,  
[10.1080/19439962.2016.1267827](https://doi.org/10.1080/19439962.2016.1267827)
- [23] Zhang et al., 2020 B. Zhang, W. Chen, X. Ma, P. Qiu, F. Liu  
 Experimental study on pedestrian behavior in a mixed crowd of individuals and groups  
 Physica A, 556 (2020), Article 124814, <https://doi.org/10.1016/j.physa.2020.124814>
- [24] Brewer et al., 2006 M. Brewer, K. Fitzpatrick, J. Whitacre, D. Lord  
 Exploration of pedestrian gap-acceptance behavior at selected locations  
 Transportation Research Record, 1982 (1) (2006), pp. 132-140,  
<https://doi.org/10.1177/0361198106198200117>
- [25] Nor et al., 2017 S.N.M. Nor, B.D. Daniel, R. Hamidun, W.A. Al Bargi, M.M. Rohani, J. Prasetijo, et al.  
 Analysis of pedestrian gap acceptance and crossing decision in Kuala Lumpur  
 Matec Web Conf., 103 (2017), p. 08014, <https://doi.org/10.1051/matecconf/201710308014>
- [26] Zhao and Wu, 2003 J. Zhao, J. Wu  
 Analysis of pedestrian behavior with mixed traffic flow at intersection  
 Proceedings of the 2003 IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems, vol. 1, IEEE (2003), pp. 323-327, <https://doi.org/10.1109/ITSC.2003.1251971>
- [27] De Lucia et al., 2003 P. De Lucia, M. Bleckley, L. Meyer, J. Bush  
 Judgments about collisions in younger and older drivers  
 Transport. Res. Part F, 6 (2003), pp. 63-80, [https://doi.org/10.1016/S1369-8478\(02\)00047-5](https://doi.org/10.1016/S1369-8478(02)00047-5)

# Gyalogos közlekedők figyelemelterelő hatásai / Distracting factors of pedestrian mobility

Krizsik Nóra<sup>1</sup> – Dr. Sipos Tibor<sup>2</sup> – Dr. Berényi János<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>KTI Magyar Közlekedéstudományi és Logisztikai Intézet Nonprofit Kft.

<sup>1</sup>krizsik.nora@kti.hu

<sup>3</sup>berenyi.jano@kti.hu

<sup>2</sup>Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

<sup>2</sup>sipos.tibor@kjk.bme.hu

**Kivonat:** A gyalogosok védtelenségükből adódóan a közlekedési rendszerünk egyik kiemelten veszélyeztetett csoportja. Közlekedésük biztonságát befolyásolja a járművezetők, valamint saját maguk által tanúsított magatartás is. Korábbi kutatások már bizonyították, hogy a közlekedési szereplők körében használt figyelemelterelő eszközök, tényezők baleseti kockázatokat rejtenek magukban. A gyalogosok közlekedésében, hasonlóan a járművek közlekedéséhez, a figyelmet elvonó eszközök, hatások számos negatívumot okoznak. Kutatásunk célja volt a gyalogosok által kedvelt figyelemelterelő eszközök, tényezők használati arányának megállapítása helyszíni vizsgálatok segítségével. Kutatásunk során 10 helyszínen végeztünk vizsgálatokat, amelynek eredményeit több szempont szerint értékeltük. A mérések során 11536 fő adatát rögzítettük és dolgoztuk fel. Az átlagos figyelemelterelés gyakorisága 54,3% volt, amely azt jelenti, hogy minden második gyalogos valamilyen egyéb tevékenységet végez gyaloglása mellett. A leggyakoribb tevékenység a gyalogostársakkal való beszélgetés (29,8%) volt, azonban a telefonhasználat (15,7%) és a fej/fülhallgató (13,5%) használat is igen számottevő volt.

**Abstract:** Because of their vulnerability, pedestrians are one of the most risk vulnerable groups in our transport system. Their safety is also affected by the behaviour of drivers and themselves. Previous research has already shown that the distractions and factors used by road users can create risks of accidents. In pedestrian mobility, as in vehicle mobility, distractions and distracting influences cause a number of negative effects. The aim of our research was to determine the use rates of distractions preferred by pedestrians through on-site investigations. We investigated 10 locations and evaluated the results according to several criteria. Data from 11536 participants were recorded and processed. The average distraction prevalence was 54.3%. This means that one in two pedestrians is doing some other activity while walking. The most common activity was talking to walking partners (29.8%), but phone use (15.7%) and head/earphone use (13.5%) were also very significant.

*Kulcsszavak:* gyalogos közlekedés; védtelen közlekedők; közlekedésbiztonság; figyelemelterelő tényező; helyszíni kutatás

*Keywords:* pedestrian mobility; vulnerable road users; road safety; distracting factor; on-site research

## Bevezetés

A gyalogosok védtelenségükből adódóan a közlekedési rendszerünk egyik kiemelten veszélyeztetett csoportja. Közlekedésük biztonságát befolyásolja a járművezetők, valamint saját maguk által tanúsított magatartás is [1-3]. Korábbi kutatások már bizonyították, hogy a közlekedési szereplők körében használt figyelemelterelő eszközök, tényezők baleseti kockázatokat rejtenek magukban [4], valamint a gyalogosokkal való ütközések oka is a figyelmetlenségre vezethető vissza. [5]

A gyalogosok közlekedésében, hasonlóan a járművek közlekedéséhez, a figyelmet elvonó eszközök, hatások számos negatívumot okoznak. A gyalogosokat érintő figyelemelterelő hatások helyszíni vizsgálatai során a kutatók kimutatták, hogy az üzenetet író [6] és mobiltelefonáló gyalogosoknak [7,8] a kijelölt gyalogos-átkelőhelyen való áthaladás hosszabb időt vett igénybe a zavaró tényezőt nem használó gyalogosokhoz képest [9]. A zavaró tényezőt használó gyalogosok nagyobb valószínűséggel tanúsítottak kockázatos magatartást mind jelzőtáblával [10,11], mind jelzőlámpával irányított

átkelőhelyek esetében is [12]. Mindezek mellett a zavaró tényezők további kockázatokat is rejtenek: a zenehallgatás növeli a reakcióidőt [13], az üzenetírás pedig csökkenti a járműforgalomra való figyelmet [13,14]. A gyalogosok nemének tekintetében a kutatások azt mutatták, hogy a női gyalogosok nagyobb valószínűséggel kelnek át, miközben másokkal beszélgetnek, [12] a férfiak ezzel szemben nagyobb valószínűséggel viselnek fej-/fülhallgatót [15] gyalogos közlekedésük során.

A nemzetközi kutatási eredmények alapján az alábbi figyelemelterelő tényező arányokat mérték a kutatók.:

5. táblázat: Nemzetközi eredmények- gyalogosok zavaró tényezői

Kutatás helye	Fej/fükhallgató használat	Telefonhasználat	Üzenetírás	Társakkal való beszélgetés
Egyesült Államok Seattle, 2012 [6]	11,2%	6,2%	7,3%	12,1%
Görögország, 2020 [8]	5,4%	4,9%	6,3%	-
Szerbia, Belgrád, 2016 [14]	4,4%	4,9%	2,2%	-
Norfolk, Birmingham, 2018 [15]	19%	5%	8%	-

A nemzetközi szakirodalom eredményei alapján látható, hogy a gyalogosok körében mért figyelemelterelő tényező/eszközhasználat eltérő mértékben, de mindenhol jelen van. Mivel Magyarországra vonatkozóan nem készült még részletes felmérés a gyalogos közlekedők figyelemelterelő hatásainak felmérésére, valamint a gyalogos közlekedők önhibájukból adódó (figyelmetlenség) balesetei igen magas arányt mutatnak [16], így kutatásunk célja volt a gyalogosok által kedvelt figyelemelterelő eszközök, tényezők használati arányának helyszíni vizsgálatokkal való megállapítása.

## 1. Módszertan

### 1.1 Felmérés módszertana

A gyalogosok közlekedés közbeni zavaró tényezőinek vizsgálata során helyszíni mérésvizsgálatokat végeztünk el. A mérések során rögzítésre kerültek a gyalogosok zavaró tényezői, valamint különböző szocio-demográfiai jellemzői is (kor, nem). Életkor esetében 3 életkori csoportot különböztettünk meg: gyerekek (0-18 éves); felnőtt (18-50 éves); idős (50 év feletti).

A gyalogos közlekedők figyelemelterelő hatásainak azonosítása esetében a helyszíni megfigyelések alapján megállapítható tényezőket különböztettük meg:

- üzenet írás/ képernyő figyelés,
- telefonálás (telefon/ fülhallgató),
- kézben tartott telefon, de nem használja,
- fejhallgató,
- fülhallgató,
- ivás/evés,
- beszélgetés,
- semmi.

A fejhallgató és fülhallgató használatot a felmérések során és a kiértékelések során egybe és megkülönböztetve is vizsgáltuk. Ennek oka az, hogy míg a fejhallgató a járművezetők számára már messziről észrevehető, nagysága és fejen való elhelyezkedése miatt, addig a fülhallgató kicsi mérete miatt a többi közlekedő számára általában nehezen észrevehető.

A mérések során a mérési keresztmetszetben vagy hosszirányú szelvényben el/áthaladó összes gyalogos adatát rögzítettük. Kijelölt gyalogos átkelőhelyek esetében a vizsgált terület a gyalogos felállóhely és az átkelő területe volt. Egy gyalogos adatát egy adatsorként vettük fel, így, ha több figyelemelterelő hatás is jelen volt valakinél, azt meg tudtuk állapítani a későbbiekben. A mérés során előálltak az alábbi prior

adatok, amelyek alapvetően jellemezték a helyszínen közlekedő gyalogosok figyelemelterelő eszközhasználatát:

- figyelemelterelő hatás/eszköz mellett közlekedő gyalogosok aránya,
- figyelemelterelő hatás/eszköz mellett közlekedő gyalogosok aránya korcsoport, nem szerinti bontásban.

A helyszíni méréseket hétköznap végeztük el kedden, szerdán vagy csütörtökön. A napok esetében random választást alkalmaztunk, ami azt jelentette, hogy az egyes helyszínek esetében csak 1 napon mértünk a három lehetséges nap közül. A mérések alkalmával helyszínenként 3x2 órát mértünk az alábbi bontásban:

- reggel 6:30-8:30 között,
- 12:00-14:00 között,
- este 18:00-20:00 között.

Összesen 10 budapesti helyszínen végeztük el vizsgálatainkat, amelyekben szerepelt jelzőlámpával, valamint jelzőtáblával szabályozott kijelölt gyalogos-átkelőhely és hosszirányú gyalogos infrastruktúra is. A mérések alkalmával figyeltünk arra, hogy rendőri megfigyelés, ellenőrzés ne legyen a környéken, így csökkentve a hatósági ellenőrzések okozta szabálykövető magatartás hatását.

## 1.2 Adatok kiértékelése

A mérések során 11536 fő adatát rögzítettük és elemeztük. Kutatásunk során a gyalogosok viselkedését az aggregált adatok mellett több szempont szerint is kiértékeljük: napszak; nem; életkori csoport; infrastruktúra kialakítás. A kiértékelések alkalmával az alábbi képlet alapján dolgoztunk (1):

$$a_{xy} = \frac{m_{xy}}{N_x} \quad (1)$$

ahol:

- $y$ : az adott figyelemelterelő eszköz,
- $x$ : az adott csoport (pl.: reggel),
- $m_{xy}$ : az adott  $y$  tényezőt használó  $x$  csoportba sorolt gyalogos száma [fő],
- $N_x$ : az  $x$  csoportba gyalogos száma [fő],
- $a_{xy}$ : az adott  $y$  tényezőt használó  $x$  csoportba sorolt gyalogos  $x$  csoporton belüli aránya [%].

A számítások során a (2) képletben meghatározott egyenlőtlenség teljesült. Ennek oka volt, hogy egy gyalogos több figyelemelterelő eszközt is használhatott egyszerre.

$$\sum m_{xy} \geq N_x \quad (2)$$

A vizsgálati csoportok alkalmával meghatároztuk, hogy a gyalogosok összesen mekkora aránya használ valamilyen figyelem elterelő eszközt vagy végez figyelemelvonó tevékenységet (3):

$$b_x = \frac{n_x}{N_x} \quad (3)$$

ahol:

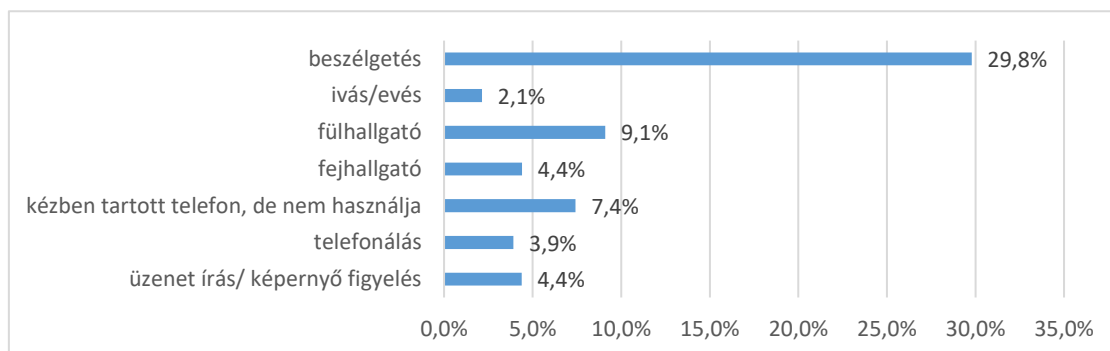
- $n_x$ : az  $x$  csoportba sorolt figyelemelterelő eszközt/tényezőt használó gyalogosok száma összesen [fő],
- $N_x$ : az  $x$  csoportba gyalogos száma [fő],
- $b_x$ : figyelemelterelő eszközt/tényezőt használó gyalogosok aránya  $x$  csoporton belül [%].

$n_x$  esetében minden gyalogost csak egyszer vettünk számításban, eltérően az (1) képletben szereplő  $m_{xy}$ -től. Tehát előfordulhatott, hogy 1 gyalogosra több tényező volt jellemző.

## 2. Eredmények

A mérések során 11536 fő adatát rögzítettük. Az átlagos figyelemelterelés gyakorisága 54,3% volt, amely azt jelenti, hogy minden második gyalogos valamilyen egyéb tevékenységet végzett gyaloglása mellett. A leggyakoribb tevékenység a gyalogos társakkal való beszélgetés (29,8%) volt, ezt követte a fülhallgató használat (9,1%), majd a kézben tartott telefon megléte (7,4%). A gyaloglás közbeni

feltételezhető zenehallgatás (fej/fülhallgató használat) a gyalogosok 13,5%-ra volt jellemző. Az aktív telefonhasználat (telefonálás, üzenetírás/képernyő figyelés) pedig a gyalogosok 8,3%-át jellemezte. Kimagasló érték, hogy a valamilyen formájú auditív (fej/fülhallgató, telefonálás) vagy vizuális (üzenetírás) figyelemelterelés a gyalogosok 21,8%-ára volt jellemző.



23. ábra: Figyelemelterelő eszközök/hatások gyakorisága

A napszakok szerinti vizsgálatok azt mutatták, hogy a nap folyamán a figyelemelterelő tevékenységek aránya folyamatosan nő. A reggeli mérések esetében 41,3%-ot, a napközbeni mérések esetében 56,9%-ot, míg az esti mérések esetében 63,7%-ot mértünk. A reggeli mérések során a leggyakoribb figyelemelterelés a fej/fülhallgató használata volt, amíg a napközbeni és az esti mérések során a gyalogosok egymás közötti beszélgetése bizonyult a leggyakoribbnak. A fülhallgató használata minden mérési időszakban magasabb volt, mint a fejhallgató használat.

6. táblázat: Figyelemelterelő eszközök/hatások gyakorisága napszak szerint

	reggel (N=3495)	napközben (N=4350)	este (N=3673)
üzenet írás/ képernyő figyelés	3,6%	4,9%	4,6%
telefonálás	2,6%	4,0%	5,1%
kézben tartott telefon, de nem használja	7,1%	7,7%	7,5%
fejhallgató	6,4%	3,9%	3,1%
fülhallgató	9,8%	7,8%	10,2%
ivás/evés	2,2%	2,7%	1,5%
beszélgetés	15,3%	33,6%	39,9%
összesen	41,3%	56,9%	63,7%

A kor szerinti elemzések azt mutatták, hogy a figyelemvonó eszközhasználat vagy tevékenység végzése a gyerekekre a legjellemzőbb (68,2%). Az ő esetükben kiugróan magas volt a társakkal való beszélgetés aránya (50,3%), ami annak tudható be, hogy nem önálló közlekedőként vannak jelen a közlekedésben többnyire. A felnőtt gyalogosok esetében a telefon jelenléte és annak használata (18,5%) valamint a fej/fülhallgató használata (14,6%) volt magas a társakkal való beszélgetés mellett. Idősek esetében mértünk a legalacsonyabb figyelemelterelő hatás jellemzőket (29,2%). Az ő esetükben egyedül a beszélgetés volt számottevő értékű (21,4%). A fülhallgató használat minden korcsoportban magasabb volt, mint a fejhallgató használat.

7. táblázat: Figyelemelterelő eszközök/hatások gyakorisága életkor szerint

	gyerek (0-18) (N=1075)	felnőtt (18-50) (N=7487)	idős (50+) (N=1825)
üzenet írás/ képernyő figyelés	3,3%	5,1%	1,2%
telefonálás	2,3%	4,9%	2,1%
kézben tartott telefon, de nem használja	6,7%	8,5%	2,8%
fejhallgató	1,5%	2,5%	0,2%
fülhallgató	8,0%	12,1%	3,4%
ivás/evés	2,2%	2,6%	0,4%
beszélgetés	50,3%	31,8%	21,4%
összesen	68,2%	59,4%	29,2%

A nemenkénti elemzések azt mutatták, hogy a férfiak és nők figyelemelterelő eszköz használatának vagy tevékenységének aránya megegyezik. Mindkét mintában 54,3% volt a figyelemelterelő tényezők gyakorisága. Mindkét csoportra a társakkal való beszélgetés volt a legjellemzőbb, azonban a nők esetében magasabb arányban voltak azok a gyalogosok, akik a gyaloglásuk során társaikkal beszélgettek. Az aktív telefonhasználat a nők esetében 1%-kal magasabb (8,8%), míg a fej/fülhallgató használata a férfiak esetében 2,7%-kal (14,9%) magasabb volt. A fülhallgató használata mindkét nem esetében magasabb volt, mint a fejhallgató használat.

8. táblázat: Figyelemelterelő eszközök/hatások gyakorisága nem szerint

	férfi (N=5477 )	nő (N=6041 )
üzenet írás/ képernyő figyelés	4,4%	4,4%
telefonálás	3,4%	4,4%
kézben tartott telefon, de nem használja	5,9%	8,8%
fejhallgató	5,1%	3,7%
fülhallgató	9,8%	8,5%
ivás/evés	2,5%	1,8%
beszélgetés	29,1%	30,4%
összesen	54,3%	54,3%

A helyszín csoportok esetében a figyelemelterelő eszközhasználat legnagyobb arányát a hosszirányú infrastruktúra esetében, míg legkisebb arányát a jelzőtáblával szabályozott, középszigettel rendelkező kijelölt gyalogos-átkelőhelyeken mértük. Ezek mellett megállapítható volt, hogy jelzőtáblás irányítás alkalmával a gyalogosok nagyobb arányban használták a figyelmüket elvonó eszközöket, mint jelzőlámpás irányítás esetében. Az aktív telefonhasználat (telefonálás, üzenetírás/képernyő figyelés) szintén a hosszirányú infrastruktúra esetében volt a legmagasabb (9,8%). Auditív (fej/fülhallgató, telefonálás) és vizuális (üzenetírás) figyelemelterelés esetében legnagyobb gyakoriságértékeket hosszirányú infrastruktúra esetében (22,3% és 5,5%), míg legalacsonyabb értékeket jelzőtáblával szabályozott, középszigettel rendelkező kijelölt gyalogos-átkelőhelyeken mértük (11,0% és 1,8%). A hosszirányú infrastruktúrára jellemző magasabb figyelemelterelő eszköz/hatás gyakoriság értékeket feltételezhetően a gyalogosok nagyobb fokú biztonságérzete okozhatta, hiszen ezeken a helyszíneken nem kellett számítaniuk keresztirányból érkező járművekre. Jelzőtáblával szabályozott, középszigettel rendelkező kijelölt gyalogos-átkelőhelyek esetében a gyalogosok a mérések alapján (alacsonyabb eszközhasználati arány) feltételezhetően kevésbé érzik magukat biztonságban.

9. táblázat: Figyelemelterelő eszközök/hatások gyakorisága infrastruktúra szerint

	hosszirányú (N=2172)	jelzőlámpa középsziget (N=1054)	jelzőlámpa középsziget nélkül (N=1881)	jelzőtábla középsziget (N=2463)	jelzőtábla középsziget nélkül (N=1474)
üzenet írás/ képernyő figyelés	5,5%	5,4%	4,8%	1,8%	3,0%
telefonálás	4,3%	3,6%	4,1%	4,2%	3,7%
kézben tartott telefon, de nem használja	7,3%	5,9%	7,7%	5,5%	7,1%
fejhallgató	2,6%	1,4%	12,5%	0,8%	1,4%
fülhallgató	15,4%	8,6%	5,2%	6,0%	12,0%
ivás/evés	3,1%	2,4%	1,3%	1,1%	5,3%
beszélgetés	38,3%	23,4%	20,2%	28,2%	26,4%
összesen	67,8%	45,3%	49,7%	43,8%	52,9%

A mérések alkalmával 795 gyalogost mértünk (teljes minta 6,9%-a), aki több eszközt vagy tevékenységet is végzett gyaloglása mellett. A leginkább jellemző párosítás a fej/fülhallgató használat melletti kézben tartott telefon volt (28,0%). Ugyanakkor hasonlóan kiugró értékekkel rendelkeztek a beszélgetés- kézben tartott használaton kívüli telefon (21,8%), valamint a fej/fülhallgató használat-üzenetírás/képernyő figyelés párok is (16,4%).

## Konklúzió

Felmérésünk eredménye megmutatta, hogy a gyalogos közlekedők körében igen magas arányt képviselnek a figyelemelvonó eszközök használata, és a figyelmet elvonó tényezők aránya. A nemzetközi eredményekkel összehasonlítva a gyalogosok fej/fülhallgató használata magasabb volt, mint a legtöbb országban. Egyedül Norfolkban mértek ettől magasabb értéket (19%). A telefonálás nemzetközi összevetésben a legalacsonyabb volt az elérhető kutatási eredmények közül, valamint az üzenetírás esetében a belgrádi kutatás alacsonyabb gyakorisági arányt mutatott. A gyalogosok viselkedésére jellemző, társakkal való beszélgetés budapesti aránya az elérhető kutatási adatok közül a legmagasabb volt, több mint kétszerese az USA-ban végzett kutatási eredménynek. A nemzetközi eredményekkel összehangban méréseink során is a női gyalogosok gyakrabban keltek át, miközben másokkal beszélgetnek, a férfiak körében pedig a fej-/fülhallgató használat volt gyakoribb.

Kutatási eredményeink összevetve a gyalogosokat érintő baleseti helyzetképpel azt mutatják, hogy a gyalogosok figyelemszintje nem megfelelő közlekedésük során. Számos esetben a gyaloglás mellett végzett másodlagos, esetekben harmadlagos tevékenységek a biztonságos közlekedéshez szükséges figyelmi szintet csökkentik. A gyalogosok saját maguknak okozott auditív és vizuális inger csatornák korlátozásával növelik baleseti kockázatukat.

A kutatás során kimagaslóan nagy arányban szerepelt a gyalogosok egymással való társas beszélgetése, amelyre a kutatást megelőzően nem számítottunk. Ez azt mutatja, hogy a legtöbb gyalogosnak a gyaloglás egy társas esemény. Kutatásunkban nem tértünk ki annak vizsgálatára, hogy a nők vagy a férfiak választják-e gyakrabban a társas gyaloglást. A jövőbeli kutatásoknál a gyalogos csoportok közlekedésének részletes vizsgálatát is érdemes lehet elvégezni ezen kérdéskörököt illetően. Kutatásunk során nem vizsgáltuk a figyelemelterelő tényezők gyakoriságát a gyalogos és járműforgalom vonatkozásában, mely egy következő kutatási irány lehet. Az eredmények alapján jövőbeli kutatási irány lehet ezen kívül a figyelemelterelő tényezők befolyásának vizsgálata a forgalomra való odafigyelés vonatkozásában.

Magyarországra vonatkozóan nem készült még részletes felmérés a gyalogos közlekedők figyelemelterelő hatásaira vonatkozóan, így kutatásunk eredményei igen jelentősek lehetnek ezen a területen. Az eredmények megmutatták, hogy van potenciál a gyalogosok figyelemelterelésének területén. Kutatásunkkal illetve a terület további részletes vizsgálatával lehetőség van arra, hogy megfelelő eszközökkel a gyalogosok figyelmetlenségéből eredő baleseteket csökkenteni lehessen.

*Köszönetnyilvánítás: A C1761302 számú projekt a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a KDP-2021 pályázati program finanszírozásában valósult meg.*

## Irodalomjegyzék

- [1] Esztergár-Kiss D. – Csiszár Cs.: Multicriteria Analysis of Hungarian Journey Planners, *Periodica Polytechnica Transportation Engineering* 2016/44(2) 97–104, <https://doi.org/10.3311/PPtr.8570>
- [2] Nagy S. – Csiszár Cs.: The quality of smart mobility: A systematic review, *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*, 2020/109, <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2020.109.11>
- [3] Krizsik N. – Sipos T.: Social Perception of Autonomous Vehicles, *Periodica Polytechnica Transportation Engineering* 2023/51(2) 133-139, <https://doi.org/10.3311/PPtr.20228>
- [4] Ortiz N. C. – Ramnarayan M. – Mizenko K.: Distraction and road user behavior: An observational pilot study across intersections in Washington, D.C., *Journal of Transport & Health* 2017/7(A) 13-22, <https://doi.org/10.1016/j.jth.2017.05.362>

- [5] Sundfør H. B. – Sagberg F. – Høye A.: Inattention and distraction in fatal road crashes – Results from in-depth crash investigations in Norway, *Accident Analysis & Prevention* 2019/125 152–157, <https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.02.004>
- [6] Thompson L.L. – Rivara F.P. – Ayyagari R.C. – Ebel B.E.: Impact of social and technological distraction on pedestrian crossing behaviour: an observational study, *Injury Prevention*, 2013/19 232–237, <https://doi.org/doi:10.1136/injuryprev-2012-040601>
- [7] Hatfield J. – Murphy S.: The effects of mobile phone use on pedestrian crossing behaviour at signalised and unsignalised intersections, *Accident Analysis & Prevention* 2007/39(1) 197–205, <https://doi.org/10.1016/j.aap.2006.07.001>
- [8] Ropaka M. – Nikolaou D. – Yannis G.: Investigation of traffic and safety behavior of pedestrians while texting or web-surfing, *Traffic Injury Prevention* 2020/21(6) 389–394 <https://doi.org/10.1080/15389588.2020.1770741>
- [9] Liu Y. – Alsaleh R. – Sayed T.: Modeling the influence of mobile phone use distraction on pedestrian reaction times to green signals: A multilevel mixed-effects parametric survival model, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 2021/81 115–129 <https://doi.org/10.1016/j.trf.2021.05.020>
- [10] Zhou Z. – Liu S. – Xu W. – Pu Z. – Zhang S. – Zhou Y.: Impacts of mobile phone distractions on pedestrian crossing behavior at signalized intersections: An observational study in China, *Advances in Mechanical Engineering*, 2019/11(4) 1687814019841838 <https://doi.org/10.1177/1687814019841838>
- [11] Horberry T. – Osborne R. – Young K.: Pedestrian smartphone distraction: Prevalence and potential severity, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 2019/60 515–523, <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.11.011>
- [12] Bendak S. – Alnaqbi A.M. – Alzarooni M.Y. – Aljanaahi S.M. – Alsuwaidi S.J.: Factors affecting pedestrian behaviors at signalized crosswalks: An empirical study, *Journal of Safety Research*, 2021/76 269–275, <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2020.12.019>
- [13] Jiang K. – Ling F. – Feng Z. – Ma C. – Kumfer W. – Shao C. – Wang K.: Effects of mobile phone distraction on pedestrians' crossing behavior and visual attention allocation at a signalized intersection: An outdoor experimental study, *Accident Analysis & Prevention*, 2018/115 170–177, <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.03.019>
- [14] Pešić D. – Antić B. – Glavić D. – Milenković M.: The effects of mobile phone use on pedestrian crossing behaviour at unsignalized intersections – Models for predicting unsafe pedestrians behaviour, *Safety Science*, 2016/82 1–8, <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.08.016>
- [15] Wells H.L. – McClure L.A. – Porter B.E. – Schwebel D.C.: Distracted Pedestrian Behavior on two Urban College Campuses, *Journal of Community Health*, 2018/43(1) 96–102 <https://doi.org/10.1007/s10900-017-0392-x>.
- [16] Krizsik N. - Sipos T. - Berényi J. :Gyalogos sérültek nemzetgazdasági veszteségértéke, XIII. International Conference on Transport Sciences / XIII. Nemzetközi Közlekedéstudományi Konferencia, Győr : Multimodality and sustainability / Multimodalitás és fenntarthatóság, Győr, 2023 pp. 539-545.

# Harminc a városban – Komplex városi sebességcsillapítás európai tapasztalatai / 30Cities – lesson learnt from Europe

Kovács Virág Zita

közlekedésépítő mérnök, urbanista, önálló tervező

kovacs.virag@civilmernok.org

**Kivonat:** Esettanulmányokon alapuló cikkemben a településen belüli sebességkorlátozással kapcsolatos külföldi kutatási eredményeket és érvrendszert mutatom be. Eltérő közlekedési kultúrájú európai városok példáját vizsgálom, ahol az elmúlt tíz évben jelentős törekvések zajlottak a városközpontok és lakóterületek élhetőbbé, biztonságosabbá tételéért. A forgalomcsillapítási intézkedések közül elsősorban a 30 km/h megengedett legnagyobb sebességű zónák kiterjesztését és a városközpont területen alkalmazott „vegyes forgalmú utcák” kialakítását vizsgálom. Önkormányzati közlemények, sajtóhírek és szakpolitikai dokumentumok alapján tekintem át néhány környező országban zajló sebességcsillapítási törekvéseket. Az egyes városok esetében bemutatom az eredeti célkitűzéseket, a döntési és a megvalósítási folyamatot és annak ütemezését, valamint a társadalmi fogadtatást. A mérhető indikátorok esetén részletes kutatási eredményeket idézek számos európai városból. Az új urbanizmus elvrendszereiből kiindulva, áttekintem a néhány közepes méretű város átalakulásának folyamatát, a 30cities és citta30 mozgalom eredményei, az osztrák, német, olasz, spanyol tapasztalatok mintaként szolgálhatnak magyar települések számára is. A hazai bevezetés potenciálját is vizsgálom, és javaslatot teszek az utca-tervezés paradigmaváltására, valamint a szükséges előtteutána elvégzendő elemzésekre és a kísérő kommunikációra. Részletesebb hazai elemzést egy későbbi cikk fog tartalmazni. A „harminc a városban” mozgalom tulajdonképpen már elindult hazánkban, de a gyakorlati megvalósításhoz széleskörű diskurzus szükséges.

**Abstract:** Based on case studies, I present research findings and arguments from Europe on speedlimited urban areas, through experiences of a European cities, where over the last ten years there have been significant efforts to make city centres and residential areas more liveable and safer. Among the traffic calming measures, I focus on the extension of 30 km/h speed limit zones and 'mixed traffic streets'. Based on municipal announcements, press releases and policy documents, I review speed reduction efforts in some neighbouring countries. I track the original objectives, the decision-making and implementation process and the timing, follow-up researches and the public reception. For the measurable indicators, I cite detailed research results from a several European cities. Through the principles of new urbanism, I review the transformation process of some medium-sized cities, I show the results of the 30cities and citta30 movements. The Austrian, German, Italian and Spanish experiences can serve as a model for Hungarian municipalities, so I examine the potential of implementation and suggest a paradigmshift in street design, the necessary before and after analyses and accompanying communication. A more detailed hungarian analysis will be included in a future article. The "thirty city" movement is in fact already underway in our country, but a broad discourse is needed to put it into practice.

**Kulcsszavak:** várostervezés, új-urbanizmus, fenntarthatóközlekedés, közlekedésbiztonság, forgalomcsillapítás, gyaloglás, kerékpározás, élhető-város, humanizált közterületek, 30avárosban

**Keywords:** urban-design, street-design, new-urbanism, roadsafety, walking, cycling, shared-space, citta30, 30cities

## Bevezetés

A COVID járvány felerősítette az egészséges életmódhoz való közeledést, számos európai város tett elkötelezett lépéseket a biztonságosabb és élhetőbb városi utcák irányába. 2020-2021-ben a járvány közben és utáni időszakban Európa a közlekedés „megszelídítése” felé fordult, sorra jelentették be a városok, hogy a helyben lakók védelme és az aktív közlekedés támogatása érdekében csillapított zónákat vezetnek be, illetve bővítik azok területét. Ha forgalomcsillapítást nem önmagáért és önmagában vizsgáljuk, hanem komplex beavatkozásként, a közterületek diverz funkcióját igyekszünk elősegíteni úgy, hogy „Az utca mindenkié” elv alapján a területfelosztás legyen igazságos, egyenlő esélyeket adva

minden úthasználónak, legyen méltányos, ahol idősek, gyerekek, helyi lakók örömmel tartózkodnak és étellel töltik meg az utcát. A forgalomcsillapítást leggyakrabban az alábbi érvrendszerrel támasztják alá, így ezen indikátorokat érdemes kutatni:

- Közlekedésbiztonság
- Élettelibb utca, élhetőbb város
- Zaj-csökkentés és levegőtisztaság védelem, klímavédelmi szempontok
- Családbarát utca, inkluzív térhasználat (szubjektív, társadalmi előnyök)
- Gyaloglás és kerékpározás feltételeinek javítása (közlekedési módváltás)

## 1. Lakóterületek sebességcsillapításának mozgó rugói és indikátorai

### 1.1 Biztonságosabb város

Világszerte minden korcsoportban a sérüléssel járó közúti ütközések jelentik a 8. vezető halálokot, és a legsebezhetőbb lakosság (azaz gyalogosok, kerékpárosok és motorosok) teszi ki a globális halálesetek majdnem felét (Egészségügyi Világszervezet, 2018). [1]

Az „Otthon a budapesti utakon” – mindenkit hazavárunk! Közúti közlekedésbiztonsági stratégia, BKK 2023 [2] határozottan állást foglal a közúti közlekedés halálos áldozatainak számának visszaszorítása mellett: „A „*Vision Zero*” filozófia egyik alappillére, hogy az emberi élet és egészség nem mérhető össze semmilyen társadalmi vagy gazdasági tényezővel, vagyis a klasszikus költség-haszon aránypár nem érvényesülhet a közlekedésbiztonságban. A biztonságot tehát minden esetben az egyéni gépjármű közlekedés hatékonysága vagy a haszon elé kell helyezni a közlekedésben (ahogyan ez többé-kevésbé a polgári repülésben történik). A Vision Zero a közlekedésbiztonság legfontosabb három tényezőjére fókuszál, úgymint az infrastruktúra, az emberi tényezők és a járművek. Az elhunytak és súlyos sérültek jellemzően nem véletlen balesetek áldozatai. Jól tudjuk, hogy a nem megfelelő emberi viselkedés, a hibásan megtervezett és kialakított épített környezet és a nagy veszélypotenciállal rendelkező járművek ezen „balesetek” okozói.”

A gyalogoselütések esetében a kimenetel szempontjából a gépjármű sebessége a legfontosabb tényező. Egy 50 km/h-val haladó gépjármű mozgási energiája nagyságrendileg ezerszerese a gyalogos mozgási energiájának, azaz a védtelen közlekedők és a gépjárművek közötti ütközés rendkívül nagy veszélyekkel járhat. Számos forrás eltérő értékeket ad meg, de az arányok és nagyságrendek hasonlóak:

- ha 30 km/h-val haladó autó gázol el egy gyalogost, a halálos kimenetel valószínűsége 10%.
- ha 50 km/h-val haladó autó gázol el egy gyalogost, a halálos kimenetel valószínűsége 85%.

### 1.2 Élettelibb város

Az új-urbanizmus ráirányítja a figyelmünket egy olyan környezetbarát várostervezési elvrendszerre, ahol a lakó- és munkahelyi és kulturális funkciók keverednek, kényelmesen sétálható, könnyedén bejárható, barátságos városrészek jönnek létre. Az autómentesség, még ezen is túlmutató idea. „*Ha a huszadik századot az autó szimbolizálja, akkor remélhetőleg az huszonegyedik századot a közösségi téren lévő emberi lény fogja reprezentálni*” Lloyd Wright

Az autózástól való függés vagy az autómentesség spektruma Wright [3] definíciója szerint a forgalomcsillapítástól, a shared-spacek (közösen használt terek) és az autómentes időszakok bevezetésén keresztül, az autómentes élethez optimalizált lakótömbökig, és az autómentes városrészig és városig terjed. A spektrumhoz különböző léptékű fizikai beavatkozások tartoznak kezdve a „car-lite” – „autó könnyítő” beavatkozásokkal, az időszakos és állandó nagyobb területű beavatkozásokig. Motiváló ezen az úton elindulni akár meglévő lakóterületek átalakításával, a közterületek „visszaszerzésével”, akár az új lakóterület-fejlesztések esetén az ezt támogató téralakítással.

Wright rámutat arra a feszült jelenségre is, hogy emberek gyakran hirdetnek forgalomcsillapító intézkedéseket saját környezetükben, de máshol nem. Az autóvezetők biztonsági előnyöket akarnak a saját családjuk számára, de tiltakozhatnak az ingázásuk lassítása ellen más közösségeken keresztül.

Az új-urbanizmus elvei alapján a helyi önkormányzatok 21. századi narratívájának fókusza az élhetőség javítása, az utca visszafoglalása, a járdavisszafoglalás, és a minőségi közterületfejlesztés. Az élhető város, az újragondolt közterek, a városi place-making, városzöldítés a „közlekedés tervezésén” túl egy

teljesen új megközelítést kíván, a szabadtertervezés eszközeivel. Erre egy példa Thalia Verkade és Marco te Brömmelstroet Movement c. könyve. A **Movement** c. radikális kérdéseket tesz fel azzal kapcsolatban, hogyan közelítjük meg a legnagyobb városi problémát, reflektálva a holland városok látszólagos sikereire. Thalia Verkade és Marco te Brömmelstroet szembesítenek saját mögöttes hiedelmeinkkel, és arra kérnek bennünket, hogy gondoljuk újra a közlekedésről alkotott elképzeléseinket, hogy az embereket helyezzük a várostervezés középpontjába. „Az autófüggőség nem adottság. A városi szövet következetes megsemmisítésével hoztuk létre.” Marco Te Brömmelstroet. [4]

### 1.3 Zajcsökkentés és levegőtisztaság-védelem

Zajcsökkentés és levegőtisztaság-védelem fontos célkitűzése minden környezetvédelmi és egészségügyi stratégiának. Ezekkel a könnyen mérhető indikátorokkal jól lehet szemléltetni az előrehaladást, és várospolitikai üzeneteket megfogalmazni. Mért hatások:

- Zürichben (a város közleménye szerint) egy főutca sebességét 30 km/óra csökkentették. Ez a korlátozás átlagosan 3 dB-lel csökkentette a zajszintet. A zajszint 3 dB-es csökkenése azt a benyomást kelti, hogy az utakon közlekedő járművek száma felére csökkent.
- Grazban a 30 km/h sebességkorlátozó úthálózat nitrogén-oxid (NOx) kibocsátása jelentősen, negyedével csökkent. (-24%)

Egy fontos és elterjedt intézkedés a „Low emission zone” (LEZ) lényegében a dízel autók, és a régi szennyezőbb motorok kitiltását jelenti bizonyos zónákból, környezetvédelmi zónának is nevezik. Az országokénti szabályokról és a behajtási korlátozásról térképes összefoglaló itt látható: Urban Access Regulations in Europe, [www.urbanaccessregulations.eu](http://www.urbanaccessregulations.eu). Ezen intézkedés áttételesen forgalomcsillapító hatással is bír, és a védett zónák kijelölésével is összefügg.

## 2. A városon belüli sebességcsillapítás elterjedése

Elsőként Grazban [5] vezették be városszerte a 30 km/órás általános sebességkorlátozást 1992-ben. Ez az úgynevezett másodlagos utcahálózathoz tartozó összes utcát érinti, ami azt jelenti, hogy az utcák 80 százalékában, mintegy 800 kilométernyi úton kell ezt a szabályt alkalmazni. (Történeti és kutatási összefoglaló: <https://de.30kmh.eu/fakten-aus-europaeischen-staedten/graz/>)

### 2.1 Tempo30 (korlátozott sebességű övezetek) előtörténete

Bár a „korlátozott sebességű övezet” és „lakó-pihenő övezet”, mint forgalomszabályozási eszköz a 90-es évek óta létezik Európa szerte (főként a holland és német szabályozás szerint elterjedt), széles körű alkalmazását több országban polgári kezdeményezés motiválta, illetve motiválja folyamatosan napjainkban is. A Tempo30 (korlátozott sebességű övezetek) történetéhez tartozik, hogy egy Európai Unió aláírásgyűjtés 2012-ben, illetve 2015-ben kezdődött a 30 km/órás sebességkorlátozásért, amit Magyarországon szinte egyedül a *Levegő Munkacsoport* karolt föl. Az Európai polgárok kezdeményezése: „30 km/h – tegyük élhetővé az utcáinkat!” címmel egy intenzív kampányt és információs portált indított. 2015-ben készült jelentés szerint Európában már 160 város és falu jelölt ki nagy területeket 30 km/h sebességgel. Kampány információs oldala: 30km/h – „making streets liveable!” <http://en.30kmh.eu/> A *Fachverband Fußverkehr Deutschland*, a német „Gyalogos Egyesület” 2015 óta folytat kampányt és készít szakmai ajánlásokat, kutatásokat a témában.

### 2.2 Találkozási zónák

A „shared-space” fogalma 2009 táján robban be a közbeszédbe, ami jelenthet teljesen egy szintben lévő, elválasztás és jelzőtáblák nélküli vegyes felületet, de finom jelzésekkel, textúrákkal, utcaberendezéssel egy kultúrát és a biztonságos együttélését jól segítő kialakítás is megvalósítható. Franciaországban 2008 óta „**Zone de rencontre**” - „találkozási zóna” néven terjedt el kisvárosok belső területén, kereskedelmi zónában használatos. Osztrák törvényi definíció: „**Begegnungszonen**”: §§ 76c, 23 Abs 2a Straßenverkehrsordnung Ausztriában és Svájcban elterjedt övezeti szabályozási mód 20 km/h vagy 30 km/h is lehet a korlátozás. (Begegnungszonen in Österreich, Sammlung & Dokumentation, <http://www.begegnungszonen.or.at/>)

Egyedi a vegyes használatú zónára jellemző sebességhatárt is mutató jelzőtáblával jelölik, és három alapelv közös a találkozóterület fogalmában a különböző európai országokban:

- elsőbbséget élveznek a gyalogosok, és nem kell járdán mozogniuk, ha van ilyen, szabadon keresztezhetik az utcát;

- minden jármű sebessége 20 km/h-ra korlátozódik;
- alapértelmezett jobbkézsabály elsőbbségi rend kereszteződéseknél

Az ilyen módon definiált „vegyes övezet” megfeleltethető a „Lakó-pihenő övezet” azzal a különbséggel, hogy a „vegyes övezet” tipikusan sűrűn lakott belvárosi, és intézményi területeket is kijelölhető, ösztönözve ezzel a békésebb közlekedést a belvárosokban. *A tervezési paraméterek összevetéséről, a vonatkozó közlekedési szabályokról, hatáselemzésről egy külön tanulmányban adok összefoglalót.*

### 2.3 Friss európai trendek

Jól mutatja az alábbi felsorolás, hogy a Európa egyre inkább a közlekedés „megszelídítése” felé fordul, ez a trend a COVID járvány időszakában erősödött. Sorra jelentették be a városok, hogy a helyben lakók védelme érdekében, és az aktív közlekedés támogatás érdekében csillapított zónákat vezetnek be, illetve bővítik azok területét. 2021 nyarán sorra jelentették be a városok, hogy „bevezetik a 30-at” és a magyar sajtóban is heves viták indultak a témában.

*In diesen europäischen Großstädten gilt Tempo 30 (30.08.2021)*

[https://www.businessstraveller.de/mobil/auto/in-diesen-europaeischen-grossstaedten-gilt-tempo-30/;](https://www.businessstraveller.de/mobil/auto/in-diesen-europaeischen-grossstaedten-gilt-tempo-30/)

*Forgalomcsillapítás vita - hírek, cikkek az Indexen 2020. május és augusztus között*

<https://index.hu/24ora/?cimke=forgalomcsillapitas+vita>

Az alábbiakban önkormányzati közlemények, sajtóhírek és szakpolitikai dokumentumok alapján tekintem át néhány környező országban zajló sebességcsillapítási törekvéseket.

- Brüsszelben 2018 óta az egész városra kiterjedő 30-as korlátozás célja, hogy életet mentsenek meg az utakon, kamerával ellenőrzik a sebességet, és bírságokat is kiszabnak. A bírságokból származó bevételeket a Regionális Közlekedésbiztonsági Alapba fizetik be, és a tudatosság növelésére, az infrastruktúra minden felhasználó számára biztonságosabbá tételére, valamint sebességszabályozó berendezések vásárlására fordítják.
- Spanyolországban 2021-óta a közlekedési rendelet szerint a belterületi irányonként egysávos utakon 30 km/h a megengedett legnagyobb sebesség.
- Ausztriában jó néhány városban ugyanaz a modell, mint Graz-ban. Az osztrák közlekedési törvénykönyvben külön bekezdés vonatkozik a 30 km/h-ra az egész település területén való alkalmazásáról. Általában minden főút 50 km/h-s marad. Bizonyos esetekben a főutak is 30 km/h szabályozás alá esnek néhány speciális szakaszon, pl. iskolák előtt, a városközpontban (főtér) stb. A legtöbb esetben az utak kiépítettsége is ezt tükrözi. Ausztriában a Spanyolországhoz hasonló általános kötelezővé tételről jelenleg politikai tárgyalások folynak.
- Svájcban is folyamatban vannak a tárgyalások 30 km/h-s korlátozásról főutakon.
- Az általános, minden belterületre vonatkozó bevezetésről Németországban 2020-21-ben heves szakmai és politikai viták zajlottak. Németországban néhány város szeretné a sebességkorlátozást általánosan bevezetni. A német közlekedési minisztérium azonban bírálta a 30 km/órás általános sebességkorlátozást, mivel úgy vélik, nem csökkentené az utak zsúfoltságát, ezért inkább intelligens és jobb forgalomirányító rendszerekre van szükség. Németországban Szövetségi szinten egyelőre nincs általánosan kötelező szabály erre, ugyanakkor a városok a helyi utakról maguk dönthetnek. - Németországban egyelőre nem vezet be a kötelező 30 km/h korlátozást, feltehetően azért, mert tudják, hogy nem tudják vagy nem akarják betartatni, ezzel szemben a déli országok bevezetik és nem is nagyon akarják ellenőrizni, de bíznak a hosszabb távú jó hatásban.
- Olaszországban a Citta30 mozgalom eredményeképpen 2021 óta adottak a törvényi keretek az általános városi sebességcsillapításhoz. Milano, Bologna és Parma azonnal megtette a szükséges lépéseket a városi közlekedés moderálása érdekében, nem csak táblázással, hanem a kisléptékű épített beavatkozásokkal is.

### 2.4 Ellenőrző mérések és kutatások

Néhány olyan kutatási anyag és ellenőrző mérés adatait idézem, amit maguk a városok végeztek a beavatkozások alátámasztása vagy korrekciója érdekében.

**Átlag sebesség mérések:** Belgiumban 2018 óta számos város ösztönzi a 30 km/h maximális sebességet. Kutatások azt mutatják, hogy a 30-as általános korlátozásnak nincs jelentős hatása az autózással töltött időre. Konkrét útvonal bejárásokkal és sebesség rögzítéssel bemutatták, városi környezetben, ahol sűrűek a jelzőlámpák vagy kereszteződések, az 50 km/h maximális sebességre való felgyorsítás nem igazán jelent időbeli nyereséget. A kiválasztott 2-5 km-es útvonalakon mindkét esetben (30 és 50 km/h-ra való felgyorsítás majd lassítás) esetén 30 km/h alatt maradt az átlagsebesség (13-28 km/h) és az időnyerség kilométerenként 24-50 mp volt. Ehhez megerősített rendőri jelenlét és radarok telepítése társul. Mint minden más közlekedési szabálysértés esetén, a rendőrség feljelentést tehet a 30 km/h-s korlátozás be nem tartása miatt. Mindezekről az régiós önkormányzat információs portálja ad tájékoztatást: <https://www.1030.be/fr/zone-30-faq#2>

**Sebesség és zaj-, légszennyezés mérése** Berlinben [6] [7]: Berlin városában több ismételt vizsgálatot végeztek 2016 – 2021 közötti időből. A berlini főútvonalakon bevezetett 30 km/h sebességkorlátozás kiértékelésének főbb megállapításai az értékelő-jelentésben találhatóak.

- Öt kiválasztott útszakasz részletes vizsgálatával mutatták be hogyan befolyásolja a városi forgalmat és a levegőminőséget a Tempo30 sebességkorlátozás bevezetése. Berlin főúthálózatának egy részén éjszaka (22:00 és 6:00 óra között) 30 km/h-ra korlátozták a megengedett legnagyobb sebességet. Cél többek között zajszennyezés elleni küzdelem volt. A mérések a környezettől függően 1,2-3 dB-es csökkenést mutatnak. Elemezték a 30 km/h sebességkorlátozás hatásait a berlini főutakra. A cél a működőképesség részletesebb vizsgálata és megfelelő keretfeltételek bemutatása volt a 30 km/h sebességkorlátozás bevezetéséhez a főutakon.
- A főutakon a 30 km/h sebességkorlátozás éves átlagban akár 4 µg/m<sup>3</sup> NO<sub>2</sub>-szennyezés javulásához is hozzájárulhat
- A 30 km/h sebességkorlátozás következtében nem helyeződött át jelentős mértékben a forgalom más utakra. Az alacsonyabb sebesség körülbelül 60-90 másodperccel növelte a tömegközlekedés (buszforgalom) utazási idejét az útvonalakon
- A tanulmány azt is kimutatta, hogy a 30 km/órás sebességkorlátozás hatékony eszköz a fenntartható közlekedés kialakításában.
- A jelentésből többek között kiderül, hogy a sebességkorlátozások bevezetése után a vizsgált esetek mintegy 80 százalékában statisztikailag szignifikánsan csökkent az átlagsebesség, még kísérő építési intézkedések vagy sebességmérő kamerák nélkül is.
- Ezenkívül a német Szövetségi Környezetvédelmi Ügynökség tanulmányt készített a 30 km/h sebességkorlátozás további hatásairól a főutakra, például a forgalom minőségére és a lakosság szubjektív megítélésére.
- Hannoverben azt találták, hogy a 30 km/órának nincs pozitív vagy negatív hatása a közlekedési balesetek számára. Megállapították viszont, hogy a sebességkorlátozott területeken megnőtt a kerékpárosok és a gyalogosok száma, és többet használták a tömegközlekedést is. Ez viszont hatással van a levegőre, és csökkent a zajszennyezés is.

További ismeretterjesztő jellegű összefoglaló a HVG 2023 februári számában jelent meg „*Európában sehol sem bánták meg, hogy levették 30-ra a tempót*” címmel, ahol Graz, Helsinki, Brüsszel, Zürich, Glasgow, Németország és Olaszország törekvéseit mutatják be a számszerűsíthető eredményekkel és a fogadtatással együtt.

### 3. Európai törekvések

Néhány kiválasztott közepes méretű európai város példáját mutatom be, ahol az elmúlt tíz évben jelentős törekvések zajlottak a lakóterületek forgalomcsillapítása és az élhetőbb, biztonságosabb utcák kialakítása érdekében. (A helyzet jobb megértését segítették számomra a helyszínbemjárásaim és megvalósításban részt vevő politikai és szakmai szereplőkkel, illetve aktív civilekkel folytatott interjúim, szakmai beszélgetéseim. Tematikus fotóalbum itt érhető el: <https://tinyurl.com/9ax8f8b3>)

Az egyes városok esetében bemutatom az eredeti célkitűzéseket, a döntési és a megvalósítási folyamatot és annak ütemezését, valamint a társadalmifogadtatást, és a kapcsoló tudományos kutatásokat. A legfrissebb vívmányokat ismertetem, és kiemelem a tanulságos és követendő példának tekinthető momentumokat.

Aktuális trendeknek tekinthetők a következő típusú behajtási korlátozások:

- Tempo 30 korlátozás (általános vagy utcánkénti vagy zónánkénti terjeszkedéssel)
- Shared-space (közösen használt terek) (általában 20km/h-s vegyes forgalmú belvárosi tér/utca)
- Korlátozott behajtási, védett övezetek, belvárosi zónák.

A példaként vizsgált városok 250-350 ezer lakosszámúak, 2000-4000 fő/km<sup>2</sup> teljes területi laksűrűséggel, ami nagyságrendileg megegyezik a szétterült Budapesttel átlagban. A sűrűn lakott belvárosban ez 15-25 ezer fő/km<sup>2</sup> is lehet. Részletes összehasonlító vizsgálathoz a különböző városok hasonló sűrűségű szektorait érdemes összevetni. Ugyanakkor az, hogy a lakóutcák biztonságot nyújtsanak az ottlakóknak az kis- és nagyvárosban, kertvárosban és városközponti területen is fontos. A sűrűn lakott részekben az utak és utcák „köztéri”, „találkozó hely” funkciója erősebb, alacsonyabb beépítés esetén a „kapcsolati” funkció válik erősebbé, miközben a lakóutcákat éppen az átmenő forgalomtól szükséges megvédeni. Az utak hálózati besorolását és berendezését ennek fényében érdemes felülvizsgálni. A forgalmirend és utcahálózat újragondolásakor éppen ezért a laksűrűséget és a funkciókat is vizsgálni szükséges.

### 3.1 Graz, Ausztria (1992-2011)

Első példaként Grazot hozom, mivel itt van a legrégebb óta érvényben az egész városra kiterjedő szelíd sebességszabályozás, és ebből adódóan teljes ennek elfogadottsága és 30 év tapasztalata leszűrhető. Egyébként Graz következetes környezetvédelmi és fenntarthatósági politikát folytat. A Local Agenda 21 fenntarthatósági program elfogadásával Graz 1995-ben kijelentette, hogy egy Ökostadt (ökováros), célokat tűzve ki 2000-re a légszennyezés csökkentésére, zaj- és vízszennyezés, hulladék, forgalom csökkentésére, az energiafelhasználás csökkentésére és zöld területek megőrzésére. „Green Tech Valley” hálózatban Stájerországban több mint 150 zöldtechnológiai vállalat vesz részt.

Grazban 1992-ben vezették be a 30 km/órás általános sebességkorlátozást. Ez az úgynevezett másodlagos utcahálózatához tartozó összes utcát érinti, ami azt jelenti, hogy az utcák 80 százalékában, mintegy 800 kilométernyi úton kell ezt a szabályt alkalmazni.

Az önkormányzat a változtatás legnagyobb előnyének a jobb közlekedésbiztonságot tekinti, már az első két év után 25 százalékkal csökkent a közlekedési balesetek száma. A modellt városi szinten valósították meg, így olcsóbb volt, mintha egyedi intézkedéseket vezettek volna be. Az önkormányzat közlése szerint így könnyen érthető volt a grazi polgárok számára. A sebességkorlátozás bevezetését kommunikációs intézkedések és számos felmérés kísérte. A kezdeti bizonytalanságok után a többség manapság a 30 km/órás felső határt támogatja. A bírálók egy része attól tartott, hogy torlódások lesznek, ez azonban nem következett be – minderről mérések is tanúskodnak. Grazban az elmúlt 30 év tapasztalatai alapján nem volt hátránya ennek az intézkedésnek, az előnyök között nem csak a balesetek számának csökkenését tartják számon, hanem azt is, hogy a lassabb autók kevésbé szennyezik a levegőt.

Graz teljes úthálózata 1056 km, ebből 76% esik a 30km/h szabályozás alá, és 23% 50km/h. A dedikált kerékpáros útvonalhálózat már 2009-ben is elérte a 10%-ot. 1995-ben az önkormányzat megrendelésére készült vizsgálat „Tempo 30/50 in Graz” témakörben: A közúti forgalmi magatartás, a közlekedés és az útvonalválasztás, a szennyezőanyag-kibocsátás, az üzemanyag-fogyasztás és a közlekedési zaj területeire vonatkozó kísérő tudományos tanulmány eredményei. [5] [8]

**Tanulságok:** Graz város folyamatosan végzett vizsgálatokat és tett további kisebb beavatkozásokat, ez alapján az alábbi tanulságokat fogalmazták meg:

- Két évvel a bevezetés után a teljes úthálózatot tekintve mind a balesetek (12%), mind a súlyos sérültek száma (körülbelül 20%) jelentősen csökkent;
- A tesztidőszak során az átlagsebesség csak kis mértékben csökkent, mégpedig 37,1 km/h-ról 36,6 km/h-ra. Ezzel szemben különösen a végsebességek csökkentek, a sebességek eloszlása pedig homogénebb forgalmi áramlást mutatott.
- A későbbi sebességjelzőkkel további 5 km/h-s csökkenést sikerült elérni az átlagsebességben, és 20%-os csökkenést a végsebességben. A 30 km/h végleges bevezetése utáni években az átlagsebesség tovább csökkenésével hosszú távú hatás vált nyilvánvalóvá.
- Megállapítható volt, hogy a közlekedők nagyobb figyelmet fordítanak egymásra a 30 km/h sebességkorlátozású utakon.
- Az utóvizsgálat kimutatta, hogy a zajszint 2,5 dB-lel csökkent a 30 km/h sebesség korlátozású utakon;

- A tesztidőszak után Graz városa arra a következtetésre jutott: „A közkapcsolati munka és a monitorozás lényeges része a beavatkozásnak és folytatni kell azt.”
- A 30km/szabályozás elfogadottsága a kezdeti 44%-hoz képest, a kétéves tesztidőszak végén 1994-ben 77% volt, 2001-ben pedig 80%-os elfogadottságot mértek.
- A 30 km/h sebességkorlátozó úthálózat nitrogén-oxid (NOx) kibocsátása jelentősen, negyedével csökkent. (-24%)
- A légszennyezés kapcsán VCÖ 2015-ben kimutatta 10 éves visszatekintéssel az egész város területén enyhe, 2% NOx-csökkenés volt tapasztalható.
- AZ ELTIS 2010-es beszámolója szerint tapasztalható, hogy a 30 km/h-s utak lényegesen biztonságosabbak, mint az 50 km/h-s utak: a 30 km/h-s utak az úthálózat 80%-át teszik ki, és a balesetek 20 % történik rajtuk. A balesetek többsége, 80%-a, az utak fennmaradó ötödén, 50 km/órás sebességgel történik.

#### **Az összehasonlító elemzések módszerei a következők voltak:**

- A közlekedési magatartást 3 fő csomópontban videóelemzéssel vizsgálták a beavatkozás előtt és után.
- Az egész város baleseti adatait a közlekedésbiztonsági tanács a beavatkozás előtti 2 évre és utána 2 évre vonatkozóan részletesen elemezte.
- A zajszintet 8 helyszínen vizsgálták az éves átlagok összehasonlításával.
- Levegőminőséget és üzemanyag-fogyasztást 170 tesztvizsgálattal ellenőrizték (röviddel a 30 km/h bevezetése előtt és egy évvel azután) a város jellemző szakaszain.
- Az elfogadottságát pedig ismételt telefonos interjúkkal mérték fel.

#### **Továbblépés**

Ausztriában azóta Graz példája alapján törvény szerint van lehetőség települési szintű sebesség korlátozásra külön döntés alapján. A tervezői tapasztalat szerint ez lényegesen egyszerűbb jogilag és a megvalósítás szempontjából is. Ebben az esetben általánosan minden utcára érvényes a 30 km/h, és általában főutakon külön enyhébbé teszik az 50 km/h-t. Néha a főutakon is 30 km/h van érvényben bizonyos speciális szakaszokon pl. iskolák előtt, a városközpontban (főtéren) stb.

Grazban a Sonnenfelsplatz 2011-ben volt az egyik első „közös tér” / „shared space” projekt Ausztriában. A „Begegnungszone” törvényi bevezetése után azonnal kijelöltek Grazban egy „20 km/h-ás találkozási zónát”.

### **3.2 Gent, Belgium (2017)**

Gentet abból a szempontból hozom példának, hogy egy komplex belvárosi forgalomcsillapító intézkedést milyen következetességgel, előkészítéssel és kitartó kommunikációval sikerült megvalósítani, melynek Filip Watteeuw alpolgármester volt a megálmodója és menedzsere. A forgalmi rend átalakításáról, hatásairól részletes tudományos vizsgálat is készült.

Gent Kelet-Flandria tartomány legnagyobb városa és központja, kikötője és egyeteme révén ismert, észak Firenzéjékként is emlegetik. A 260 ezer lakosú Gent belvárosa már a kilencvenes évek vége óta Tempo30 szabályozás alá esett, és 1997-ben Európa legnagyobb gyalogoszónájaként tartották számon.

Az alpolgármester szakmáját tekintve várostervező, 2009 óta a flamand parlament zöld párti képviselője, és víziója a saját tulajdonú autóhasználat visszaszorítása, kevesebb parkolóhely és több zöldövezet létrehozása volt, és ezt az elképzelését három év alatt valóra váltotta. A cél a belváros tehermentesítése volt a folyamatos forgalomtól, az elérhetőség javításával együtt. Az „forgalomáramlási” terv lényege, hogy 6 szektorra osztották a belvárost, és azok nem átjárhatóak többé gépjárművel, a buszok, és a taxik, számára továbbra is átjárható marad.

#### **A bevezetés folyamata, és kommunikációja:**

Több éves előkészítés, minden érdekcsoporttal konzultáció, előzetes tájékoztatás. Alpolgármester személyesen győzte meg az érdekcsoportokat, és részletesen megmutatta a várható hatásokat, éjjel-nappal elérhető volt és konzultált a javaslatról. Utána egyik napról a másikra valósult meg, 2017. április 3-án vezették be egyszerre a hat zónában.

Gent városának internetes portálja a projekt kezdetétől kezdve pontos információkat szolgáltat mindenféle használó számára, hogy milyen változások léptek életbe és ki hogyan juthat el az úticéljához. A forgalmi rend változásáról teljeskörű információ érhető el itt.

*Principles of the Circulation Plan:* <https://stad.gent/en/mobility-ghent/circulation-plan/principles-circulation-plan>

### Hogyan működik?

Egyértelmű szabályokkal, világos kommunikációval és szigorú ellenőrzéssel tartatják be a forgalmi rendet. A gyalogoszónába 11-18h között tilos behajtani, a szabály megszegése esetén 55 euró a bírság az autó, motor, kerékpár számára is.

A helyben lakók számára behajtási engedélyeket adnak ki és azokat rendszám alapján ellenőrzik, különböző kategóriák szerint: lakó, lakó vendége, egészségügyi jármű hajthat be (adott napi vagy állandó engedéllyel) Az áruszállítás (zónánként eltérő időszak megengedett: este 18 és reggel 11 óra között, vagy reggel 5 és este 19 óra között) Ezzel együtt egy szigorú behajtási korlátozás van érvényben a legszennyezőbb gépjárművek számára, a „low-emission zona” területén a kiskörúton belül regisztrálni kell rendszám alapján és napi behajtási engedélyt lehet vásárolni. Az átmenő forgalom teljes kizárása volt a cél, így számos utca az ott lakók által berendezett köztérre válhatott.

### Hatáselemzés és utánpótlás

A drasztikus beavatkozás szakmai utánpótlása is megvalósult. A város megbízásából az Transport & Mobility Leuven [9] kutatóintézet készített hatáselemzést 2020-ban a 2017-es bevezetés óta eltelt három év tapasztalatairól. Készült vizsgálat az első hat hónap után majd a második és a harmadik év végén. A 200 oldalas kutatási jelentés vizsgálta a várost és a régiót is, a kordon forgalmat, a parkolóhelyek kihasználtságától a kerékpározási szokásokig komplexen nézve a közlekedést.

A kutatás alapján állítható, hogy a terv elérte céljait. Tisztán látnak elmozdulást a fenntarthatóbb közlekedési módok felé; a város differenciált fejlesztése, a hozzáférhetőség és a közlekedés elérhetőségének javulása által. Megállapítások:

- Néhány beazonosított terület korrekciót igényel, alapos nyomon követéssel.
- Továbbra is tájékoztatni kell Gent lakosait és az ingázókat a forgalmi rendről, és megfelelő jelzéssel és interaktív kommunikációval, optimalizálni kell az alternatívaként használandó egyéb közlekedési módok lehetőségeit
- A tanulmány 60 százalékkal több kerékpárost számolt a városközpontban.
- Átlagosan 17 százalékkal kisebb autóforgalmat számolnak a reggeli és esti csúcsforgalomban
- A nitrogén-dioxid koncentrációja átlagosan csaknem ötödével csökkent. (-18%)

Öt évvel a bevezetés után a De Morgen (JORN LELONG 4 april 2022) helyi lap úgy számol be róla, hogy a genti rosszindulatúnak nevezett forgalomrend változás után egy mintaszerű hivatkozási alappá vált. Még azelőtt, hogy a genti utcahálózaton megtörténtek volna az első „vágások”, a genti lakosok az utcára vonultak, gyűlöletüzeneteket, sőt halálos fenyegetéseket is küldtek Filip Watteeuw-nek. Az eredeti tervet ambiciózusnak és ellentmondásosnak ítélték. Mára a genti forgalmi terv körüli vihar alábbhagyni látszik. Ellenzői agresszívnak és demagógnak tartják a politikáját, de 2019-ben újraválasztották, 2024-ig szól a mandátuma.

Helyi lakos beszámolója: „Előre konzultált róla a város, és az emberek felkészültek, voltak akik megzavarodtak kicsit, 3-4 hónap múlva azonban megszokta mindenki. Ha vidékről jön valaki a városba, a város szélén kényelmesen le tud parkolni, és gyorsan eljut a városközpontba villamossal. A behajtási engedélyeket nagyon szigorúan ellenőrzik, ezért sokan már megváltoztatták a közlekedési szokásaikat. Alapvetően a belvárosban nagyon kellemes kerékpározni és gyalogolni, és kevesen jönnek be autóval.” Lisa Van den Berghe (Gent helyi lakos)

### 3.3 Bologna (2012; 2023)

Az „életminőségi index 2022” alapján, Bologna a legjobb lakóhely Olaszországban. Az „Il Sole 24 Ore Quality of life index” 2022-es listáján ötödik alkalommal került Bologna az első helyre az életminőség 90 faktoros értékelése alapján. Ugyanezen a listán Milánó a nyolcadik helyen szerepel. Bologna történelmi egyetemváros, így lakossága fiatal, mivel egy negyedrészt egyetemi polgár, az átlagéletkor

46 év. A város dinamizmusa magával ragadó, ezért 2016 után 2022-ben visszatértem megtapasztalni a várost kerékpárral. Simona Larghetti régiós alpolgármester, aki a helyi kerékpárosmozgalom részese volt fiatal korától kezdve, elmondása szerint 2013 óta tervezik és álmodják a „citta30” megvalósítását Bolognában. Jelenleg Olaszország – méterről méterre halad az 30-as szabály felé.

**Zona a traffico limitato:** Olaszországban 1989 óta van érvényben korlátozott behajtási övezet fogalma, ami főleg a történelmi belvárosokat védi a gépjárműforgalomtól, az amúgy is szűk utcákban 30 km/h a megengedett sebesség és csak a célforgalom hajthat be, ehhez kapcsolódhatnak különféle időszak határok, és külön engedélyek. Bologna belső része már régóta ilyen fajta védett övezet. Az ellenőrzés foka változó (várospolitikai színezettől függően).

**TDays program** 2012. május 12-én indult Bolognában, a belváros két legfontosabb tradicionális fő utcájának közösségi térré alakításával, ahol a négy sávós út árkádsorral teljesen sétáló utcává vált, bevásárló utcává, a korzózás és az utcazene színterévé. Eleinte aggodalmakkal telt időszak volt, mostanra TDays most már megváltoztathatatlan Bolognában. Minden hétvégén megtelnek az utcák, sokezren gyalognak és kerékpároznak a gyalogos belvárosban, és az üzlettulajdonosok is lelkesednek. A bárók és kocsmák asztalokat és székeket tehetnek az utca közepére, és több vásárlót szerezhetnek. Kezdetben tiltakoztak, hogy csökkeni fog a forgalmuk, de a hatóságok kérésére sem adtak soha vendérforgalmi és bevételi adatokat – meséli Marco Amadori a helyi közösségi közlekedés üzemeltető vállalatától. Erre az időszakra alternatív buszjáratokat indítanak.

A **Citta30** mozgalmat olasz városok szövetsége indította el, kérve azt a törvényi szabályozást, hogy az egész település általánosan lehessen 30km/h-ra csillapítani. Egy közös kiáltványban fogalmazták meg, hogy közösen tenni kívánják a közúti erőszak ellen, és a biztonságosabb és élhetőbb utcáért. 2021-től van lehetőség az önkormányzatok számára, hogy legalább a városi területeken a mellékút úthálózaton egységesen bevezessék a 30 km/h legnagyobb megengedett sebességet. Az olasz városok fokozatosan meg is teszik a lépéseket, és sorra döntenek városi szintű általános szabályozás mellett.

Bologna Városának Önkormányzat a „Mobilità Sostenibile e Infrastrutture” osztálya készítette elő a programot, melyet 2022 novemberében határozattal fogadott el az önkormányzat. A 2030-ra kitűzött klímavédelmi és fenntarthatóság célok megvalósítása érdekében tervezik bevezetni az egész városra vonatkozó 30 km/h sebességhatárt. Az intézkedés összesen 14 millió euró értékben tartalmaz a gyaloglás, a kerékpározás feltételeit javító és balesetmegelőzési intézkedéseket.

Jelenleg a társadalmi egyeztetés, és szakmai konzultációk folynak, a 2023-as MobilitARS konferencia fő témája ez volt. A várható menetidő növekedés miatt a busztársaságnak újra kell terveznie a menetrendeket, amit végre is fognak hajtani. A bevezetés valószínűleg 2024-re tolódik, a teljes folyamat „learning by doing jellegű”, de nagyon erős és kreatív szakmai csapat támogatja.

**Kommunikáció:** A városkommunikációban a "Bologna Città 30" egy brandként jelenik meg: <https://bologna30.it/> A Citta30 bevezetésének négy összetevőjével egyaránt foglalkozik az önkormányzat: Szabályozás; Ellenőrzés; Terek áttervezése; Társadalmi bevonás

1. „A Zona30 rendszert utcánként és zónánként diffúz módon lehet megvalósítani, ezzel szemben a Citta30 koncepcióval egyszerűbben és átfogóan vezethető be a biztonságosabb sebesség szint. Ebben az esetben a 30 az általános és az 50 a kivétel, így a koncepció szerint az városi úthálózat 80-90%-án 30 km/h lesz a megengedett legnagyobb sebesség, és elektronikus ellenőrzést is alkalmaznak.”
2. „Az utca mindenkié” szlogennel 2023-ben egész tavasszal megy a kampány Bolognában, és közben szakmai konferenciát, és nyilvános konzultációkat is tartanak.
3. „Az autók helyett az embereknek adjuk át a teret a városban”

Előzetes sebességelemzés

A Citta30 bevezetése kapcsán 2023-ban publikált a bolognai műszaki egyetem kutatócsoportja egy átfogó vizsgálatot. [10] Az úthasználók viselkedése a „30 km/h zónákban”. A bolognai esettanulmány címmel, mely feldolgozza az eddig tapasztalatokat. A bolognai önkormányzattal szoros együttműködésben a tanulmány lehetővé tette a sebesség és a közlekedés típusának nyomon követését egy kiválasztott körön belül meghatározott pontokon. A vizsgálatban rámutatnak, hogy

- A túlzott járműsebesség a városi területeken a gyalogosok, kerékpárosok és motorkerékpárosok közúti baleseteinek egyik fő oka, akiket „kiszolgáltatott úthasználóknak” neveznek. Egy

lehetséges hasznos stratégia e probléma leküzdésére, mind a sebesség csökkentésére, mind a veszélyeztetett úthasználók védelmére, a „30 km/h zónák” bevezetése.

- A bolognai önkormányzattal szoros együttműködésben a tanulmány lehetővé tette a sebesség és a közlekedés típusának nyomon követését egy kiválasztott körön belül meghatározott pontokon. Az összegyűjtött adatok azt mutatták, hogy bár a kiválasztott zónák többségében 30 km/h alatti a sebesség, a nagyobb forgalommal rendelkező területeken a járművezetők túllépik a megengedett határértéket.
- A vizsgálatban hat konkrét útszakaszon, eltérő úttípusokon a buszok, a gépjárművek és a motorok sebességét mérték radarokkal és megfigyelték a konfliktusokat. Négy teljes napi adatsort elemeztek a 30 km/h-s szabályozású utcákban. A vizsgálat kimutatta a középsebességet és az eltéréseket is. A vizsgálatban két kisebb utca szerepelt a belső védett zónában, ahol 17-18 km/h átlagsebességet mértek. A középső városi zónában lévő nagyobb utak esetén 30-42 km/h között adódtak az átlagsebességek, de előfordul 53-63 km/h mért sebesség is.
- A sérülékeny közlekedők védelmében a gyalogátkelők előtti tovább küszöböket/ párnákat javasoltak, és javasolják a jelzőtáblákon kívül a burkolatjelek pl. piros sávok alkalmazását, hogy a járművezetők jobban felismerjék milyen zónába léptek be.
- Bolognában egyébként egy Városi Innovációs Alapítvány támogatja a városi átalakulások kutatását, fejlesztéseket és együttműködésekben vesz részt, a városkommunikációjának multidiszciplináris központjaként nevezi meg magát a város jövőbeli képzeletének építése szolgálatában. Egyfajta tanácsadó testületként szolgál az önkormányzat számára, és kb 50 állandó munkatárs működik közre a köztérfejlesztési, közösségfejlesztési, kulturális, kommunikációs, grafikai csoportokban. Az alapítvány vezető szerepet játszik a közigazgatás, az egyetemek, a vállalkozások, a harmadik szektor és a polgárok közötti kapcsolatokban. (<https://fondazioneinnovazioneurbana.it/>)

### 3.4 Francia városok (2015-2022)

Francia példákat mutatok be a sebesség csökkentésre, iskola utcákra és vegyes övezetekre.

Lille önkormányzati információs portálja szerint (<https://www.lille.fr/Lille-a-velo/La-Ville-agit/Lille-Ville-a-30km-h-fete-ses-trois-ans!>) a 2016-ban bevezetett önkormányzati közlekedési tervvel összhangban, amely már jelentősen csökkentette a forgalmat, és a tranzitforgalom elterelésével hozzájárult a városközpont megnyugtatásához, Lille városa 2019 augusztusa óta bevezette az általános 30 km/h-ra sebességkorlátozást. Három évvel az intézkedés hatálybalépése után, a Lille-ben az utcák 88%-a esik a 30-as zónába, ami a 2019-es érték kétszerese. A fő sugárutak és körutak nem tartoznak bele. Több mint 350 útjelző táblát helyeztek el és 200-at helyeztek át. A környéken 90-ről 70-re csökkentették a megengedett legnagyobb sebességet. Ezzel együtt a "Iskolai utcák" programban a gyermekek biztonságának növelése és az iskolák környezetének megnyugtatása érdekében azokat az utcákat, ahol egy vagy több iskola található, időszakosan lezárják a gépjárműforgalom elől az iskolai be- és kilépési időpontokban, elősegítve a gyalogos és kerékpáros, rolleres diákok mobilitását. Ma 15 iskolai utca van, amely lehetővé teszi, hogy a város 21 iskolájának környezete biztonságos legyen a tanulók számára.

Sebastien Tokodi-Toro (közlekedési tanácsadó) úgy emlékszik vissza Lille beli munkájára, hogy „Franciaországban nem olyan erős a szabályozás, van egy keretrendszer és ajánlások, de a városok külön-külön döntenek sebességcsökkentésről, szeretnek kísérletezni és a közlekedési minisztérium is támogatja, hogy tesztidőszak alatt korrigálják a kialakítást. Sajnos nem végeznek alapos hatáselemzést és kutatásokat.”

Franciaországban számos kis és nagyváros nagy területen vezette be a 30-as zónákat, az iskolai utcákat és vegyes, találkozási övezeteket („Zone de rencontre”). Többnyire a következő érveket teszik a lakosság elé a városkommunikációban:

- biztonságosabb város: csökken a balesetek kockázata – a féktávolság felére csökken az 50 km/h-s sebességhez képest, szélesebb látótér, jobb előrelátás;
- békésebb város a gépjárműforgalom által okozott zajszennyezés csökkentésével, a kevésbé szennyező környezetbarát mobilitás előmozdításával, a gyalogosok, kerékpárosok és helyi lakosok nagyobb nyugalalmát lehet biztosítani

- élhetőbb, kellemesebb város, alacsonyabb sebesség mellett könnyebb a járművezetők együttműködése

**Keretrendszer:** A francia EcoCity hálózatnak 30 nagyváros és agglomeráció a tagja, és 550 innovatív városi projekt valósult meg, a Lab'ÉcoCité új módszereket tesztel és a városok megosztják egymással a tapasztalataikat.

### 3.5 Spanyol városok (2021)

Az új spanyol szabályozást azért vizsgálok példaként, mert általánosan vezették be a 30 km/h korlátozást, de az érvényesítés egyelőre kismértékű. Spanyolországban 2020 novemberében egy új törvény előírta, hogy a lakott területen az irányonként egysávos utakon az általános sebességhatárt 50 km/h-ról 30 km/h-ra csökkentik. A spanyol kormány által javasolt, az általános közlekedési szabályok megváltoztatása az utcák „közös terének” használatában bekövetkezett fejlődés példája, ugyanakkor a közúti biztonság iránti érzékenységét mutatja. Az új általános szabály szerint:

- Irányonként két sávos utak: 50 km/h
- Csak egy irányú vagy irányonként egy sávos utcák: 30 km/h
- Utcák járda és úttest megkülönböztetés nélkül: 20 km/h

„A módosítás célja a településen belül a gyaloglás és kerékpározás térnyerése és biztonsága, a szmog és a zaj csökkentése” – nyilatkozta Bilbao polgármestere. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy csak a nagy sugárutak 50 km/h-sak, és a legtöbb utca 30 km/h-s. A sebességhatár kikényszerítése és betartatása egyelőre még kérdéses, nem ellenőrzik a sebességet, csak jelzőtáblák vannak kihelyezve erre vonatkozóan. Mindez Spanyolország általános törvénye, de minden város maga szabályozhatja az alacsonyabb maximális sebességet (nem magasabb). Az utak átépítés nem történt meg azonnal, de városok lépésről lépésre haladnak a barátságosabb kialakítású utcák felé.

A közzétételétől annak hatálybalépéséig hat hónap telt el, és ebben az időszakban tájékoztató kampányok folytak. Az új szabályozást követően a bilbao-i egyetem kutatása [11] átfogó képet ad a sebességszabályozás aktuális trendjéről és a baleseti helyzetről Spanyolországban, ahol a balesetek 50% a városokban történik.

Javaslatként fogalmazzák meg, hogy

- a gyalogátkelők célzott auditja szükséges,
- a sebességtúllépés büntetési díjtételeinek fokozatosságát módosítani kellene, 20 km/h-ként helyett kisebb büntetési lépcsők bevezetésével.
- Előnyként fogalmazzák meg azt, hogy két- vagy többsávos utakon az 50km/h sebességgel való haladás továbbra is átjárhatóvá teszi a várost. Ugyanakkor a törvényi szabályozás lehetőséget ad az önkormányzatnak kivételes esetben eltérni a sebességhatártól külön jelzőtáblával, így szándéktól függően elég vegyes kép alakulhat ki.
- Felhívják a figyelmet arra is, hogy a nagyméretű SUV járművek nagyobb veszély jelentenek a gyalogosokra; és hangsúlyozzák az oktatás szükségességét.
- A gyorsforgalmi veszélyeit bemutató tájékoztató kampányt is javasolnak a hathatós eredmény érdekében.

Sajtó beszámoló 2021. áprilisából: DGT:Cómo se aplica el 30 km/h en las ciudades (2021.04.13.) <https://revista.dgt.es/es/noticias/nacional/2021/04ABRIL/0413-Guia-Ciudades-30.shtml>

Figyelemre méltónak találom, hogy Spanyolországban erős ellenőrzések és kényszerintézkedések nélkül is bevezették a sebességszabályozást, abban bízva, hogy lassan, hosszabb idő alatt mégis csak javulni fog a közlekedési morál és az emberek jobban figyelnek egymásra.

## 4. Harminc a városban Magyarországon?

Mivel a helyi utak az egyes önkormányzatok kezelésében vannak, és a forgalmi rendet az önkormányzat határozza meg, Magyarországon nincsen országos statisztika arról, hogy hol és mekkora útszakaszon van csillapított sebesség érvényben. A települések egyelőre nem fogtak össze a 30 km/h általános bevezetése ügyében, kisebb léptékű kezdeményezések a lakóterületi zónák bővítésével zajlanak. A kertvárosi 30 km/h csillapított övezet a legelterjedtebb, de a fizikai kialakítás gyakran nem éri el a kívánt

hatást. Jelen törvényi szabályozás értelmében területi forgalomcsillapítás az egész településre is jelölhető (KRESZ 14. § (1) z/1. pont szerint, erre csak néhány példa van eddig.

Budapesten a jelenleg elérhető közadatok alapján adok egy helyzetképet. Budapesten az elmúlt öt évben (BRFK, BKK és Budapest Közút adatai alapján) 3982 gyalogos elütés 7%-a történt 30 km/h vagy annál alacsonyabb megengedett sebességű utcákban, 90% történt 40-50 km/h sebességű utakon, és 3-4% történt emelt sebességű útszakaszon. Budapesten a lakóterületek fele már ma is 30 km/h megengedett legnagyobb sebességű vagy lakó-pihenő övezetbe esik, ez a teljes úthálózat 43%-át teszi ki. Otthon a budapesti utakon – mindenkit hazavárunk! Közúti közlekedésbiztonsági stratégia a csillapított zónák megduplázását tervezi. [2] Hazánkban a Nemzeti Kerékpáros Stratégia [12] és az Otthon Budapesten - Közlekedésbiztonsági Stratégia [2] is javaslatot tesz közlekedésbiztonsági auditokra, sebesség csillapításra, sebességkülönbségek csökkentésére különösen a településeket átszelő főutakon, átmenőforgalom csillapítására, lassítására. Az intézkedés minden közlekedő érdekét szolgálja azzal, hogy minden szereplő számára biztonságosabbá teszi a közlekedést. Friss példaként Budapest VI. kerülete 2022 nyarán jelentette be, és 2023 májusára nagyrészt meg is valósította a Terézváros 2030 közterület-megújítási program keretében a Tempo 30 övezetek kiterjesztését. Terézváros: Élesedtek a 30-as zónák (2023.05.26) <https://terezvaros.hu/hirek/elesedtek-a-30-as-zonak> Az alábbi táblázat egy pillanatképként a budapesti utakon megengedett sebességszintek arányát mutatja 2023 júniusában.

1. táblázat: Budapest útjain megengedett legnagyobb sebesség a Budapest Közút 2023. júniusi adatszolgáltatása alapján

Budapest útjain megengedett legnagyobb sebesség a Budapest Közút 2023. júniusi adatszolgáltatása alapján			
Sebesség kategóriák	kilométer összesítés	arányok	Összevont arányok
5-10 km/h	4,6 km	0,1%	43%
20 km/h, lakó pihenő övezet	327,27 km	6%	
30 km/h, 30-as zóna	1825,3 km	36%	
40 km/h	59,76 km	1%	53%
50 km/h	2610,6 km	52%	
60 km/h +	214,26 km	4%	4%
<u>Összesen</u>	<u>5040,6 km</u>		

## Konklúzió

A városi sebességcsillapítással kapcsolatos legfrissebb külföldi esettanulmányok áttekintésénél a célkitűzésekre és azok következetes megvalósítására és az utánkövetés módjára fókuszáltam. A külföldi kutatási anyagok, szakpolitikai dokumentumok áttekintése és szakértői interjúk alapján az alábbi ajánlásokat teszem a magyar városok számára.

**Utca tervezése:** A gépjármű forgalom csillapítása által a közúti veszélyek csökkentése a gyaloglás és a kerékpározás feltételeinek jelentős javulását eredményezi, de annak kényelmét is fokozni szükséges az utca humanizálásával, az épített burkolat és az utcaberendezés megfelelő kialakításával. Az utcaberendezés és a forgalomszervezés legújabb innovációinak tapasztalatait a várostervezési, városüzemeltetési, közlekedési és tájépítész szakmák közösen kellene leszűrnie, és a szakmai ajánlásokat és a későbbi döntéseket ennek megfelelő integrált szemléletben kellene megalkotni. A pilot projektekből át kell lépni a stratégiák megvalósítása felé.

**Mérések:** A forgalomcsillapítási beavatkozásokhoz komplex előtte és utána vizsgálat javasolt 2 éves eltéréssel. Erre azért van szükség, hogy már beálljon az új forgalmi rend, megszokják az emberek, kialakulhassanak az újfajta köztérhasználati szokások. A bemutatott osztrák, olasz, és spanyol elemzések mintául szolgálhatnak. A valós használati szokásokat, a vendéglátás és kereskedelem kínálatát és ingatlanárak változását is hosszabb idő után érdemes újra vizsgálni.

**Adatok:** A részletes hatáselemzéshez többéves forgalmi és baleseti adatokra lenne szükség mikroszinten. Igazán értékes mutatószám lenne a forgalomra és lakosságra, úthosszra vetített fajlagos balesetszám és súlyosság. A településen belüli forgalmi adatgyűjtés hiánya és a helyadatokat hiányosan rögzítő baleseti statisztikák miatt, ez csak célzott lokális vizsgálatnál volna lehetséges. Az egyes városi

útvonalakon mért átlagos haladási sebesség is fontos indikátor lehetne a városi közlekedésről folytatott viták hitelesítéséhez.

**Kommunikáció és a rugalmasság:** A tesztidőszakok beiktatása és az előkészítő kommunikáció kulcsfontosságú a városi közlekedés átalakításának sikerességében, a közlekedési morál lassú megváltozása a veszélyek és az előnyök erőteljes és hiteles kommunikációjával érhető el. Széleskörű társadalmi párbeszéd szükséges az előnyökről, és az életminőség javulásáról ahhoz, hogy a támogatói csoportok megerősödjenek.

Egy bátrabb, és önkormányzati hatáskörben meghozható döntés lehetne a településeken belüli általános, az egész településre kiterjedő 30 km/h megengedett legnagyobb sebesség bevezetése azzal, hogy az országos I és II. rendű főutakon, illetve a kijelölt városi főutakon egyedi jelzéssel 50 km/h lenne megengedett sebesség. Ez a lehetőség ma is adott bármely magyar önkormányzat számára.

*Köszönetnyilvánítás: Jelen szakmai cikk a BME Urbanista Szakirányú továbbképzésen 2023 májusában készített szakdolgozatom kivonatos átdolgozása. Köszönöm a BKK Mobilitásfejlesztés szakterület kollégáinak a konzultációkat és az eszmei támogatást.*

## Irodalomjegyzék

- [1] Global status report on road safety 2018. Geneva: World Health Organization; 2018. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- [2] Otthon a budapesti utakon – mindenkit hazavárunk! Közúti közlekedésbiztonsági stratégia, BKK, 2023 <https://bkk.hu/magunkrol/strategia/kozlekedesbiztonsagi-strategia/> (Letöltés:2023.07.05.)
- [3] Wright, L. Car-Free Development. Eschborn: GTZ, 2005. [https://www.worldcarfree.net/resources/freesources/carfree\\_dev.pdf](https://www.worldcarfree.net/resources/freesources/carfree_dev.pdf) (Letöltés:2022.12.01)
- [4] Thalia Verkade & Marco te Brömmelstoet: Movement - how to take back our streets and Transform our lives, 2022
- [5] Pischinger R., Jammernegg G., Staska G., Sturm P., Sudy C; Sammer G., Fallast K., Hochkofler M., Wernsperger F.: Tempo 30/50 in Graz: Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleituntersuchung für die Bereiche Verkehrsverhalten im Straßenraum, Verkehrsmittel- und Routenwahl, Schadstoffemissionen, Treibstoffverbrauch und Verkehrslärm, Graz 1995
- [6] Wirkungen von Tempo 30 an Hauptverkehrsstraßen (Umweltbundesamt, LK Argus GmbH, 2016) [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2546/publikationen/wirkungen\\_von\\_tempo\\_30\\_an\\_hauptstrassen.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2546/publikationen/wirkungen_von_tempo_30_an_hauptstrassen.pdf) (Letöltés: 2023.05.18)
- [7] Untersuchung zur Wirkung von Tempo 30 auf den Verkehr und die Luftqualität Abschlussbericht (Senatsverwaltung Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, 2021) <https://www.berlin.de/sen/uvk/mobilitaet-und-verkehr/verkehrspolitik/tempobeschaenkungen/#Tempo> (Letöltés: 2023.05.18)
- [8] City of Graz: Gentle Mobility The Graz Model of Success; Graz 2010
- [9] Dirk Engel: Assessment of Gent’s traffic circulation plan (2020) Transpot&Mobility Leuven <https://www.tmleuven.be/en/project/circulatieplangent> (Letöltés: 2022.12.11)
- [10] Margherita Pazzini, Claudio Lantieri, Valeria Vignali, Giulio Dondi, Alice Giovannini, Andrea Mora: Road users’ behaviour in the "30 km/h zones". The case study of Bologna, Transportation Research Procedia, Volume 69, 2023, Pages 504-511, ISSN 2352-1465 <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.02.201>.
- [11] Hernán Gonzalo-Orden, Marta Rojo Arce, Alaitz Linares Unamunzaga, Nadia Aponte, Heriberto Pérez-Acebo: Why is necessary to reduce the speed in urban areas to 30 Km/h?, Transportation Research Procedia, Volume 58, 2021, Pages 209-216, ISSN 2352-1465, <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.11.029>.
- [12] Nemzeti Kerékpáros Stratégia 2030 Társadalmi (egyeztetési változat) Aktív- és Ökoturisztikai Fejlesztési Központ, 2023 <https://kormany.hu/dokumentumtar/nemzeti-kerekparos-strategia-2030> (Letöltés: 2023.04.15.)
- [13] Saját képgyűjtemény forgalomcsillapítási jó példák és tanulságok: <https://tinyurl.com/9ax8f8b3>

# How dangerous are the level road-railway crossings?

Marcell Ladich<sup>1</sup> – Dániel Miletics<sup>2</sup>

Széchenyi István University

<sup>1</sup>e-mail: ladichmarcell@gmail.com

<sup>2</sup>e-mail: mileticsd@sze.hu

**Abstract** Accidents at level road-railway crossings usually have a more serious outcome than accidents in case of at-grade road intersections. It can be explained mostly with the high weight and high speed of the railway vehicles. Because of the severity of the accident's outcome, level railway crossings deserve a lot of attention. At the same time, the absolute number of accidents and the relative accident rates are significantly lower in case of railway crossings compared to the road intersections, which is due, among other things, to the strict safety regulations of railway transport system. One of the aims of this study is to present the differences between the accident indicators of road intersections and railway crossings based on literature. In the paper, we present the differences between the indicators of railway crossings and road junctions based on our own accident and traffic database too. The paper examines further possibilities for improving the safety of railway crossings and discusses the possibilities regarding what methods can be used to identify the most dangerous railway crossings and what safety interventions can be implemented there.

*Keywords:* railway crossing, accident, traffic safety, vehicles, trains

## Introduction

Accidents in transport, including at railway crossings, have been the focus of public attention lately. The topicality of the chosen topic is also justified by the worsening accident statistics of recent years. Although the number of people who died in accidents was lower during the coronavirus epidemic in 2020, it has increased significantly to this day. In a strange way, most of the cases were registered at secured railway crossings, which were covered by the national press, and the MÁV also focused on the issue of safety, and in several campaigns and events drew attention to the observance of the KRESZ rules for railway crossings. Our goal is to explore the behavior of road users (drivers, cyclists and pedestrians), to answer the question of why accidents still occur at well-regulated and clearly regulated road-rail level crossings; furthermore, what are the circumstances, in the presence of which the probability of the occurrence of the accident is greater. The main content of the article is a comparative analysis of the accident indicators of road junctions and railway crossings. In this regard, in addition to the domestic accident overview, the literature review covers the description of accidents that occurred at railway crossings in some countries, as well as the presentation and textual statistical analysis of accidents that occurred on the public road networks belonging to them. After the comparative analysis, we formulate a conclusion regarding the accident investigations of road junctions and railway crossings.

## 1. Accident overview in 2022

Last year, a total of 211 accidents occurred on the lines of the Hungarian State Railways, resulting in 79 fatalities. [1] The reasons can clearly be traced back to human factors: breaking or ignoring the relevant rules of the KRESZ, staying in a prohibited place or jumping on or off a moving train. 90 accidents occurred at road-railway level crossings, in which a total of 34 people lost their lives. This figure is twice the figure for 2021. Among the victims, 19 were victims due to the driver's inattention and non-compliance with the rules of the traffic police.

The year 2022 is particularly significant in terms of accidents at railway crossings. [2] Among the cases claiming the most victims are the one in Tapolca on January 1st (4 victims), the one in Mindszent on April 5th (5 victims) and the accident on the border of Kunfehértó on September 5th (7 victims). The causes of all three cases can be traced back to human factors. The accidents in Tapolca and Mindszent were secured, while the accident in Kunfehértó was uninsured at a level crossing between a dirt road

and a railway. In 2022, the number of seriously injured was 39, 13 were slightly injured. And the number of material damage accidents is 52.

In addition to railway crossings, we must also mention public roads. According to the statistics of the Hungarian Automobile Club, the number of personal injury accidents increased from 2010 to 2018 (in 2010 there were 4,224 accidents, in 2018 there were 4,656 accidents), a decrease between 2019-2021, then an increase again in 2022, but in 2023 this started to decrease again. [3] Regarding fatal accidents, a high value was registered in 2010 (187 cases), this decreased until 2020. At that time, 106 cases were recorded, which were significantly affected by the coronavirus epidemic and the restrictive measures ordered as a result. however, from 2021 until now, 2023, the number of fatal road accidents began to rise again.

## 1.1 Literature review

### 1.1.1 Austria

In Austria between 15 and 25 people die in accidents at railway crossings every year. [6] According to the Austrian automobile club, ÖAMTC, accidents would be almost 100% avoidable if everyone followed the rules. It is a positive development that the number of accidents at level crossings has been decreasing for years. In 2021, 60 accidents were registered nationwide, and 66 in 2020. In 2010, the number of accidents was even higher: 103 cases were recorded at that time. In order to further reduce the occurrence of accidents, the Austrian Federal Railways (ÖBB) regularly checks railway crossings with the authorities and, where possible, closes them. According to the railway company, the closed crossing is the safest. In 2000, approx. There were 6,000 level crossings on the network, until now this number has been reduced to 3,035. An average of 25 crossings are charged per year. Most of the crossings, i.e. 1,585 level crossings, are equipped with a light barrier or a light barrier supplemented with a barrier.

369 people died in traffic accidents on Austrian public roads in 2022. [7] With the exception of 2020 and 2021, this is the lowest value since the records of the Austrian Ministry of the Interior began in 1950. In 2020, 344 and 362 people lost their lives in road traffic accidents in 2021. The overall improving trend is due to a number of measures: from traffic safety education to school traffic safety counseling to police traffic control. The 369 deaths in 2022 are one-eighth of the number of fatalities in 1972, as the latter year was the "black year": 2,948 people died on Austrian roads then. Broken down by road type, 34 people died on highways and motorways, which represents a 9.2% rate of all traffic accidents and a slight decrease of 3-8.1% compared to 2021. The majority of fatal accidents occurred on federal roads (Bundesstraßen) and state roads (Landesstraßen) and other roads.

### 1.1.2 Germany

Accidents at railway crossings are also in the press in Germany. On April 4, 2022, a tractor driver tried to cross an unsecured level crossing near Korbach in northern Hesse, but collided with a scheduled train. [8] A day before in Bürstadt, South Hesse, a pedestrian was run over by a train in an unbarred crossing; a few hours later, a visually impaired person and his guide dog died at a crossing equipped with a semi-barrier in Kriftel in Main-Taunus-Kreis after trying to cross despite a prohibition sign. This was not the first case in the latter crossing: a boy died in March, and a cyclist died ten years ago. Already then, the local government asked Deutsche Bahn to make the level crossing safer with a barrier closing the entire width of the road or by installing a sound signaling device indicating the lowering of the barrier bar, which has now been implemented. According to the Koblenz Federal Police (Bundespolizeidirektion Koblenz), between the beginning of 2020 and February 21, 2022, a total of 73 accidents occurred at railway crossings in the state of Hesse, of which 40 occurred at crossings with half barriers, 24 with full barriers, 5 without light barriers, and 4 at crossings with light barriers.

In addition to level crossings, there were 220 more fatal accidents on public roads in Germany in 2022 than in the previous year. [9] According to the data of the German statistical office, a total of 2,782 people died as a result of the accidents. The year 2022 was not affected by the coronavirus epidemic as much as 2020 and 2021, which is why more accidents occurred in 2022 compared to these years. Because the years of the epidemic largely determined the mobility behavior, which approx. It decreased by 59% compared to 2019.

### 1.1.3 Slovakia

Slovakia is ranked worst in Eurostat's survey. Between September 5, 2022 and October 3, 2022, for example, 6 people were run over by a train and 3 railway crossing accidents occurred on the Slovak railway network. [12] The Slovak State Railways, ZSSK, calls the attention of all drivers, pedestrians and cyclists to be careful near railway lines. If a vehicle gets stuck at a level crossing, the Integrated Rescue System (Integrovaný práčňý systém) must be notified by calling 112 and reporting the JIC number on the back of the warning signs. The System operators then take action to warn the driver. If a vehicle is on the tracks when the barriers are closed, the barrier bar must be broken through immediately. This way, the accident can be avoided.

Almost half of the railway crossings are not secured. Of the 2,074 level crossings managed by ZSSK in 2020, 1,003 were not secured, the crossings were only marked with road signs. [13] The railway company was warned that these lights and semi barriers were missing. The Supreme Audit Office of the Slovak Republic (Upozornil na to Najvyšší kontrolný úrad SR, NKÚ) pointed out that 175 accidents were registered in four years, in which 38 people died and 51 were seriously injured. 60% of accidents occurred in crossings equipped with light barriers.

After the railway crossings, mention should also be made of the public roads. According to data from the Slovak Ministry of the Interior, 11,869 traffic accidents occurred in 2021. [14] This data is the lowest value since the establishment of the republic in 1993. In the 11,869 accidents, 4,492 people were slightly injured, 853 people were seriously injured and 210 people lost their lives. The main reason for the occurrence of accidents was the influence of alcohol. Most accidents were registered in August, and the fewest in december. According to the Slovak police, most fatal accidents occurred on Class I roads, with 82 victims. The most risky period is between 4:00 p.m. and 8:00 p.m., which is understandable, since that's when most people return home from work.

### 1.1.4 Poland

Many accidents occur every year on the railway network of the country ranked third worst in Eurostat's railway accident statistics. [15] Accidents at railroad crossings and so-called wildlife crossings claim dozens of deaths, hundreds of injured people, and represent millions of dollars in costs. In december 2022, 24 accidents involving vehicles and pedestrians were registered. 6 people lost their lives in the accidents, 4 people were seriously<sup>4</sup> injured. Since the beginning of 2022, 177 such accidents have been recorded, in which a total of 43 people died and 20 people suffered serious injuries. Also in december of last year, 27 pedestrian accidents occurred in places not authorized by the railway, 4 of which resulted in serious injuries and 19 were fatal. Since the beginning of the year in question, 234 cases have been registered, with 31 serious injuries and 177 deaths.

In addition to the railway accident statistics, the road statistics do not promise better results either. There were 21,322 accidents on the Polish road network in 2022, in which approximately 1,900 people died and more than 24,700 were injured. This figure is lower than in 2020 (23,540 accidents were registered then) and 2021 (22,816 accidents). [16] According to statistics, the highest accident rate can be found among 18-24 year olds. In 2022, they caused 3,059 accidents, in which 281 people died and 3,910 were injured. It turned out that in the accidents caused by young drivers, they did not adjust their speed to the traffic conditions, as they tend to be reckless and take risks.

## 1.2 Hungary

### 1.2.1. Safety ranking of railway crossings in Hungary

According to the study by Dr. Attila Borsos, Miklós Gábor and Dr. Csaba Koren on the safety ranking of railway crossings in Hungary, the safety ranking of road-rail level crossings has been carried out in Hungary since 1993. [17] The results of the rankings are used to select places deemed unsafe and to prioritize security measures. The ranking is based on a complex point system that takes into account accident data, traffic volume, and various traffic engineering aspects. Although the method has been renewed several times, it became necessary to update it with more thorough statistical methods. This

---

<sup>4</sup> In Poland, a person is considered to be seriously injured if one of their bodily functions is damaged or their health is damaged, and after that they need to be hospitalized for more than 24 hours. Exceptions to this are persons who have committed suicide. [15]

study aimed to calibrate a new model and compare it with previous methods. A sample of 1,700 railway crossings was created; in this sample, the level crossings meet some requirements (e.g. public railway, available traffic data). The authors collected five years of accident data (between 2010 and 2014), annual average daily traffic on railways and roads, speed limits and additional data (road surface width, control devices, crossing angle, alignment, sight distances, number of tracks crossing the road). The modeling was done in two steps: first, each variable was entered into the model separately, in order to determine which of them significantly influence the frequency of accidents. In the second step, bivariate models were created, where the expected injury accident frequency was predicted based on the annual daily road and rail traffic. The sample was also divided into subgroups based on the type of control devices in order to analyze their impact on safety. The models were proposed based on Generalized Linear Modeling (GLM), assuming a negative binomial error structure.

### 1.2.2. Safety inspection of railway crossings in Western Hungary and Burgenland

The aim of Dr. László Tóth and Béla Németh's project, published in 2014, is to increase traffic safety at road-railway level crossings, as well as to shape attitudes that promote relevant behavior and to increase residents' sense of security. [18] In the course of the investigation, statistical data on railway crossings for the period between 2007 and 2011 were processed covering the entire Austrian and Hungarian railway network, not only in the narrow border area. Proposals were prepared for the modernization of the 28 selected railway crossings, as well as for the main directions of the necessary education and training. Furthermore, an attitude-shaping campaign was developed for the Austrian-Hungarian border area. Of the selected level crossings, 23 are located in Hungary on the GySEV network, and 5 are located in Austria, on the Raaberbahn and Fertővidéki Local Interest Railway lines. The tests consisted of measurements made with a radar placed next to the public road, safety tests and traffic counts. Between mid-April and mid-June 2013, speed density and traffic density measurements were carried out by vehicle class in the railway crossings under analysis. The safety tests were carried out on August 6-9, 2013. took place between, during which the detailed local features of the railway crossings were assessed and problematic and dangerous conditions were recorded (e.g. limited visibility of the railway track section approaching the road crossing). Manual traffic counting took place in June 2013, which served to support the radar measurements on the one hand, and also facilitated the collection of additional data on the other. The information obtained from the surveys was taken into account in the safety assessment matrix used in the project, the purpose of the latter is to establish the order of danger of the examined level crossings. On the basis of this assessment, general measures have been developed that can increase the safety level of road crossings. Specific renovation concepts were prepared for the selected level crossings.

In Hungary, the design of railway crossings is also regulated by the Road Technical Regulations, just like that of road junctions. The dimensioning and design of at-grade road junctions is regulated by Road Technical Regulations ÚT 2-1.214 (e-UT 03.03.21). [19] The regulation covers the design principles, the geometry of junctions, the traffic dimensioning and design elements of level junctions, as well as the equipment elements of junctions. The geometry of junctions is important for our article, according to the general principles of which, when designing a given junction, it is necessary to determine as a starting point the usage functions and planning category of the meeting routes, the cross-section, the basic geometric shape of the junction and the design speed of the connecting roads Network planning and determining the category of roads during.

## 2. Accidents at level crossings in Hungary between 2013 and 2022

The 266 Hungarian at-grade intersections selected for the analysis presented in this article were investigated for accidents occurring between 1 January 2013 and 31 December 2022. The data collection and detailed analysis took into account the section numbers of the crossings, the number of the crossing road and the number of the railway line to the crossing, as well as the county concerned. The Hungarian Public Road Nonprofit Zrt. WEB-BAL accident database and the accident data available within this database, recorded by section number, were used to investigate the number of accidents per crossing. Both the number of accidents per crossing and the number of people involved in accidents are reported in the table, divided into three categories (minor injuries, serious injuries, fatalities), by segment number and GPS coordinate. For 34 out of 266 crossings, there is a discrepancy between the number of segments

and the GPS coordinates. Since the number of accidents and the number of people involved in accidents in the accident database in question was determined by taking the number of level crossings in each direction at a distance of 75 metres, it is understandable that there are discrepancies.

The question is whether this can be avoided by using a distance of 100, perhaps 150 metres instead of 75 metres when determining the accident data by section number. The disadvantage of this is that the database may then show more accidents that did not occur in the crossings but in the vicinity of the crossings. Based on the map from WEB-BAL data, the majority of accidents at level crossings occurred at crossings on connecting and feeder roads. Connecting and feeder roads make up a significant part of the national road network, with the majority of the approximately 5 800 level crossings. The total number of level crossings on primary and secondary trunk roads is 130, but many times this number on connecting and feeder roads, which is why seven railway lines have been selected for this purpose:

- No. 1 Budapest-Hegyeshalom,
- No. 100 Szolnok-Debrecen-Nyíregyháza-Záhony,
- No. 120 Szolnok-Békéscsaba-Lőkösháza,
- No. 140 Cegléd-Szeged,
- No. 20 Székesfehérvár-Szombathely
- No. 8 Győr-Sopron

On the selected lines, there are a total of 129 at-grade crossings involving connecting and feeder roads, of which 29 crossings were observed to have accidents, and the relative accident rates were a function of the average daily traffic on the roads involved. The highest value was observed on line 120: although only one fatal accident was observed, this is an exceptionally high value given the relatively low average daily traffic volume (100 vehicles/day). In another table, a comparison is made of the rail crossings on primary and secondary arterial roads and on connecting and feeder roads. This gives a total of 266 road-rail level crossings. Out of these, 69 level crossings had at least 1 accident observed in 10 years; there was only one where 5 accidents were recorded (level crossing on railway line 109 at 105 + 910 road section); also one place where 3 accidents were recorded; 11 places where 2 accidents were recorded and 62 places where 1 accident was recorded.

The figures shown in the diagram are also confirmed by the diagram below, which separately summarizes - also broken down by county - the number of accidents that occurred at road-rail level crossings according to outcome.

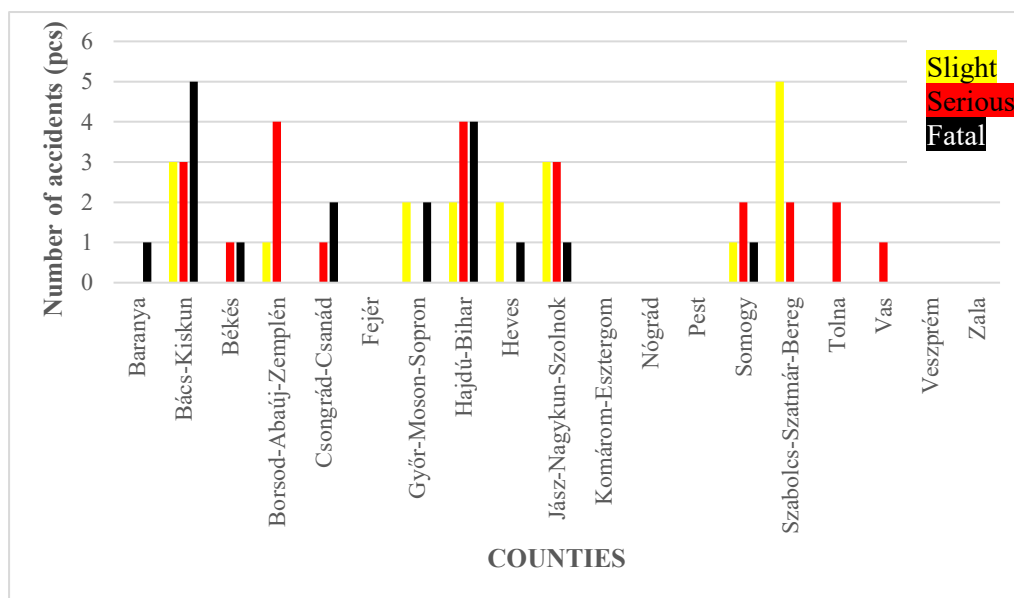


Figure 1. Accidents at railway crossings broken down by county according to outcome on the main roads, 2013-2022 [Edited by: Marcell LADICH]

It can be observed that most accidents were registered in the counties of Bács-Kiskun, Hajdú-Bihar, Jász-Nagykun-Szolnok and Szabolcs-Szatmár-Bereg. There were no accidents at all in six counties, the reason for this being that the density of the railway network there is lower than that of the previously mentioned counties.

The previous diagram shows that most accidents occurred in the four counties, but this diagram also takes into account the outcomes of the accidents. Although the highest number of accidents is in the counties of Bács-Kiskun and Szabolcs-Szatmár-Bereg, the outcome immediately shows a different picture: while most fatal accidents were registered in the former county, most accidents with minor injuries were registered in the latter county, and there were no fatal accidents at all. However, it should be noted that the most accidents with serious injuries were in the counties of Borsod-Abaúj-Zemplén and Hajdú-Bihar, and the same number of fatal accidents were recorded in the latter, which is definitely a remarkable figure.

In total, 18 fatal accidents occurred in 9 counties; the number of accidents with serious injuries was 23 (in 10 counties), and the number of accidents with minor injuries was 19 (in 8 counties). According to the regulations, crossings on first- and second-order main roads must be provided with light barriers and semi-barriers. However, the situation is different on connecting and connecting roads, as we will see below.

The major part of the national road network in Hungary is made up of connecting and connecting roads (roads with four or five numbers). It would follow from this that the database would be much larger in terms of railway crossings than that of first- and second-order main roads, however, while the number of railway crossings concerned is 129 in the case of the latter, only 70 in the case of the former. The number of first- and second-order main roads is 51.

Based on the map created from WEB-BAL data, the majority of accidents at railway crossings occurred at crossings on connecting and access roads. The diagram below shows the trend in the number of all observed accidents broken down by county.

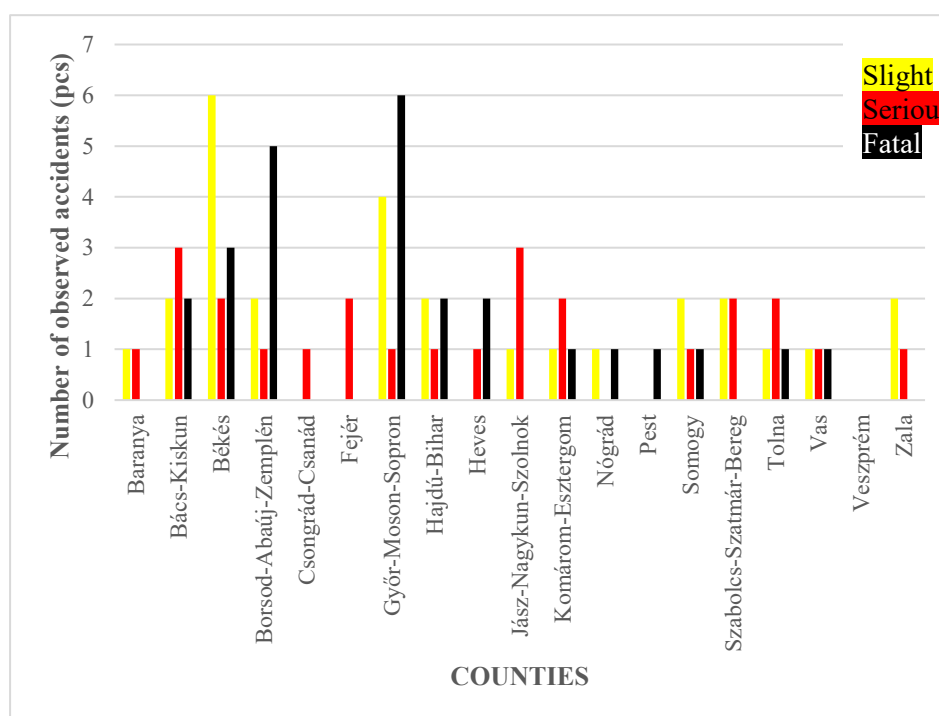


Figure 2. Development of the number of accidents at railway crossings by outcome, broken down on the secondary roads by county, 2013-2022 [Edited by: Marcell LADICH]

In contrast to accidents at level crossings of first- and second-order main roads, the counties of Jász-Nagykun-Szolnok, Hajdú-Bihar and Szabolcs-Szatmár-Bereg show a low number of accidents at railway crossings of connecting and access roads, while Borsod-Abaúj-Zemplén and Bács- The number of accidents is still high in Kiskun counties. The counties of Békés and Győr-Moson-Sopron – where the number of accidents at railway crossings of the first and second order highways is low – recorded an exceptional number of accidents, so they came first in this respect, followed by the counties of Borsod-Abaúj-Zemplén and Bács-Kiskun. The fewest accidents occurred in Csongrád-Csanád and Pest counties, and there were no accidents at all in Veszprém county.

Although the most accidents were registered in the counties of Békés and Győr-Moson-Sopron, their development in terms of outcome shows a different picture. Among the above-mentioned counties in first place, the latter has the most fatal accidents (and the second most minor injury accidents), while the former has the highest number of minor injury accidents. The second highest number of fatal accidents belongs to Borsod-Abaúj-Zemplén county, but at the same time it can be seen that in these counties - with the exception of Békés - the number of accidents with serious injuries is low. The number of fatal accidents is low in central and northern Hungary and in the Transdanubian counties (Somogy, Tolna, Vas). The reason for this is probably the sparser network of lines, mostly in Nógrád county. There were no fatal accidents in Baranya, Csongrád-Csanád, Fejér, Jász-Nagykun-Szolnok, Szabolcs-Szatmár-Bereg and Zala counties, and no accidents at all in Veszprém county.

A significant part of the national road network is made up of connecting and connecting roads, on which most of the approximately 5,800 railway crossings are located. There are a total of 130 crossings on first- and second-order main roads, and many times more on connecting and connecting roads, which is why seven railway lines were selected in this regard:

- No. 1 Budapest-Hegyeshalom,
- No. 100 Szolnok-Debrecen-Nyíregyháza-Záhony,
- No. 120 Szolnok-Békéscsaba-Lőkösháza,
- No. 140 Cegléd-Szeged,
- No. 20 Székesfehérvár-Szombathely,
- No. 8 Győr-Sopron lines.

There are a total of 129 level crossings on the selected lines, which affect connecting and access roads, of which accidents were observed in 29 crossings, and the relative accident indicators depended on the average daily traffic of the affected roads. The highest value occurred on line No. 120: although only one accident (fatal) was observed, in addition to the relatively low average daily traffic value (100 vehicles/day), this is considered exceptionally high.

The next step was to create a table in which the first- and second-order main roads and the railroad crossings of the connecting and connecting roads were connected. This means a total of 263 road-rail level crossings. Of these, at least 1 accident was observed in 69 railway crossings in 10 years; there was only one where 5 accidents were registered (railway line 109 + crossing in road section 910); 3 accidents were also recorded in one place; 2 in 10 places and 1 in 57 places. In 197 crossings, no accidents were detected at all. Two crossings from 266 have in common the fact that they are secured, so they are not only equipped with a "Start of Railway Crossing" sign, but also at least with full barriers (3 crossings), light barriers (36 crossings), and light barriers and half barriers (222 level crossings).

In the table, the relative accident indicators were also calculated using the following formula:

$$crash\ rate = \frac{B \cdot 10^7}{ADT \cdot 365 \cdot T \cdot L} \quad [20] \quad (1)$$

where

- B = number of accidents during the observation period [pcs]
- ADT = average daily traffic [E/day]
- 365 = annual multiplier
- T = observation period [year]
- L = length of observed section [km]

Since the railway crossing is usually a short section - usually 6-8 meters long - and the possible collision of railway and road vehicles occurs from a perpendicular direction, L can be omitted from the formula.

By modifying the relative accident index ( $B \cdot 10^7$  instead of  $B \cdot 10^6$  in the numerator, and daily railway traffic (train/day) was added to the average daily traffic (ADT) in the denominator), two additional values were determined. The fact that the exponent of the number 10 in the numerator became 7 instead of 6 in the formula of the relative accident index can be explained by the fact that the railway crossing is considered a junction. The exponent 6 is used to determine the relative accident rates of road sections on public roads. The table shows that there is a difference between the values of the relative accident index without rail traffic and with the addition of rail traffic.

### 3. Comparative analysis of accident indicators of road junctions and railway crossings

In connection with the accident indicators, it is necessary to mention the road junctions, which ensure the connection between the individual road network elements; crossing and turning movements appear in these places, which can create conflict situations. [21] When designing junctions, the aspects of traffic safety, traffic management, economics and the environment are taken into account.

According to Dr. Róbert Major's thesis, the intersection is the element of the traffic lane where traffic flows come from different directions and flow in different directions. [22] Level junctions are particularly sensitive areas in terms of economy, safety, continuity and the environment. Although railway crossings are not road crossings, they are considered junctions from the point of view of the relative accident indicator described above. Such crossings represent a very small segment of the road network, however, the accidents that occur here are often the focus of attention. There are approximately 5,800 railway crossings in Hungary. The length of the public road network (including national and municipal roads) is approx. 216,540 km. [23] Calculating with 5,800 road crossings, there is 37.3 km, that is, people traveling on public roads cross a railway crossing every 37 kilometers (data from the 2009 thesis respectively 158,633 km, 6,136 road crossings, which is 25.8 km apart. article, the same data have been updated). The number of accidents occurring at railway crossings is always smaller than the number of accidents occurring on the road network, but it is true that the former accidents have a very serious outcome. The probability of death at road crossings is almost ten times greater.

For the comparative analysis of road junctions and railway crossings to be described below, the investigation of the accident hotspots of these intersections is necessary. [24] The primary purpose of local accident investigations is to find the places in the road network where the risk of accidents for road users is higher than average. There are two such locations: potentially and actually hazardous locations. In the case of a potentially accident-prone location, no accidents have yet occurred at the time of the inspection, but traffic in this location can be classified as dangerous for various reasons. Accident hotspots are the part of the road network where the number of accidents may exceed the expected value, the accidents may have a more serious outcome, and the specific accident index is higher than average. Accident hotspots can be hotspots or hotspot sections. The focal point indicates a well-defined location (road junction, railway crossing) where accidents can be attributed to the given traffic engineering design.

In addition to the relative accident indicators of railway crossings, the relative injury indicators of road junctions were also determined. This was necessary for vehicles entering the junction; the values were calculated using the following formula:

$$VHC = N * ADT * 365 \quad [26] \quad (2)$$

Where:

- VHC = number of vehicles entering the intersection
- N = length of the examined period (years)
- ADT = average daily traffic in the examined period (vehicle/day)

Based on the Road Safety Impact Assessment, Methodology guide, the relative damage indicators can be determined for road sections and intersections. In the case of the latter, the summed relative accident injury index and the weighted summed relative accident index were calculated. The injury severity numbers are as follows: 1 for light injury, 14 for serious injury, and 103 for death.

The summarized relative accident index can be calculated based on the following formula:

$$SRAI\_JCTN = (H + S + K) * 10^7 / VHC \quad [26] \quad (3)$$

Where:

- H = the number of persons who died in the examined period
- S = the number of seriously injured persons in the examined period
- K = number of easily injured persons in the examined period
- VHC = total number of vehicles entering the junction in the examined period (vhc)

In the table created on the basis of the WEB-BAL accident database, we filtered out 69 cases that have an accident indicator. The relative accident indicators of the filtered cases are described in the line diagram below.

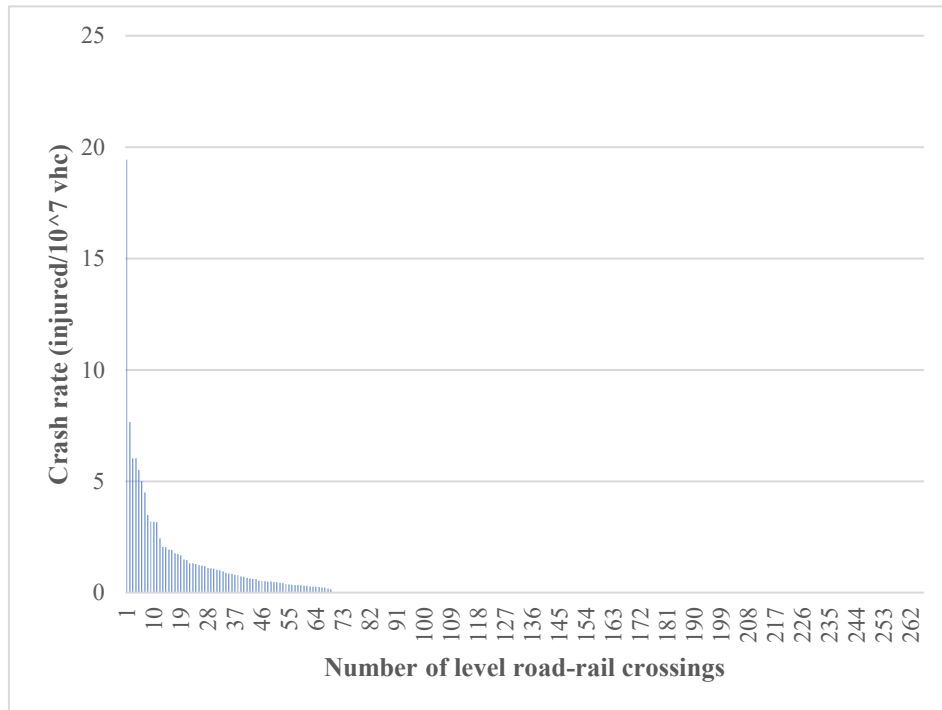


Figure 3. Relative accident indicators of level road-rail crossings [Edited by: Marcell LADICH]

The horizontal axis of the chart does not represent all 69 cases, I used an automatic scale in Excel. The chart would not fit on this page in its entirety, so I have used the same for the following chart. The relative accident indicators for level crossings show that there is one crossing where the indicator value is close to 20, 4 cases have a value above 5, one has a value of exactly 5 and the rest are below 5. The reason for the first particularly high value is the low rail and higher road traffic values, and the same can be said for the higher values to the right of it.

The diagram below shows the summarized crash rate for level crossings.

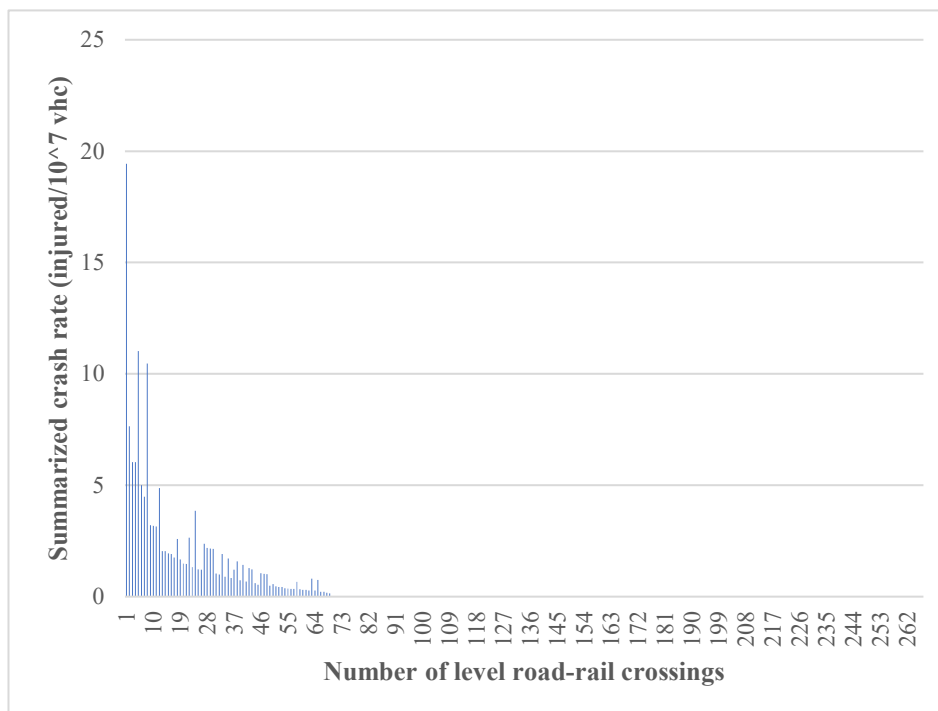


Figure 4. The summarized crash rates of level road-rail crossings [Edited by: Marcell LADICH]

This diagram is similar to the previous one, and also shows some major differences, which can be explained by the low rail traffic and the higher road traffic. The values of the aggregated relative injury indicators are not determined by the number of accidents observed, but by the number of persons involved in accidents, both lightly and seriously injured, and the number of persons killed. It can be seen that in one case the value of the summed relative injury indicator is particularly high, in two cases it is above 10 and in four cases it is above 5. There is one gateway with a value of exactly 5, the others below this value.

Of the diagrams presented above, the one showing the summed relative injury indicators was compared with the summed relative injury indicators in the table in the guide Road Safety Impact Assessment, Methodology.

Table 1. Summarized crash rates of road junctions [26]

Number of road junctions	Traffic management mode	Summarized crash rate SRAI_JCTN (injured/10 <sup>7</sup> vhc)
4	Give way	4,6
	Signal lights	2,9
	Roundabout	1,1
3	Give way	2,7
	Signal lights	1,3
	Roundabout	0,8

The values in the table have been determined by the working group of the guide on the basis of Hungarian, German and Dutch data for three- and four-way junctions. Level crossings are considered as four-way junctions and the values in the table are also higher than for three-way junctions. In terms of traffic control methods, the crossings in my database include level crossings with both light and semi barrier and level crossings with only "Start of level crossing" signs. These are the same as road junctions with priority yield and traffic lights and have higher relative injury rates than roundabout junctions. In

eight of the diagrams showing the summed relative injury rates, the values calculated by me exceed the values given in the table. This is due to the low number of accidents and the volume of rail and road traffic per day, which is influenced by the increase in the number of accidents observed during the period under study and the number of people involved in accidents. Apart from the eight cases, the other values are below 5 and are related to the safety of the crossing. Almost all of the crossings with indicators are provided with a light barrier or light and semi light barrier. The lower indicators are of course influenced not only by the level of safety, but also by the development of accident rates and the volume of daily rail and road traffic.

## Conclusions

From the presented accident overview in Hungary, the literature review in Hungary and abroad, and the comparative analysis of accident indicators, it can be concluded that it is a good starting point for the investigation of road junctions and level crossings in relation to road safety. While many similarities can be found between the relative and the summed relative accident rates, the weighted summed relative accident rates already show differences compared to the previous two, which can be explained by the outcome of the accidents. What all three have in common is that the relative, summed relative and weighted summed relative accident rates of level crossings are higher than those of road junctions, despite the fact that the latter have a higher accident frequency based on accident statistics in recent years. It should be noted, however, that although fewer accidents occur at level crossings, they are more often serious and fatal. This is why I believe it is important to further investigate the safety of road junctions and level crossings.

## References

- [1] MÁV-csoport, "Vasútbiztonság," 2023. <https://www.mavcsoport.hu/mav-csoport/bemutakozas/vasutbiztonsag> (accessed Nov. 11, 2022).
- [2] F. Gy. A., "Tavaly 34-en haltak meg a síneken!," Jan. 18, 2023. <https://kozlekedesbiztonsag.kti.hu/tavaly-34-en-haltak-meg-a-sineken/> (accessed Mar. 12, 2023).
- [3] Magyar Autóklub, "Legfrissebb baleseti statisztikák," 2023. Accessed: Jun. 29, 2023. [Online]. Available: <https://www.autoklub.hu/klub/hirek/baleseti-statisztikak/>
- [4] Eurostat, "Rail transport fatalities: continued decrease in 2021," Jan. 12, 2023. <https://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-eurostat-news/w/DDN-20230112-2> (accessed Mar. 12, 2023).
- [5] Eurostat, "Road fatalities: up 6% after decade of decline," Jun. 2023. Accessed: Jun. 29, 2023. [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/ddn-20230620-1>
- [6] noe.orf.at, "Bahnübergang: Jeder Unfall wäre vermeidbar," Jun. 08, 2022. <https://noe.orf.at/stories/3159898/> (accessed Mar. 12, 2023).
- [7] Bundesministerium für Inneres, "Verkehrsstatistik 2022 - 369 Verkehrstote auf Österreichs Straßen," 2023. Accessed: Jun. 29, 2023. [Online]. Available: [https://www.bmi.gv.at/202/Verkehrsangelegenheiten/unfallstatistik\\_vorjahr.aspx](https://www.bmi.gv.at/202/Verkehrsangelegenheiten/unfallstatistik_vorjahr.aspx)
- [8] DPA Hessen, "Tödliche Unfälle an Bahnübergängen: Mehr Sicherheit nötig," Apr. 08, 2022. <https://www.zeit.de/news/2022-04/08/toedliche-unfaelle-an-bahnuebergaengen> (accessed Mar. 12, 2023).
- [9] Statista - das Statistik-Portal, "Anzahl der Getöteten bei Straßenverkehrsunfällen in Deutschland von 1950 bis 2022," Feb. 2023. Accessed: Jun. 29, 2023. [Online]. Available: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/185/umfrage/todesfaelle-im-strassenverkehr/>
- [10] NSC Injury Facts, "Railroad Deaths and Injuries," 2022. <https://injuryfacts.nsc.org/home-and-community/safety-topics/railroad-deaths-and-injuries/> (accessed Mar. 12, 2023).
- [11] National Highway Traffic Safety Administration, "NHTSA Estimates for 2022 Show Roadway Fatalities Remain Flat After Two Years of Dramatic Increases," Apr. 2023. Accessed: Jun. 29, 2023. [Online]. Available: <https://www.nhtsa.gov/press-releases/traffic-crash-death-estimates-2022>
- [12] ŽSR, "INFORMÁCIA O NEHODÁCH A MIMORIADNOSTIACH NA TRATIACH ŽSR OD 5. 9. DO 3. 10. 2022," Oct. 04, 2022.

- [13] SITA Doprava, “Takmer polovica železničných priecestí na Slovensku je nezabezpečená, mnohé nehody sa nemuseli stať,” Feb. 11, 2022. <https://sita.sk/nasadoprava/takmer-polovica-zeleznicnych-priecesti-na-slovensku-je-nezabezpecena-mnohe-nehody-sa-nemuseli-stat/> (accessed Mar. 12, 2023).
- [14] Porovnaný magazín, “Dopravné nehody - rok 2021,” Jun. 2022. Accessed: Jun. 29, 2023. [Online]. Available: <https://www.porovnajto.sk/magazin/dopravne-nehody-na-slovensku-zaujímavosti-a-statistiky/>
- [15] Bezpieczny Przejazd, “Statystyki,” 2022. <https://bezpieczny-przejazd.pl/o-kampanii/statystyki/> (accessed Mar. 12, 2023).
- [16] Polska Agencja Prasowa, “Spadek liczby wypadków drogowych w Polsce. Zginęło 349 mniej osób. Policja przekazała nowe dane,” Mar. 2023. Accessed: Jun. 29, 2023. [Online]. Available: <https://www.pap.pl/aktualnosci/news%2C1554232%2Cspadek-liczby-wypadkow-drogowych-w-polsce-zginelo-349-mniej-osob-policja>
- [17] A. Borsos, M. Gabor, and C. Koren, “Safety Ranking of Railway Crossings in Hungary,” in *Transportation Research Procedia*, Elsevier B.V., 2016, pp. 2111–2120. doi: 10.1016/j.trpro.2016.05.226.
- [18] L. Dr. Tóth and B. Németh, “Vasúti útátjárók biztonsági vizsgálata a burgenlandi és nyugat-magyarországi határon átnyúló vasútvonalakon,” *Közlekedéstudományi Szemle*, vol. 65, no. 3, pp. 6–67, 2014.
- [19] P. Dr. Golarits, G. Kőrössi, and Takács Ferenc, “Szintbeni közúti csomópontok méretezése és tervezése,” Aug. 15, 2004. <https://ume.kozut.hu/dokumentum/154> (accessed Jun. 29, 2023).
- [20] A. Borsos, “Közúti infrastrukturális beavatkozások biztonsági hatásának modellezése és optimalása,” 2010.
- [21] Á. Dr. Lindenbach, “Közúti csomópontokról általánosságban,” PTE, Pécs, 2018.
- [22] R. Dr. Major, “A közúti közlekedési balesetek megelőzése, különös tekintettel a rendőrség lehetőségeire és korlátaira,” Pécsi Tudományegyetem, Pécs, 2009.
- [23] Magyar Közút, “Az állami közúthálózatról,” 2023. <https://kozut.hu/kozerdeku-adatok/orszagos-kozuti-adatbank/az-allami-kozuthalozatrol/> (accessed Jun. 29, 2023).
- [24] C. Zsuzsanna, J. Domokos, K. Tibor, N. Zoltán, and S. Sándor, “Csomópontok és útvonalak balesetveszélyességi értékelési módszertanának kidolgozása (Közúti baleseti góchelyek azonosítása),” 2005.
- [25] L. Péter, “Közutak és terveik biztonsági minősítése,” *Nemzeti Fejlesztési Minisztérium - Mesterkurzus*, vol. 1, no. 1. Budapest, Mar. 20, 2013.
- [26] C. Dr. Koren, A. Borsos, P. Dr. Holló, E. Hóz, D. Dr. Jankó, and T. Mocsári, “Közúti biztonsági hatásvizsgálat, módszertan’ című útmutató a 2007-2013 időszakban a Közlekedés Operatív Program pályázataihoz,” Jul. 2010.

# Kerékpáros forgalom időszakos tényezőinek vizsgálata / Analysis of the variation in the volume of bicycle traffic over time

Szuri Beatrix<sup>1</sup> – Kovács Virág Zita<sup>2</sup> – Dr. Makó Emese<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Partner Mérnöki Iroda

<sup>1</sup>Szuri@partnerkft.hu

<sup>2</sup>Önálló tervező

<sup>2</sup>kovacs.virag@civilmernok.org

<sup>3</sup>Széchenyi István Egyetem

<sup>3</sup>makoe@sze.hu

**Kivonat:** A kerékpárutak tervezési folyamata során a várható átlagos napi forgalom egy fontos indikátora annak, hogy milyen szolgáltatási szint lesz elérhető a kerékpárút létesítése után. Az ÁNF számításához szükséges törvényszerűségi tényezőket a Magyar Közút határozza meg az éves forgalomszámlálás során. A kutatás során Budapesten és pár közkedvelt turisztikai célpont térségében található kerékpáros mérőállomások adatai segítségével vizsgáltuk ezen tényezőket. A budapesti tényezők esetében kis mértékű, a vidéki térségben található helyszínek esetében már nagyobb mértékű eltérések voltak láthatóak a törvényszerűségi tényezőkkel kapcsolatban. Vizsgálataink alapján időszerűnek tartjuk a kerékpáros forgalomra vonatkozó törvényszerűségi tényezők felülvizsgálatát, amelyet a folyamatosan bővülő mérőállomások segítségével pár évnyi adat segítségével elvégezhetők.

**Abstract:** During the cycle route planning process, the expected average daily traffic is an important indicator of the level of service that will be available once the cycle route is in place. The regularity factors for the calculation of the ADT are determined by Magyar Közút in the annual traffic census. In the course of the research, these factors were examined using data from bicycle measuring stations in Budapest and in the areas of some popular tourist destinations. For the Budapest factors, small differences in the regularity factors were observed, while for the rural sites, larger differences were observed. Based on our investigations, we consider it timely to review the variation factors for cycling traffic, which can be done with a few years of data from the continuously expanding monitoring stations.

*Kulcsszavak: törvényszerűségi tényező; kerékpár; forgalom; mérőállomás; időjárás*

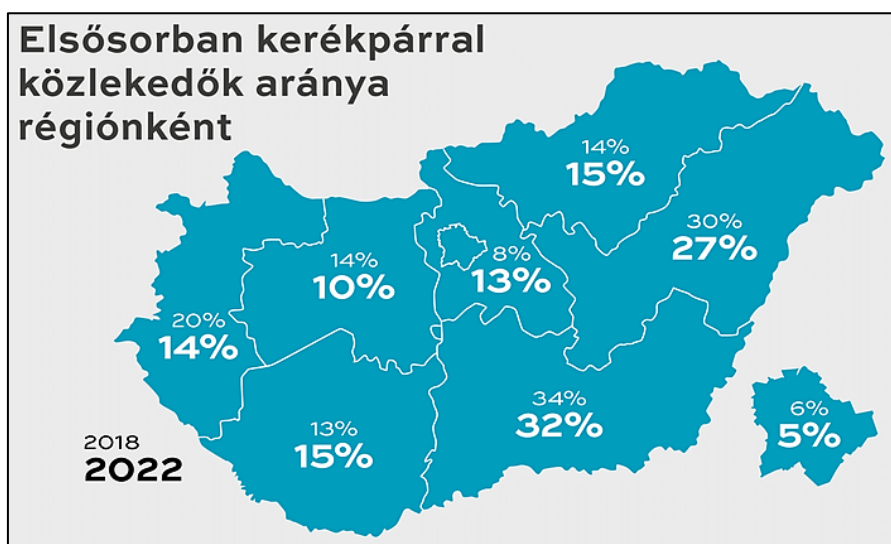
*Keywords: variation of volume with time; bicycle; traffic volume, monitoring station; weather*

## Bevezetés

Kerékpárral való közlekedés Európában évente közel 16 millió tonna CO<sub>2</sub> kibocsátástól óvja meg a környezetünket. Emellett éves szinten közel 3 milliárd liter üzemanyag megtakarítást jelent a kerékpárral való közlekedés. A kerékpározás nem csak gazdaságilag és környezetvédelmi szempontból kedvező, hanem mint a sportolás egy formája az egészségünkre is jó hatással van [1].

Az Eurobarometer 2019-es kutatása szerint az Európai Unióban belül a kerékpárral, illetve rollerrel közlekedők aránya 8%. A kerékpárral közlekedők aránya Hollandiában (41%) a legnagyobb, illetve Svédországban, ahol minden ötödik ember kerékpárral közlekedik. A 2014-es felmérésekhez képest Dániában (-11 %p.) és Magyarországon (-8 %p.) csökkenést regisztráltak azok között, akik a kerékpárral, illetve a rollerrel való közlekedési módot használják [2].

A Medián által elvégzett 3000 fős reprezentatív felmérése alapján a magyar lakosság 63% nem személygépjárművel közlekedik a mindennapokban. A kerékpárral közlekedők aránya országos szinten 16%, illetve csak Budapestet vizsgálva ez az érték mindössze 6% (0.2. ábra). Az első 2018-ban végzett országos felmérés óta ezek az arányok nem változtak. A megkérdezettek 35%-a használja kerékpárt munkába járásra és mindössze 17% megy rövidebb és 3% megy hosszabb kerékpáros kirándulásokra, túrákra [3, 4].



1. ábra: Elsősorban kerékpárral közlekedők aránya régióként (2022) [3]

Az Európa Bizottság (European Commission) egy olyan Európában egységesen használható ajánlást készített el [5], ami lehetővé teszi az adott régióra jellemző tulajdonságok alapján a legrelevánsabb információk felhasználásával egy fejlesztési stratégiát kidolgozni. Ezek a javallatok elhelyezkedéstől függően alakulnak, hiszen egy nyugat-európai országban bevált fejlesztési koncepciók nem biztos, hogy egy kelet európai ország esetében is sikeresen alkalmazható lenne. A meglévő kerékpáros infrastruktúra és a kerékpár használók száma határozza meg a városra jellemző fejlesztési szintet. Alapvetően a kerékpárhasználók aránya (modal split) a javuló minőségű és mennyiségű kerékpáros infrastruktúrával együtt növekszik [6].

Hazánkban a 2014-2020 időszakra vonatkozó Nemzeti Kerékpáros Koncepció [7] összegyűjtött ajánlásokat tartalmazott az EU-s források hatékony felhasználásával kapcsolatban. Célkitűzése volt a kerékpározás, mint közlekedési-, turisztikai, rekreációs és sporteszköz elterjesztése és a kerékpáros közlekedés a fenntartható gazdaság fontos részévé váljon.

A kerékpározás népszerűsítéséhez, megfelelő mennyiségű és minőségű infrastruktúra szükséges. A Magyar Közút kezelésében lévő kerékpárutak hossza 1135,37 km (2022-es év eleji adatok) [8] Funkcionalitás szerint ezekből 216 db szabadidős, 244 db hivatásforgalmi, 69 db hivatásforgalmi+szabadidős és 84 db egyéb kategóriába sorolható. Önkormányzati kezelésű kerékpárhálózati elemek hossza összesen 4413 km, ebből kerékpársáv és nyom 738 km, illetve önálló kerékpárút 3675 km [9].

A kerékpáros hálózat fenntartásához és fejlesztéséhez a forgalom folyamatos és időszakos monitoringozása, felülvizsgálata szükséges. A meglévő és tervezett útvonalak esetében befolyásoló tényező a meglévő, illetve a várható kerékpáros forgalom nagysága. Ennek vizsgálatát az e-ÚT 02.01.21-es számú előírás [10] szerint szükséges elvégezni, ahol a forgalom előrejelzéséhez különböző törvényszerűségi tényezők alkalmazása szükséges.

A kutatás során a budapesti és a főbb turisztikai célpontok kerékpáros forgalmát és a helyszínekre jellemző törvényszerűségi tényezőket vizsgáltuk. Továbbá az időjárás és a kerékpározási hajlam összefüggését elemeztük.

## 1. A forgalomszámlálás célja és eszközei

Egy meglévő hálózati elem forgalmi adatainak ismerete a fenntartási és üzemeltetési munkák, beavatkozások előrejelzéséhez elengedhetetlen. Egy tervezési fázisban lévő út esetén a kapcsolódó hálózati elemek forgalmi alapján számított távlati forgalmon alapján számítják a leendő forgalmi terhelést.

A forgalomszámlálás elsődleges célja az adott útvonal, útszakasz évi átlagos napi forgalmának (ÁNF) meghatározása, ezenfelül a mért adatok segítségével vizsgálni lehet a forgalom időbeli lefolyását is. A

forgalomszámlálás eredményeinek különböző felhasználási területei vannak. Utak tervezése esetén a pályaszerkezet méretezést a forgalmi adatok alapján készítik el, illetve a csomópontok esetén kapacitásvizsgálatokra használják a mért adatokat. Fenntartási és üzemeltetési feladatok során az üzemeltetések megtervezéséhez és a szolgáltatási osztályban sorolások esetén szükséges ismerni a forgalom nagyságát. Környezeti hatások vizsgálatára, kutatásokhoz és fejlesztési tervekhez is elengedhetetlen. A forgalom vizsgálatára több módszer is létezik, de alapvetően két főbb csoportra oszthatók, kézi és gépi forgalomszámlálásra.

A kézi forgalomszámlálás során az elhaladó járművek járműosztályok szerinti manuális kategorizálása történik, ez leggyakrabban papíralapú táblázat segítségével történik.

A gépi forgalomszámlálással szemben elvárt alapvető követelmény, hogy képes legyen az elhaladó járművek számát megfelelő pontossággal rögzíteni. Továbbá legyen képes a járműveket legalább 15 vagy 6 perces időintervallumokkal feljegyezni. A forgalomszámláló automatákkal szemben megengedett relatív hiba legfeljebb 3% [11].

A következő berendezések a legelterjedtebbek Magyarországon:

- Infradetektor

Az infradetektorok a járművek és az emberek által kisugárzott infravöröstartományban lévő hőmérsékleti sugárzást méri.

- Lézeres detektor

A lézeres érzékelőknek nagy mérési pontosságuk van, viszont telepítésük költséges és körülményes, így forgalom mérésre nagyon ritkán használják.

- Induktív hurokdetektor

Az induktív hurokdetektor hazánkban ez a leggyakrabban alkalmazott forgalomszámláló eszköz. Az induktív hurkot az útpályába építve kell elhelyezni, illetve ideiglenes vagy rövid távú mérések esetén ragasztott kivitelben el lehet készíteni. Működési elve a mágneses erőtérrel alapszik, amit az oszcillátor által generált váltakozó áram idéz elő. Az erőtérrel, azaz a hurok felett áthaladó járművekben található fém alkatrészek megváltoztatják a rendszer induktivitását, így képes a rendszer az elhaladók regisztrálására. Az egyik legelterjedtebb eszköz telepítését mutatja be a 2. ábra.



2. ábra: Eco-Counter hurokdetektor elhelyezése (forrás: Értékterv Kft.)

- Ultrahang, mikrohullám detektor

Az ultrahangos, illetve mikrohullámos forgalomszámláló eszközök az úttestre kisugárzott hullámok visszaverődését figyelik. Az eszköz egyben a jeladó és a vevő szerepét is ellátja, a kibocsátott jel visszaverődésének idejét és a beérkező hullám frekvenciáját.

- Pneumatikus detektor

A Pneumatikus (tömlős) detektor rendszer két, a forgalom irányára merőlegesen lefektetett tömlőből áll. Az áthaladó kerékpár a tömlőket összenyomva nyomásváltozást idéz elő és ezt érzékeli a tömlőhöz csatlakoztatott eszköz. A tömlőkön való áthaladás szerint lehet a haladási irányt és a sebességet mérni.

- Videodetektoros, AI analízis

A videodetektoros, AI analízis mérési technológia alapja mozgókép rögzítő eszközök, kamerák felvételeinek analizálása manuálisan, vagy specifikusan erre a feladatra fejlesztett mesterséges intelligencia, algoritmus segítségével.



3. ábra: DataFromSky rendszer (forrás: datafromsky.com)

A rendszerrel mérhető az elhaladó járművek, kerékpárosok, gyalogosok sebessége, csomópontok esetén a várakozással eltöltött idő hossza.

- A közösségi forgalomszámlálás

A nagy mértékű mobiltelefon használatával új utak nyíltak meg a forgalomszámlálás terén. Az okoseszközök közel mindegyikével lehetséges magaspontosságú helymeghatározás, ami lehetőséget ad a közeledés során megtett útvonal rögzítésére. Az technológiáknak köszönhetően jelentősen lecsökkenhetnek az adatgyűjtés és kiértékelésük költsége. Ezek a megoldások három főbb kategóriába lehet sorolni: mobilos technológia (pl. Counterpoint vagy Strava [12] telefonos applikációk), képalkotás, alacsony költségű eszközök.

## 2. Kerékpáros forgalmi adatok vizsgálata

A kerékpárosforgalom vizsgálatához az országszerte telepített különböző számlálóeszközök adatait elemeztük és vetettük össze. Mérési adatok 13 vidéki és hat budapesti helyszín esetére álltak rendelkezésre. A hazai forgalmi adatokat pár külföldi város kerékpáros forgalmával is összevetettük annak érdekében, hogy nemzetközi szinten is el lehessen helyezni a hazai kerékpáros forgalmat. A mérési eredmények egy részét a Budapesti Közlekedési Központ és a Magyar Közút Zrt szolgáltatotta, míg a többi adatot a nyilvánosan elérhető Eco-Counter és VeloClass weboldaláról gyűjtöttük.

A mérési adatok a 2022. évből származtak, főként külterületen elhelyezkedő e EuroVelo kerékpárúton telepített VeloClass és Eco-Counter mérőállomásokról. Az adatok napi bontásban álltak rendelkezésünkre.



5. ábra: Balatonederics mérőállomás (forrás:veloclass.kozut.hu)

Vizsgált helyszínek:

Balaton: Zánka, Örvényes, Balatonederics, Fenékpusztá

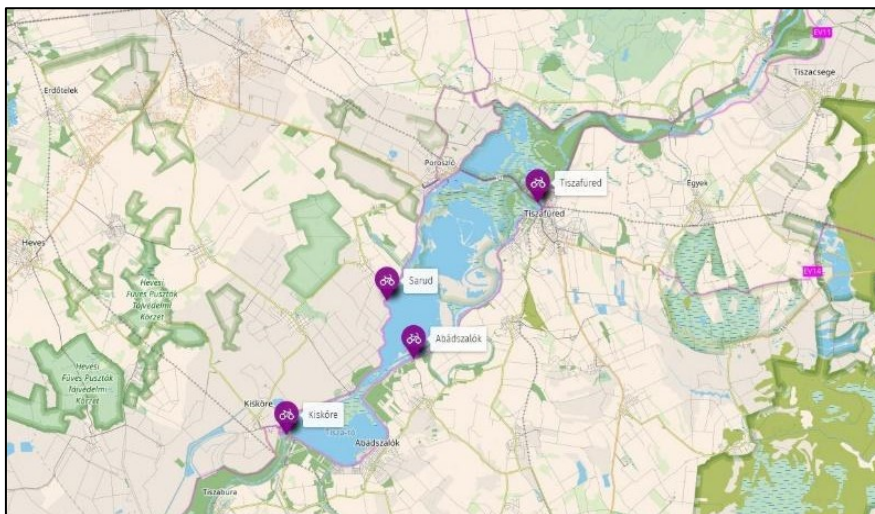
Tisza-tó: Abádszalók, Kisköre, Tiszafüred, Sarud (6. ábra)

Sopron: Lővér kemping, Nemeskúti út, Tómalom, Hidegség

Velencei-tó: Pákozd

Budapest: Hungária kör, Andrásy út, Bem tér, Szilágyi Erzsébet fasor, Árpád híd, Rákóczi híd

Külföldi helyszínek: Bécs (Ausztria), Prága (Csehország), Freiburg (Németország), Lyon (Franciaország), Barcelona (Spanyolország), Sundbyberg (Svédország)



6. ábra: Tisza tavi helyszínek

### 3. Adatok feldolgozása

A gépi forgalomszámlálásból kapott adatokat az e-UT 02.01.21 előírásai alapján dolgoztuk fel [10]. A kinyert adatok részben órás, részben napi bontásban álltak a rendelkezésre, így vannak mutatók, amiket csak bizonyos helyszíneken lehetett vizsgálni.

#### 3.1 Törvényszerűségi tényezők számítása

A törvényszerűségi tényezőket azon vizsgálati helyeken lehet kiszámítani, ahol az adott év minden hónapjában legalább egy teljes héten keresztül mért adat áll rendelkezésre [13]. A tényezők számításához szükséges a napszakforgalmak meghatározása, ehhez az adott napi forgalmat a különböző

időegységek közötti szakaszokra kell osztani és azok összforgalmat vizsgálni. A napszakforgalmak segítségével az évi átlagos óraforgalmakat számítottuk ki, az adott napszakra vonatkoztatva.

Évi átlagos napközi forgalom: A teljes évre vonatkoztatott 6 és 18 óra között mért átlagos napközi forgalom nagyság 1/12-ed része.

Évi átlagos esti forgalom: A teljes évre vonatkoztatott 18 és 22 óra között mért átlagos esti forgalom nagyság 1/4-ed része.

Évi átlagos éjszakai forgalom: A teljes évre vonatkoztatott 22 és 6 óra között mért átlagos éjjeli forgalom nagyság 1/8- ad része.

Havi tényező: A havi tényező megmutatja az adott hónap átlagos napi forgalmának arányát a teljes év átlagos napi forgalmához viszonyítva. Ez a mutató a naptári éven belüli havi forgalomlefolynak az eloszlását mutatja meg.

Napszaktényező: A forgalom a napon belüli ingadozását mutatja meg, az adott napi forgalom és a vizsgált napszaki forgalmának arányával fejezi ki.

### 3.2 Mérési adatok validálása

A mérőállomások magas pontossággal képesek forgalmi adatokat mérni, viszont ennek igazolását szükségesnek tartottuk. A budapesti Bartók Béla úton elhelyezett Eco-Counter Easy ZELT mérőeszközénél végeztünk egy órás kézi forgalomszámlálást.

## 4. Időszakos tényezők vizsgálata

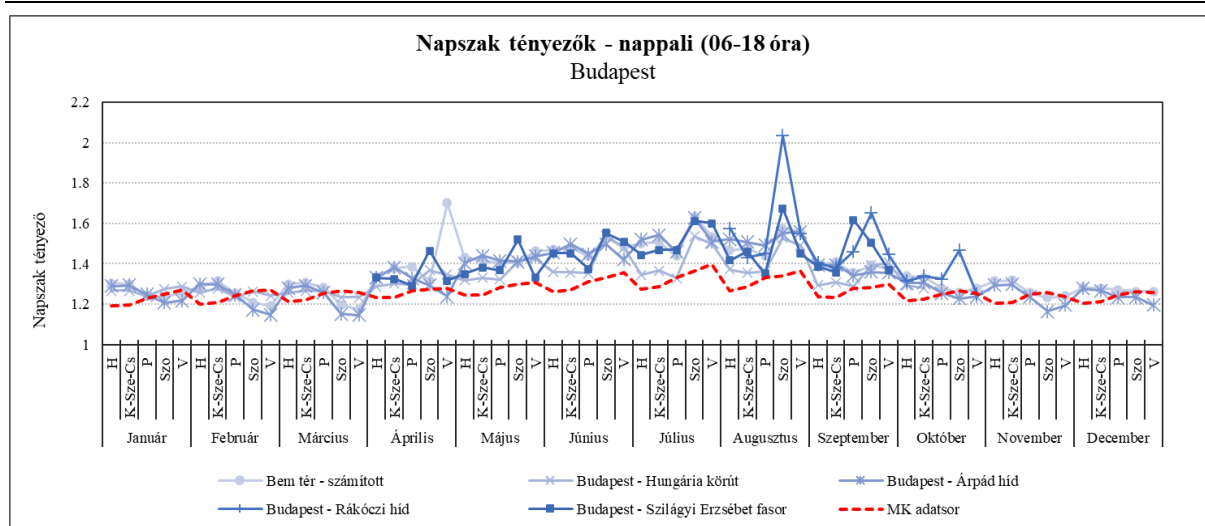
Kutatásunk során részletesen megvizsgáltuk a 13 budapesti és vidéki helyszín adatait, mindegyikre előállítottuk a napi forgalom eloszlását, a nappali, esti és éjjeli napszak tényezőit, továbbá a napi valamint a havi tényezőit származtatott értékeit is. Ezután összevetettük az értékeket a Törvényszerűségi Kiadványban szereplő kerékpáros tényezőikkel.

### 4.1 Budapesti adatok vizsgálata

Budapesten a hat mérési helyszín közül a legnagyobb forgalommal a Bem téri kerékpárosút rendelkezik. Az elmúlt évben mért átlagon napi forgalom (ANF) mértéke közel 3500 kerékpáros/nap volt [14], ez hozzávetőlegesen megegyezik Bécs városában mért ANF-el. A Bem téren mért adatok szerint 2017 és 2022 között az átlagos napi forgalom 42,20%-ot növekedett. A Hungária körút esetében ez az érték 23,96%-ot érte el, ezzel szemben az Árpád hídi állomáson mért adatok szerint mindössze 1,84%-os növekedés figyelhető meg. Az Andrásy út kerékpáros forgalma 2012 és 2019 között 25,17%-kal csökkent, amelynek oka lehet a budapesti közösségi kerékpármegosztó rendszer terjedése miatt a főbb útvonalokról a mellékutakra átcsoportosult forgalom.

A budapesti adatokat helyszínek szerint összesítettük a vizsgált időintervallumon belül. A 7. ábra mutatja a nappali tényező adatait, illetve az előírásban szereplő értékeket. A hidegebb hónapokban (január, február, március, november, december) a nappali forgalom a hétvégéken magasabb, mint a hét első felében. Hétköznapokon az említett időszakban közel 76% a nappali forgalom aránya, míg a hétvégén ez 83%-ra nő. A melegebb hónapokban, illetve a turista szezon kezdetével a nappali forgalom aránya csökken a teljes naphoz képest, illetve júliusban, augusztusban és szeptemberben jelentősen csökken a nappali forgalom a hétvégéken.

A Magyar Közút által definiált nappali napszak tényezőit több helyen is eltérő értékeket mutatnak a budapesti mérési adatokhoz képest. A téli és őszi hónapok esetén az előírásban szereplő tényező közelítően sem követik le egymást a tényleges mért adatokkal. Az előírt hétköznap magasabb forgalom arány helyett, a mért adatok szerint a hétvégén magasabb a nappali forgalom aránya. A nyári, turista szezonban mért nappali forgalom aránya jóval az előírás szerinti értékek alatt van, a grafikonon ez a magasabb értékű napszak tényezőben nyilvánul meg. Ezekben az esetekben közel 10%-os eltérés is tapasztalható.



7. ábra: Nappali napszak tényezők - Budapest (havi bontásban, Törvényszerűségi Kiadvány adataival)

Az esti napszak tényezőkben nagy mértékű eltérés látható, mind a melegebb, mind a hidegebb hónapokban. Novembertől márciusig az esti forgalomban jelentős ingadozás tapasztalható, hétköznapokon a forgalom közel 16%-a, míg hétvégén mindössze 9%-a a teljes forgalomnak. A hétközi és a hétvégi napok forgalmának eloszlása között nem látható nagy mértékű eltérés, viszont a Közút által elkészített tényezők lényegesen alábecsülik a kerékpáros forgalmat. Az előirányzott hétköznapi esti forgalom a ~15% helyett ~25%-ot éri a teljes napi forgalomhoz mérten.

A hidegebb hónapokban az éjjel forgalom jelentősen visszaesik. A teljes napi forgalom 3-5%-a mindössze az este 10 és reggel 6 óra között mért kerékpárosok száma. Ezzel szemben a nyári hónapokban, turista szezon ideje alatt a hétvégén mért éjjeli kerékpáros forgalom 10%-át, egyes helyeken, mint például a Rákóczi hídon akár a 5%-át is elérheti a teljes napi forgalomnak.

Napi tényező esetén az adott hét napi átlagos forgalmának és a vizsgált nap forgalmának arányát mutatja meg. Magasabb napi tényező érték esetén az adott nap forgalma a heti átlaghoz képest alacsonyabb értéket mutat. A Törvényszerűségi Kiadvány által számított napi tényezők trendje hasonlít a budapesti adatok alapján számított értékekhez, viszont a pénteki és szombati napok esetén eltérések adódnak. Októbertől márciusig a hétvégi forgalmak lényegesen kisebbek a teljes heti forgalomhoz képest. Az év összes hónapjában a heti forgalomhoz képest a szombati napokon mért kerékpáros forgalom számottevően alacsonyabb, mint amit az előirányzott értékek mutatnak.

A havi forgalom eloszlására a Törvényszerűségi Kiadványban definiált tényezők közel megegyeznek a forgalmi adatokból számított tényezőkkel.

A budapesti forgalom adatai alapján a hétköznapokon a reggeli és a délután csúcsidőben mérhető a legnagyobb forgalom nagyság. Hétvégeente viszont a napközben egyenletesen eloszlik a kerékpáros forgalom. Éves szinten a kerékpáros forgalom eloszlása márciustól októberig közel megegyező, nem látható kiugró érték az esetleges turisztikai látogatások miatt.

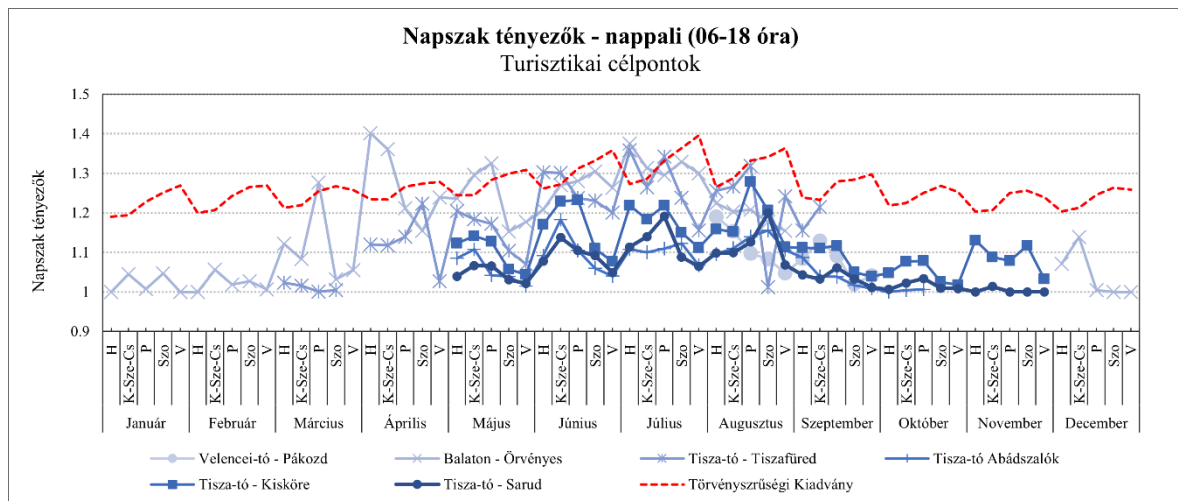
A Törvényszerűségi Kiadvány által előirányzott napszak tényezők mind a nappali, esti és éjjeli adatsor során nagyobb eltérések mutatnak. A Kiadvány adatait minden esetben frissíteni szükséges az elmúlt évek adatai alapján.

#### 4.2 Turisztikai célpontok forgalmi adatok

A budapesti mérésekkel szemben itt nem észlelhető délelőtti és délutáni csúcsóra, ez is igazolja, hogy nem a munkába járás céljából használják kerékpározásra az adott útvonalakat. Szintén a fővárosi forgalommal párhuzamot vonva, itt nem a hétköznapi forgalom van túlsúlyban, a Budapesten mért hétköznapi forgalom megközelítőleg átlagosan hetiforgalom 77,7%-a, míg a vidéki helyszíneken ez mindössze 47,5%.

A budapesti vizsgálathoz hasonlóan a forgalomlefolysa szerint kategorizáltuk a vizsgálat helyszíneket és a hozzájuk tartozó törvényszerűségi tényezőket vetettük össze a mért adatokból számított tényezőkkel. A nappali napszak tényezők esetén az előírásban szereplő értékek a reggel 6 és délután 18

óra közötti kerékpáros forgalom eloszlását jelentősen alábecsüli (8. ábra). Az előirányzott nappali forgalom aránya téli időszakban 1,2-1,3 közötti, ami közel 77% és 83%-nak felel meg, ezzel szemben az mért adatok azt mutatják, hogy lényegében a nappali forgalom több mint 90%-a a teljes napi forgalomnak. Ezek alapján levonható az a következtetés, hogy a hidegebb hónapok esetében a turisztikai célpontoknál a teljes kerékpáros forgalom napközben bonyolódik le. A melegebb nyári időszakokban szintén kisebb nappali forgalommal számol a Törvényszerűségi Kiadvány, hiszen az előre jelzett 71-77%-os napközi forgalmat mindössze a tiszafüredi és az örvényesi helyszíneken sikerült megközelíteni.



8. ábra: Nappali napszak tényezők - Turisztikai célpontok (havi bontásban, Törvényszerűségi Kiadvány adataival)

Az esti napszak tényezők estén a Törvényszerűségi Kiadvány által előirányzott értékek a melegebb hónapokban 5-8 között vannak, amik hozzávetőlegesen a teljes napi forgalom 12,5%-20,0%-át jelenti. A vizsgált helyszínek között nagy a szórás az esti forgalmat tekintve, minden esetben más-más hónap napjain mérhető a nagyobb esti forgalom. Az éjjeli forgalom is jelentősen eltér a Törvényszerűségi Kiadvány értékeitől.

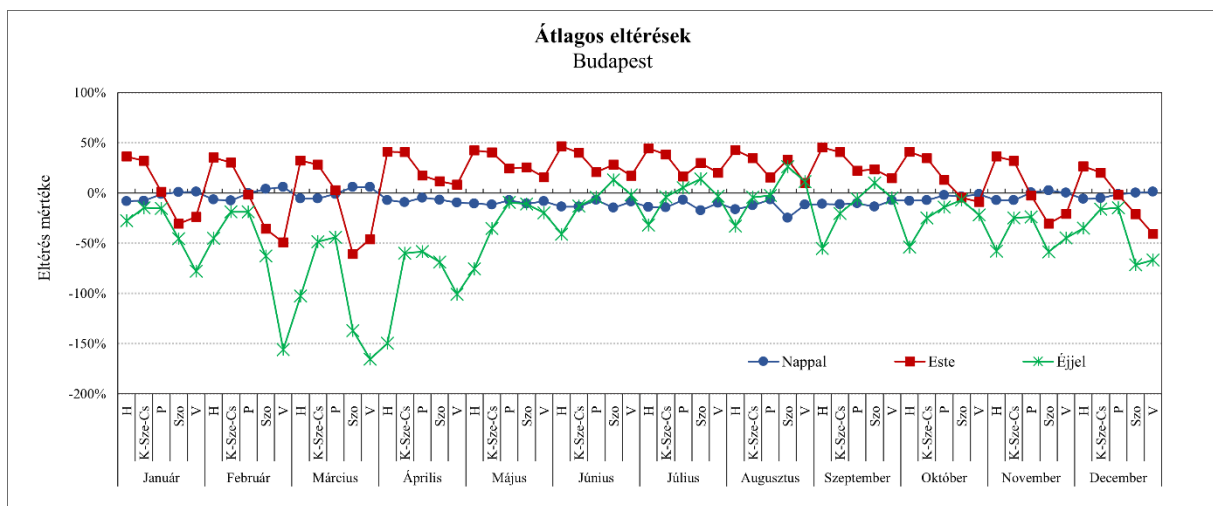
Napi tényezők esetén az azonos helyszínek környezetében lévő lokációkat összevonva kezeltem, az adatokat átlagolva vizsgáltam. Az év eleji adatok minden helyszínen hasonló változásokat mutatnak. Januártól áprilisig rendre a hétvége közeledtével kezdett nőni a forgalom, de főként a szombati napokon látható nagyobb forgalom. Ebben az időszakban a hétközi forgalmak eloszlásában nagy szórás tapasztalható. A soproni és balatoni helyszínek forgalmának napi eloszlása közelíti meg a legjobban egymást az év elején mért adatok alapján. A júliusi és augusztusi hónapokban számított napi tényezők közeli egyezést mutat a Törvényszerűségi Kiadvány által szolgáltatott adatokkal. Az említett hónapokban a különböző helyszínek között sem észlelhető nagy mértékű eltérés, illetve a hétköznapi és a hétvégeken közel megegyező arányban voltak jelen kerékpárosok.

A számított havi tényezőket tekintve a turisztikai célpontok esetében vizsgálat nélkül is feltételezhető, hogy a téli, hidegebb hónapokban kisebb a kerékpáros forgalom. Májustól augusztusig mért kerékpár forgalom aránya a teljes évi forgalomhoz képest közel megegyező nagyságú minden helyszín tekintetében.

A turisztikai célpontok esetén mért adatok teljes mértékben tükrözik azt, ami egy túraútvonalon elhelyezkedő kerékpárúttól várunk. Nappali kerékpáros forgalom a hétvégeken nagyobb, illetve a havi tényezőket tekintve is a nyári turista szezon alatt mérhető nagy kerékpáros forgalom. Napi tényezők esetében meglehetősen nagy a szórás, mivel csak egy éves időtartamot sikerült vizsgálni, ennek pontosításához hosszabb vizsgálati időtáv szükséges.

### 4.3 Törvényszerűségi Kiadványtól való eltérés vizsgálata

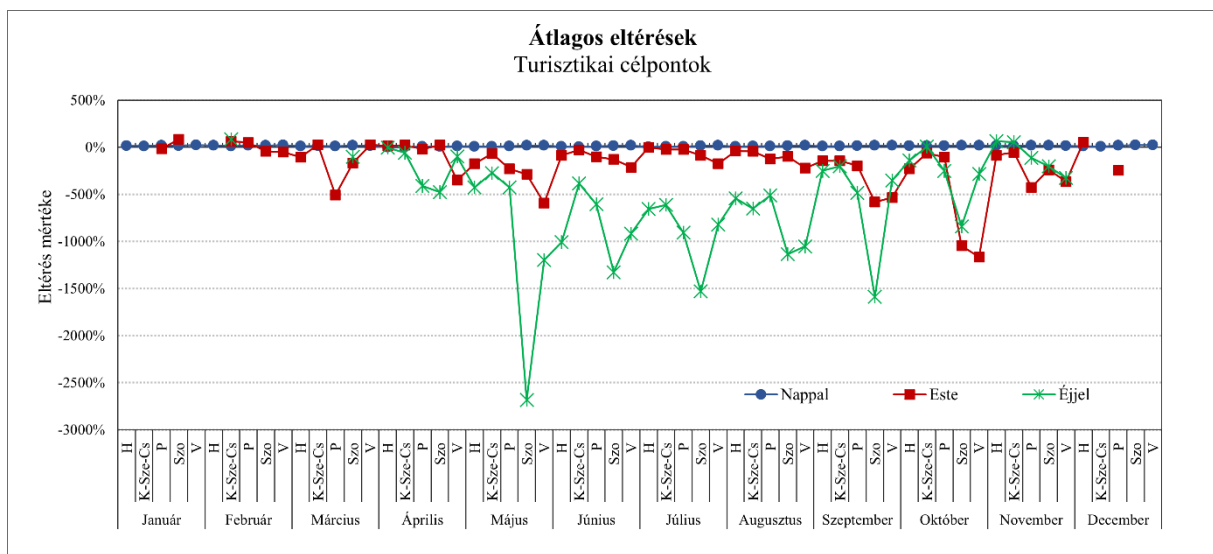
A Magyar Közút által készített Törvényszerűségi Kiadvány alapján számítják a tervezett kerékpárúttak számára a várható átlagos napi forgalmat. Az előzőekben bemutatott forgalmi vizsgálatok eredményei alapján a jelenleg érvényben lévő kiadvány tényezőinek értéke nem tükrözi teljes mértékben a tényleges forgalmi viszonyokat.



9. ábra: Napszak tényezők átlagos eltérései – Budapest

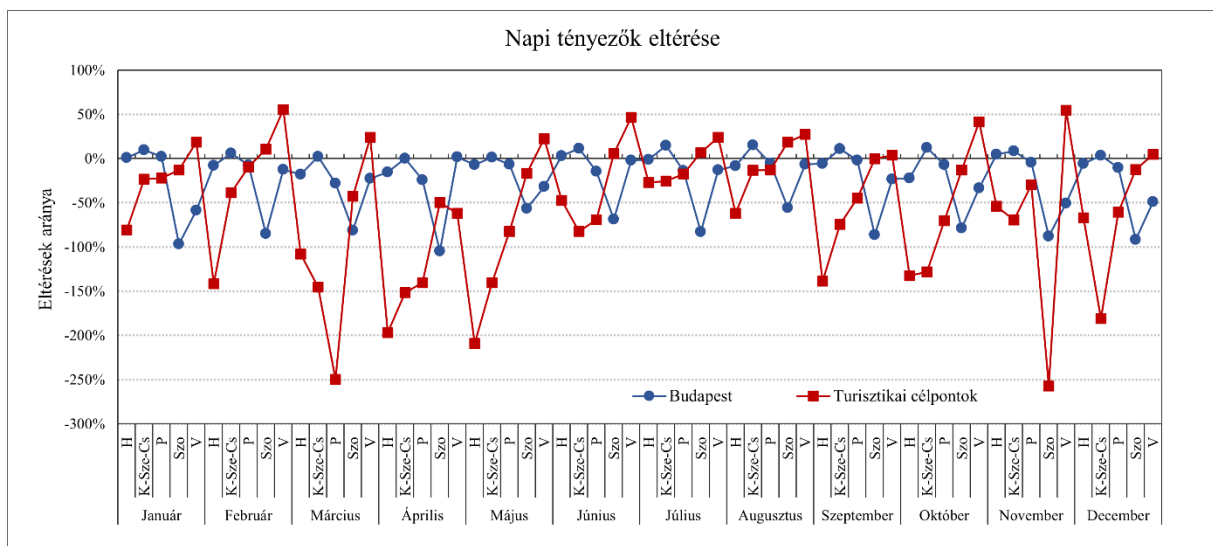
A 9. ábrán látható a budapesti napszak tényezők eltérése a Törvényszerűségi Kiadvány tényezőihez képest. A nappali tényezők esetében mindössze pár százalékos egységes negatív irányú eltérések tapasztalhatóak, ezek a forgalom nagyságának túl becslését jelzi. Az esti napszak tényezők a hétközi és hétvégi forgalom egymáshoz való viszonyában mutat eltérést a hidegebb hónapok esetében, ezt az x-tengely körüli váltakozás jelzi. A nyári hónapok esetén az esti forgalom nagyságot alábecsüli közel 25-40%-kal. Az éjjeli forgalom esetén a napszak tényezők eltérései nagy mértékű szórást mutatnak.

A turisztikai célpontok esetén mért nappali napszak tényezők mindössze 10-20% közötti pozitív irányú eltérést mutatnak, ami a forgalom eloszlásának alábecslését jelzi (10. ábra). Ezzel szemben az esti és éjjeli forgalom szempontjából nagy mértékű eltérések tapasztalhatóak. A vizsgálat helyszíneken az előírányzott forgalomnagysággal szemben, szinte alig van kerékpáros forgalom.



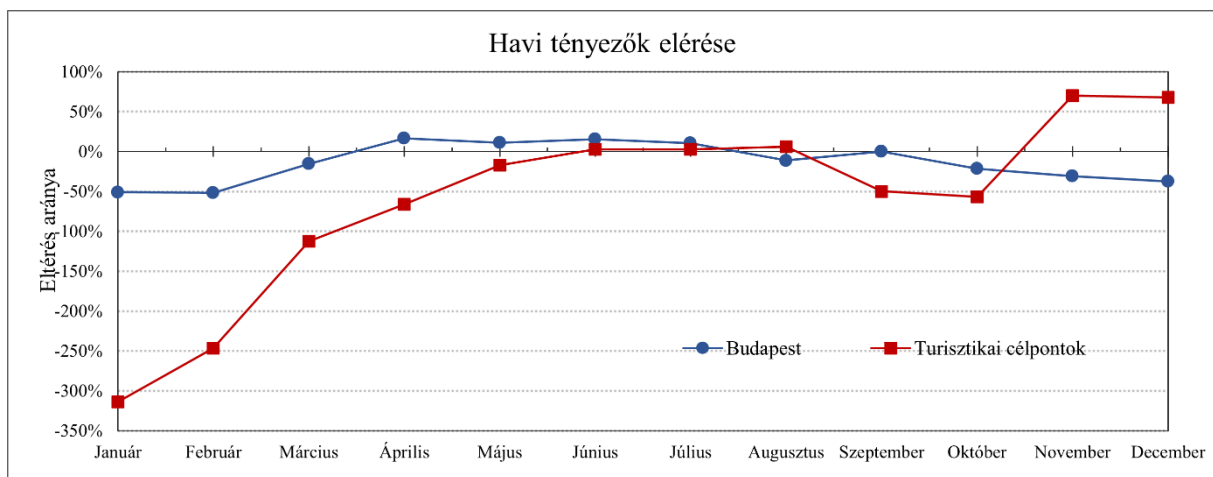
10. ábra: Napszak tényezők átlagos eltérései - Turisztikai célpontok

A budapesti napi tényezők és a Törvényszerűségi Kiadvány tényezői között elsősorban a hétvégi napokon látható a kiadvány tényezőjéhez viszonyított negatív irányú 50-100%-os eltérés. A turisztikai célpontok esetében a nyári hónapok alatt láthatóak kisebb, viszont az év többi hónapjánál már nagyobb mértékű eltérések láthatóak (11. ábra).



11. ábra: Napi tényezők átlagos eltérései

A havi tényezők tekintetében a budapesti adatokhoz képest mindössze pár százalékos különbség látható a melegebb hónapok esetén, viszont a téli, hidegebb hónapoknál már -50%-os eltérés tapasztalható. Ezzel szemben a vidéki helyszíneken csak júniusban, júliusban és augusztusban egyezik meg a kiadvány előírányozott adataival a havi tényező mértéke. A téli hónapokban már nagy eltérések láthatóak (12. ábra).



12. ábra: Havi tényezők átlagos eltérései

Az összehasonlított tényezők alapján belátható, hogy a Törvényszerűségi Kiadvány által közölt tényezők nem teljesen fedik a valóságot. Annak érdekében, hogy tényleges és valós adatokat számítsanak több mérőállomás és hosszabb időtartamú forgalmi vizsgálat szükséges. Az elmúlt években megsokszorozódott a vidéki helyszínekre telepített kerékpáros forgalomszámoló mérőállomások száma, így a közel jövőben minden bizonnyal pontosabb törvényszerűségi tényezőket lehet majd előállítani.

#### 4.4 Hazai és külföldi adatok összehasonlítása

A hazai törzshálózati kerékpárutak nemzetközi kerékpárúthálózat részét is képzik, emiatt érdemes több külföldi város forgalmi adataival összehasonlítani a magyarországi méréseket. Illetve a Nyugat-Európai városok kerékpáros infrastruktúra szintjén előrehaladottabbak, ezáltal célszerű az ott mérhető forgalmi tényezők vizsgálata a hazai tényezőkkel szemben. A külföldi városok tekintetében a Prágában mért kerékpáros forgalom eloszlása közel megegyező arányt mutat a zánkai, fenékpusztai, tóalmi és soproni kempingi adatokkal. Bécs, Freiburg és Sundbyberg városában mért megoszlás közel megegyező a fővárosban mért Bem téri és Hungária körüti adatokkal.

## Konklúzió

A forgalomszámlálás elsődleges célja az adott útvonal, útszakasz évi átlagos napi forgalmának (ÁNF) meghatározása, ezenfelül a mért adatok segítségével vizsgálni lehet a forgalom időbeli lefolyását is.

A kerékpárutak tervezési folyamata során a várható átlagos napi forgalom egy fontos indikátora annak, hogy milyen szolgáltatási szint lesz elérhető a kerékpárút létesítése után. Az ÁNF számításához szükséges törvényszerűségi tényezőket a Magyar Közút határozza meg az éves forgalomszámlálás során. Kutatásunk során Budapesten és pár közkedvelt turisztikai célpont térségében található kerékpáros mérőállomások adatai segítségével vizsgáltuk ezeket a tényezőket.

A napszak tényezők átlagos eltérései budapesti helyszíneken a nyári hónapok esetén az esti forgalom nagyságot alábecsülik közel 25-40%-kal. A turisztikai célpontok esetén mért nappali napszak tényezők 10-20% közötti pozitív irányú eltérést mutatnak. A budapesti napi tényezők és a Törvényszerűségi Kiadvány tényezői között elsősorban a hétfői napokon látható a kiadvány tényezőjéhez viszonyított negatív irányú nagy mértékű eltérés. A turisztikai célpontok esetében a nyári hónapok alatt láthatóak kisebb, az év többi hónapjánál viszont már nagyobb mértékű eltérések a havi tényezőkben.

Az összehasonlított tényezők alapján belátható, hogy a Törvényszerűségi Kiadvány által közölt tényezők nem tükrözik megfelelően napjaink kerékpáros forgalmának jellemzőit. Annak érdekében, hogy megfelelő törvényszerűségi értékek álljanak rendelkezésre több mérőállomás hosszabb időtartamú forgalmi vizsgálatára van szükség. Az elmúlt években megsokszorozódott a vidéki helyszínekre telepített kerékpáros forgalomszámláló mérőállomások száma, így a közel jövőben lehetőség nyílik pontosabb törvényszerűségi tényezők előállítására.

## Irodalomjegyzék

- [1] European Cyclists' Federation, „Economic benefits”.
- [2] Directorate-General for Communication, „Special Eurobarometer 495: Mobility and transport,” 2020.
- [3] Magyar Kerékpárosklub, „Így bringázik Magyarország 2022 - Országos reprezentatív kutatás,” 2022.
- [4] Innovációs és Technológiai Minisztérium, „Kerékpárutak üzemeltetése és fenntartása,” [Online]. Available: <https://kormany.hu/dokumentumtar/kerekparutak-uzemeltetese-es-fenntartasa>.
- [5] European Commission, „Guidance for Cycling Projects in the EU,” Directorate-General for Mobility and Transport, [Online]. Available: [https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/clean-transport-urban-transport/cycling/guidance-cycling-projects-eu\\_en](https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/clean-transport-urban-transport/cycling/guidance-cycling-projects-eu_en).
- [6] European Commission, „Selecting cycle measures for your city - Further considerations for applicability,” Directorate-General for Mobility and Transport, [Online]. Available: [https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/clean-transport-urban-transport/cycling/guidance-cycling-projects-eu/cycling-measures/selecting-cycle-measures-your-city-further-considerations-applicability\\_en](https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/clean-transport-urban-transport/cycling/guidance-cycling-projects-eu/cycling-measures/selecting-cycle-measures-your-city-further-considerations-applicability_en).
- [7] „Nemzeti Kerékpáros Konceptió 2014-2020,” 2013.
- [8] Innovációs és Technológiai Minisztérium, „Kerékpárutak üzemeltetése és fenntartása,” [Online]. Available: <https://kormany.hu/dokumentumtar/kerekparutak-uzemeltetese-es-fenntartasa>.
- [9] Magyar Közút Nonprofit Zrt., „Önkormányzati utak adatai,” 2021. [Online]. Available: <https://www.kozut.hu/kozerdeku-adatok/orszagos-kozuti-adatbank/onkormanyzati-utak-adatai/>.
- [10] MAÚT, „e-UT 02.01.21 Országos közutak keresztmetszeti forgalmának számlálása és a forgalom nagyságának meghatározása”.
- [11] MAÚT, „e-UT 04.01.12 Jármű- és gyalogosérzékelők (detektorok) alkalmazása”.
- [12] Strava Metro, „Introducing the new Strava metro,” 26 Nov 2019. [Online]. Available: <https://medium.com/strava-metro/introducing-the-new-strava-metro-ac6cd482286>.
- [13] MAÚT, „Törvényszerűségi kiadvány,” június 2019. [Online]. Available: <https://internet.kozut.hu/download/torvenyszerusegi-kiadvany-2018/>.
- [14] European Commission, „Guidance for Cycling Projects in the EU,” Directorate-General for Mobility and Transport, [Online]. Available: [https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/clean-transport-urban-transport/cycling/guidance-cycling-projects-eu\\_en](https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/clean-transport-urban-transport/cycling/guidance-cycling-projects-eu_en).

# Kerékpárral közlekedők előzésekor tartandó oldaltávolság vizsgálata OpenBikeSensor mérőműszerrel mérve / Analysis of passing distance for cyclist measured via OpenBikeSensor

Kovács Katalin<sup>1</sup> – Kunhalmi Zoltán<sup>2</sup> – Dr. Makó Emese<sup>3</sup>

<sup>1</sup>TSPC Mérnökiroda Kft.

<sup>1</sup>kovacs.katalin1028@gmail.com

<sup>2</sup>Kerékpáros Miskolc Egyesület

<sup>2</sup>elnok@kereparosmiskolc.net

<sup>3</sup>Széchenyi István Egyetem

<sup>3</sup>makoe@sze.hu

**Kivonat:** Közös érdekünk a kerékpárhasználók részarányának növekedése a közlekedésben. Azonban gyakori, hogy a kerékpározók nem érzik biztonságban magukat az utakon. Kulcskérdés az elütéstől, elsodrástól való félelem, mely akár végleg gátat szabhat a kerékpározásra való hajlandóságnak. Számos országban fölismerték ennek jelentőségét, és a közlekedés biztonságának javítása érdekében jogszabályban határozták meg az egy nyomon közlekedők előzésekor tartandó oldaltávolság alsó határértékét. Magyarországon a hatályos KRESZ nem tartalmaz erre vonatkozó diszkrét értékeket. Kutatásunk során feldolgoztuk a nemzetközi szakirodalmat és terepi oldaltávolság méréseket végeztünk. Kerékpárra szerelhető ultrahangos mérőműszer, ún. OpenBikeSensor használatával különböző hazai, regionális infrastruktúrákon föltérképeztük a jelenleg tapasztalható oldaltávolságokat. 920 darab rögzített előzési oldaltávolság mérési eredmény medián értéke 1,42 méterre adódott, amely a legtöbb kampányban és jogszabályban szereplő 1,5 méteres alsó határérték alatt marad. Méréseink visszaigazolják a téma relevanciáját és aktualitását. Összegzett tapasztalatainkat alapul véve javaslatot fogalmazunk meg a KRESZ vonatkozó szabályának módosítására.

**Abstract:** Increasing the share of cycling in the transport system is our common interest. Nevertheless, cyclists often feel unsafe when they are sharing the road with motorists. Fearing a potential sideswipe accident many people decide to choose another mean of transportation in order to avoid danger. Having identified the importance of this issue in improving accident statistics, numerous countries have put regulations in place to control the minimum lateral distance vehicles must keep when executing an overtaking maneuver in relation to the commuter travelling on the same track in front of them. In Hungary The Highway Code does not specify discrete values for the aforementioned lateral distances. During our research, we processed the international literature, and we performed field measurements. To analyze the applied lateral distances in traffic on different types of Hungarian infrastructure, we used an ultrasonic measuring device called OpenBikeSensor. This is a small electronic device attached to a bicycle that records the distance to passing vehicles during the ride. In our research the median value of our 920 recorded overtaking lateral distance measurements is 1.42 meters, which is below the 1.5 meters minimum suggested by many campaigns and regulations. Our measurements confirm the relevance and actuality of the topic. Based on our summarized observations, we propose discrete values for changing the Hungarian regulations in the future.

**Kulcsszavak:** *kerékpár; kerékpáros biztonság; közlekedésbiztonság; oldaltávolság; előzési manőver; OpenBikeSensor, kerékpáros infrastruktúra; jogszabályozás; KRESZ*

**Keywords:** *bicycle; cyclist safety; traffic safety; lateral passing distance; overtaking manoeuvre; OpenBikeSensor; cycling infrastructure; legislation; The Highway Code*

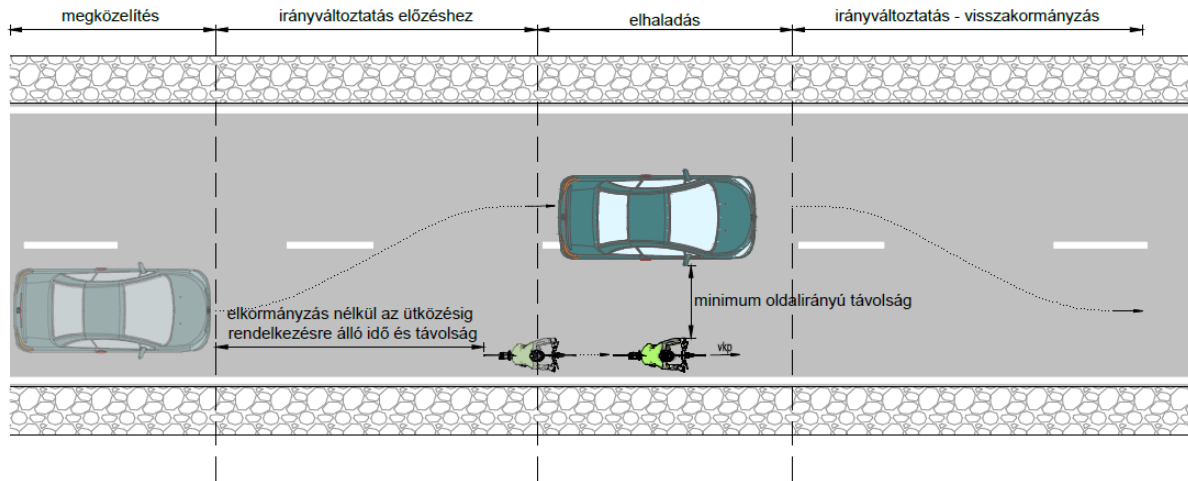
## Bevezetés

A forgalomnagyságok alakulását vizsgálva (Magyar Közút Nzrt., 2022) látható, hogy a gépjárműforgalom mértéke hazánkban is folyamatosan növekszik. Az egyre nagyobb egyéni gépjárműforgalom fokozódó környezetterhelést és externális gazdasági károkat eredményez, melynek jeleit lokálisan és globálisan is tapasztaljuk. Ezért a világban egyre több nagyváros mobilitási tervének

célkitűzése az egyéni gépjárműforgalom modal split részarányának csökkentése a közösségi közlekedés, illetve az aktív közlekedési módok használatának javára. 2021-ben az EU-ban az összes közúti forgalomban bekövetkezett halálest 9%-át tették ki a kerékpáros áldozatok (Európai Bizottság, 2023). A Kormány által kitűzött cél elérésében, a kerékpárral megtett utazások számának növelésében (Nemzeti Kerékpáros Stratégia 2030) kulcselem lehet, ha a kerékpározók rendszerszinten biztonságban érezhetik magukat közlekedés közben, és az elsodrától, elütéstől való félelemérzet nem gátolja őket a közlekedésmód-választásban.

Az előzési folyamatnak 4 szakaszát különböztethetjük meg: (lásd **1. ábra**)

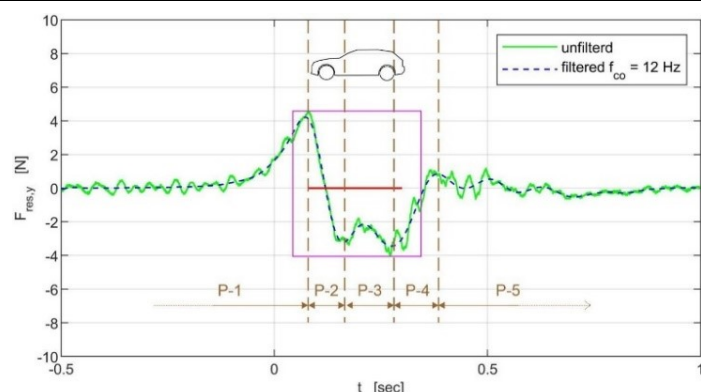
1. A megelőzni szándékozott jármű megközelítése
2. Irányváltoztatás: a megelőzni kívánt járműtől biztonságos távolságra új haladási vonal fölvétele
3. Elhaladás a másik jármű mellett
4. Irányváltoztatás: visszatérés az előzés megkezdése előtti haladási vonalra



24. ábra: Előzési folyamat szakaszai (forrás: saját szerkesztés)

Az előzési oldaltávolság a teljes folyamat során, egy adott időpillanatban a két jármű egymáshoz legközelebbi pontjai között értelmezhető fizikai távolsága. Az **1. ábrán** látható 3. szakaszban, azaz elhaladás során a kerékpár kormányzése és a gépjármű tükre közötti távolság. A tartott oldaltávolság komfortzónájának határa egyénenként eltérő, azonban szükséges, hogy a szűkebb tűréshatárral rendelkezőkhöz igazítsuk a leendő hazai szabályozást. Az oldaltávolság alapvetően közös használatú közúti felületen értelmezendő, azonban méréseket gépjármű forgalmi sávól burkolati jel felfestéssel elválasztott kerékpáros infrastruktúra típusokon is végeztünk.

Ha nem is történik az előzés során fizikai érintkezés a gépjármű és kerékpáros között (elütés), a túl közletről és/vagy nem megfelelő sebességválasztással kivitelezett előzés elsodorhatja a legvédtelenebb úthasználókat. Aerodinamikai vizsgálatok (Christof Gromke, Bodo Ruck, 2018) kimutatták, hogy egy nyomás fázis után, amely eltolja a kerékpárost a közlekedő fázistól egy hirtelen átváltással szívóhatás keletkezik (**2. ábra**). A terhelés később kisebb intenzitással, de újra átbillen szívó hatásról nyomásra, majd nullára csökken csillapodó, kis amplitúdójú, oszcilláció-szerű ingadozásokkal.



25. ábra: A  $V_{veh} = 80 \text{ km/h}$  névleges sebességgel és  $d_y = 1,0 \text{ m}$  oldaltávolsággal végrehajtott 5 előzés során a gépkocsi által a bábu-kerékpár egységre (felnőtt bábu túra-kerékpáron, nyeregtáska nélkül) gyakorolt oldalirányú terhelések együttes átlagolt idősorozata

Kutatásunk során áttekintettük a téma nemzetközi szakirodalmát és egy arra alkalmas eszközzel saját terepi méréseket végeztünk.

Hazai előzményként említjük a Borsod-Abaúj-Zemplén Megyei Rendőr-főkapitányság Balesetmegelőzési Bizottsága és a Kerékpáros Miskolc Egyesület 2018-as komplex oldaltáv-kampányát, melyben 5 rendőrkapitányság illetékességi területén leállítási oldaltáv-mérés is szerepelt. A hazai fejlesztésű, kísérleti műszerrel nem sikerült következtetések levonásához elegendő mérést végezni. A tapasztalatok úgy mutatták, hogy a mért előzéseket követően a forgalomellenőrző járőrök által megállított gépkocsivezetők jellemzően nem tudták megmondani, hogy milyen oldaltávval előztek, vegyesen alá- vagy fölé becsülték a rögzített értékeket.

## 1. Jogi szabályozások

A magyar KRESZ-ben az előzéskor tartandó oldaltávolságot a 34. paragrafus taglalja. Öt feltételt határoz meg, melynek mind teljesülnie szükséges, hogy az előzés megkezdhető legyen. A témánk szempontjából releváns részletet emeljük ki: „34. § (1) Előzni abban az esetben szabad, ha (...) d) az előzés során a megelőzendő jármű mellett megfelelő oldaltávolságot lehet tartani; (...) e) a vezető az előzés befejezése után a járművel a megelőzött jármű elé, annak zavarása nélkül vissza tud térni.”

A Bécsi Közúti Közlekedési Egyezmény 11. Előzés és párhuzamos közlekedés cikke szerint: „4. Az előzés során a vezetőnek a megelőzött úthasználó vagy úthasználók mellett elegendő oldaltávolságot kell tartania.”

Látható, hogy egyik jogszabály sem határozza meg pontosan az oldaltávolság fogalmát, ahogy azt sem számszerűsíti, hogy mekkora annak elvárható, szükséges, indokolt mértéke.

A jelenleg hatályos jogszabályozások néhány példáját mutatja be az **1. táblázat**. Az oldaltávolságra vonatkozó alsó határértékű diszkrét értékű szabályozások eleinte 1,0 méter, később 1,0/1,5 méteres oldaltávolság-minimumot írtak elő. A legújabb szabályozásokban azonban már 1,5/2,0 méter jellemző. Míg a határértékeket korábban jellemzően lakott terület/lakott területen kívül bontásban határozták meg, újabban az közutakra engedélyezett sebességhatár alapján: 30 km/h vagy 50 km/h alatt a kisebb, afölött a nagyobb alsó határérték érvényes. Hazai környezetben a KRESZ módosítás tervezetben lakott területen 1,0 méter, lakott területen kívül 1,5 méter minimálisan tartandó oldaltávolság szerepel.

1. táblázat: Aktuális jogszabályozásban előírt minimális oldaltávolság értékek egyes országokban

Ország	Szabályozás/tervezett alsó határérték	Megjegyzés
Anglia, Skócia, Wales	30 mph-ig (kb. 48 km/h) 1,5 m afölött ennél nagyobb távolság.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 30 mph fölötti sebességnél a határérték nincs meghatározva,</li> <li>• Rossz idő (különösen szél) és éjszaka fokozott óvatosság és megnövelt oldaltávolság</li> </ul>
Ausztria	30 km/h-t meghaladó sebességgel közlekedő gépjárműnek lakott területen 1,5 m lakott területen kívül 2,0 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2022. október 1.: számos kerékpározásbarát KRESZ módosítás</li> </ul>
Belgium	lakott területen 1,0 m lakott területen kívül 1,5 m	
Csehország	30 km/h-ig 1,0 m 30 km/h fölött 1,5 m	
Franciaország	lakott területen 1,0 m lakott területen kívül 1,5 m	
Hollandia	Nincs diszkrét érték.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Következtesen elválasztják a kerékpárforgalmat a gépjárműforgalomtól 30 km/h fölött</li> <li>• Önmagát magyarázó utak, burkolat jellemzően színezett, polgári jogi felelőssége a gépjárművezetőknek a legvédtelenebb úthasználókkal szemben</li> </ul>
Írország	50 km/h alatt: 1,0 m 50 km/h fölött: 1,5 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Egyszemélyes kezdeményezésből indult sikertörténet és bevezetett alsó határértékek (Phil Skelton)</li> </ul>
Litvánia	50 km/h-ig 1,0 m 50 km/h fölött 1,5 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Csak ajánlás</li> </ul>
Luxemburg	1,5 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2x1 sávós úton az ellenkező irányú forgalmi sávba átlépve kell előzni</li> </ul>
Magyarország	lakott területen 1,0 m lakott területen kívül 1,5 m (javaslatban szereplő értékek)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• KRESZ: „d) az előzés során a megelőzendő jármű mellett megfelelő oldaltávolságot lehet tartani.”</li> <li>• Kampanyok</li> <li>• „Így bringázik Magyarország 2022” felmérése alapján 62% találja szükségesnek rögzíteni a diszkrét értéket</li> </ul>
Németország	lakott területen 1,5 m lakott területen kívül/ gyermek is utazik/ utánfutó: 2,0 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2020. április: számos kerékpározásbarát KRESZ módosítás</li> </ul>
Portugália	1,5 méter	
Queensland, Ausztrália	60 km/h alatt 1,0 m 60 km/h fölött 1,5 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 éves próbaidőszak kiértékelése után vezették be</li> <li>• pl. kettős záróvonal átléphető kerékpározó előzésekor</li> </ul>
Spanyolország	1,5 méter és lassítani kell 20 km/h-val	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Korábbi szabályozáshoz 2021 februárjától sebességcsökkentés is (2019: a védtelen közlekedők halálozási száma meghaladta a gépjárművel közlekedő utasok halálozási számát. Ezt a tendenciát igyekeznek visszaszorítani)</li> </ul>
Szlovákia	50 km/h-ig 1,0 méter 50 km/h fölött 1,5 m	
USA	3–4 foot (kb. 0,9–1,2 méter)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Szövetségi államonként változó, többségükben számszerűen meghatározott</li> </ul>

## 2. Vizsgálat

### 2.1 Külföldi vizsgálatok

Az utóbbi évtizedekben egyre nagyobb figyelmet és szakmai érdeklődést kapnak a kerékpáros - gépjármű interakciókat vizsgáló tanulmányok. Ahhoz, hogy a külföldi és hazai valós forgalmi szituációkat számszerűen mérni lehessen, egy olyan (jellemzően kerékpárról mérő) eszközre van szükség, amely a kielőző jármű távolságát méri a kerékpárhoz képest. Jellemző, hogy oldaltávolsággal foglalkozó projektek esetén egyedi fejlesztésű, specifikált mérőeszközök használatosak.

Például a berlini Radmesser projekt során is saját építésű eszközzel dolgoztak. A mérőműszert fizikusokból, újságírókból és machine learning szakértőkből álló interdiszciplináris csapat fejlesztette ki. A projekt során 2018 augusztusában 100 mérőműszert építettek és osztottak szét 100 lakos között, akik kerékpárról mérték a gépjárművek által tartott előzési oldaltávolságot. Habár a mérés idején Németországban 1,50–2,00 méter között volt a jogszabályban rögzített minimálisan tartandó oldaltávolság értéke, a mérés során rávilágítottak arra, hogy az esetek 56%-ban nem tartottak 1,50 métert. Sőt, az esetek 18%-ában 1,00 méteres távolság sem volt meg, amely különösen balesetveszélyes szituációkat eredményezhet.

Németországban kifejlesztett oldaltávolság mérő eszköz az OpenBikeSensor, mely 2022-ben 1. helyezést ért el a Deutscher Fahrradpreis (Német Kerékpárdíj) „Kategorie Service & Kommunikation„ („Szolgáltatás és kommunikáció”) kategóriájában. A mérőeszköz oldaltávolságokat mér balra és jobbra is, így még több következtetést lehet levonni például kerékpáros-kerékpáros interakciókból, vagy a parkoló autók mellett történő elhaladáskor. Az eszköz előnye, hogy egy nyílt forráskódú projekt része. Az eszköz készen nem megvásárolható, azonban bárki által összeszerelhető, és az ehhez szükséges alkatrészek listája, az összeépítési útmutató és használati utasítás megtalálható az [openbikesensor.org](http://openbikesensor.org) honlapon. Németországban mára közösséggé nőtte ki magát és számos önkéntes végez méréseket és fejlesztéseket.

### 2.2 Alkalmazott mérőeszköz

Méréseinkhez a Németországban kifejlesztett OpenBikeSensor nevű eszközt alkalmaztuk. A kerékpárra szerelhető eszköz 3 db ultrahangos érzékelővel rendelkezik (maximális mérési tartományuk 285 cm), melyekkel folyamatosan rögzíti a távolságokat a kerékpár két oldalán mérve. Továbbá GPS koordinátákat is rögzít a szerkezet. A szenzorhoz egy, a kormányra elhelyezhető vezérlőelem is tartozik, melynek gombjának megnyomásakor az előzési manőverek rögzíthetőek. A rögzítésre a gépjármű elhaladását követően 5 másodperc áll rendelkezésre. Az adatokat az eszköz felhőbe vagy SD kártyára rögzíti. A nyers adatokat CSV fájlban lehet elérni.



26. ábra: A mérésekhez használt OpenBikeSensor. Balra: elöl a vezérlőelem látható, a háttérben a szenzor. Jobbra: a műszer kerékpárra szerelve, mérés közben

## 2.3 Célkitűzések

Nemzetközi kutatások jellemzően több résztvevő és több eszköz segítségével történnek. Hazai kutatásunkhoz egy mérőeszköz állt rendelkezésre, mely a kutatás körülményeit is meghatározta és a gyűjtött adatmennyiség is arányosan csekélyebb. Vizsgálatainkat így nem különböző mérnöki és társadalomtudományi következtetések levonására összpontosítottuk, hanem a különböző infrastruktúra típusok összehasonlítására. A méréseket eltérő beépítettségű és útkategóriájú utakon végeztük, hogy minél inkább lefedjék a kerékpáros infrastruktúra-típusok és vegyes forgalmú közutak előzési szokásait. Több különböző sebességkorlátozású útszakaszon, különböző infrastruktúra típusokon kerültek rögzítésre az értékek.

## 2.4 Mérési körülmények

A mérések 2023 májusában készültek utcai öltözetben, sisakot és lakott területen láthatósági mellényt nem viselve, lakott területen kívül láthatósági mellényben. Vegyesen munkanapokon és hétvégén, csúcsidőszakban és átlagos forgalmi viszonyok között is; de mindig száraz időjárású napokon mérve. (Az OBS lézernyomatott váza nem vízálló.) Amennyire az úthibák, víznyelők, aknafedélapok, nyomvályúsodások engedték, a kerékpározó a nyitott kerékpársáv, illetve egyszerű kerékpársáv sávjának közepének nyomvonalán haladt, míg vegyes forgalmú közutakon jobbra tartással, az útburkolat szélétől megközelítőleg 0,75 méterre.

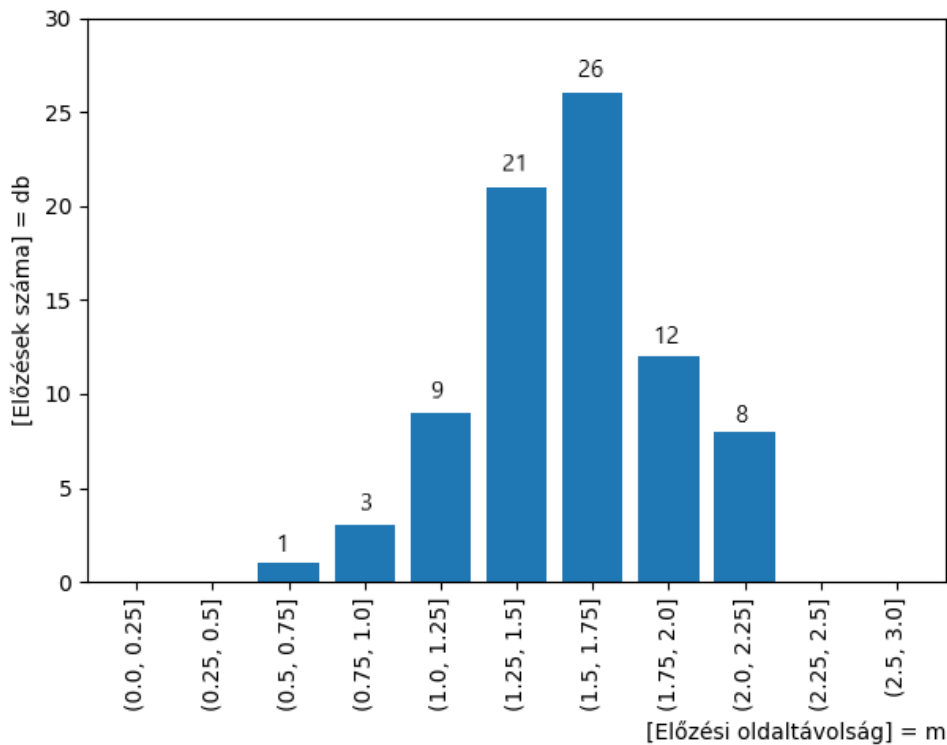
## 3. A vizsgálat eredményei

### 3.1 Nyitott kerékpársáv

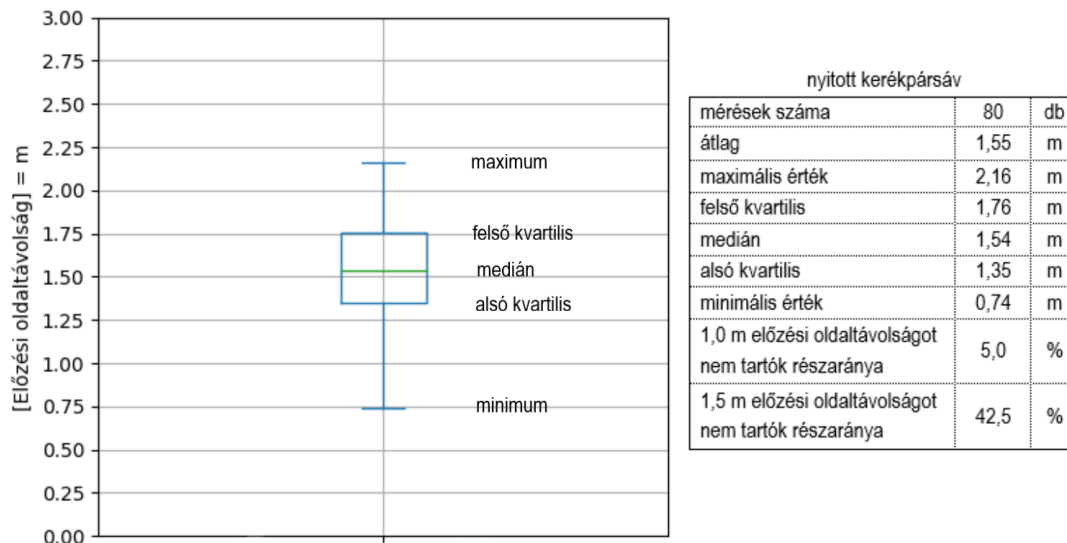
A nyitott kerékpársáv mérési területe Dunakeszin, a Dunakeszi-gyártelep vasútállomástól északra húzódó Klapka György utca 1,25 km hosszú szakasza volt, a Tamási Aron utca és a Sólyom utca között. (vasúti pálya közúti aluljáró műtárgy előtti részig). Az utca 1,25–1,25 méter széles kétoldali nyitott kerékpársávval és 3,5 méter széles forgalmi sávval rendelkezik. (6,0 méter széles burkolt felület) Süllyesztett szegély futósor szegélyezi (0,15 m széles), aszfalt burkolatának állapota megfelelő, repedezettségektől, nyomvályúsodástól mentes.

A részletes mérési eredmények oszlopdiagramon szemléltetve a **4. ábrán**; box plot diagramon szemléltetve a **5. ábrán** láthatóak.

Összesen 80 db előzési manőver került rögzítésre nyitott kerékpársávon. A gépjárművezetők 5 %-a nem tartott minimum 1,0 méteres előzési oldaltávolságot, és 42,5 %-a nem tartott 1,50 méteres alsó határértékű előzési oldaltávolságot. A legkisebb tartott oldaltávolság 74 centiméterre adódott.



27. ábra: Nyitott kerékpársáv mérési eredményei oszlopdiagrammal szemléltetve. Az előzési oldaltávolságok az X tengelyen láthatóak 25 cm-es intervallumokra osztva nyitott kerékpársáv



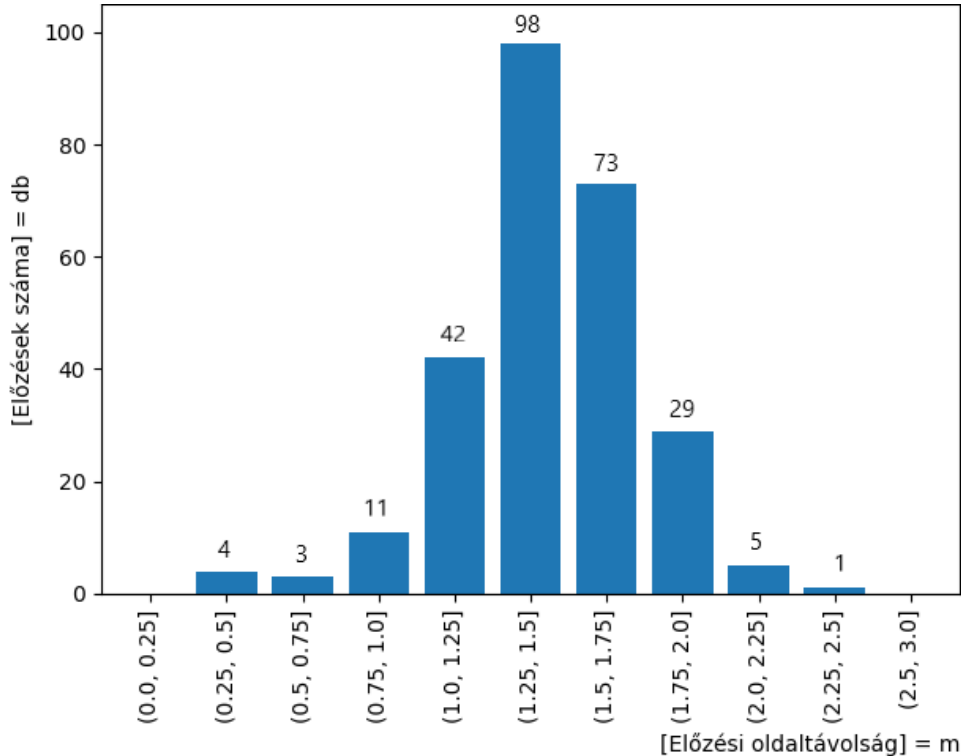
28. ábra: Nyitott kerékpársáv mérési eredményei box plot diagrammal szemléltetve

### 3.2 Egyszerű kerékpársáv

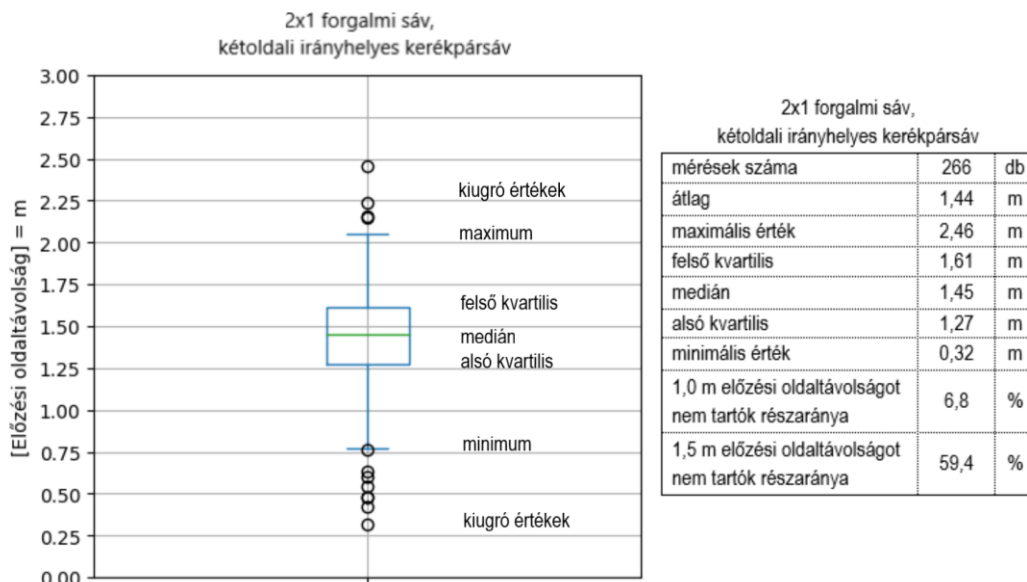
A lakott területi, kétoldali irányhelyes egyszerű kerékpársáv kialakítás mérési helyszíne Dunakeszi város Fő útja volt. Az említett 2 j. Budapest–Vác–Rétság–Hont elsőrendű főút 2x1 forgalmi sáv, kétoldali irányhelyes egyszerű kerékpársávval rendelkezik, aszfalt burkolatú, szélein süllyesztett szegély futósor és kiemelt szegély határolja. Az egyszerű kerékpársáv szélessége 1,25–1,5 méter között változik, mely tartalmazza a süllyesztett szegély 0,15 méter szélességét is. Víznyelőkön keresztül zárt csapadékvíz elvezető rendszer biztosítja a felületére érkező csapadékvizek elvezetését. Az út két oldalán számos üzlethelyiség, forgalomvonzó létesítmény található, így a kerékpársávot zöldsziget és megállásra alkalmas burkolt felület vegyesen szegélyezi. Csomópontoknál, buszöblök környezetében a kerékpársáv felülete piros színű.

A mérések során nagyobb oldaltávolságot tartottak a gépjárművezetők homogén, folyópálya szakaszokon, mintsem csomópontok környezetében, középsziget miatti útszűkületeknél, illetve buszöblökön történő átvezetéseknel. A mérési eredmények az **6. ábrán** oszlopdiagramon, a **7. ábrán** box plot diagramon szemléltetve láthatóak.

A szakaszon 266 db előzési manővert rögzített a mérést végző kerékpározó. A gépjárművezetők több, mint 90%-a tartott legalább 1,0 méteres előzési oldaltávolságot. 59,4 %-a nem tartott 1,50 méteres alsó határértékű előzési oldaltávolságot.



29. ábra: Egyszerű kerékpársáv mérési eredményei oszlopdiagrammal szemléltetve. Az előzési oldaltávolságok az X tengelyen láthatóak 25 cm-es intervallumokra osztva



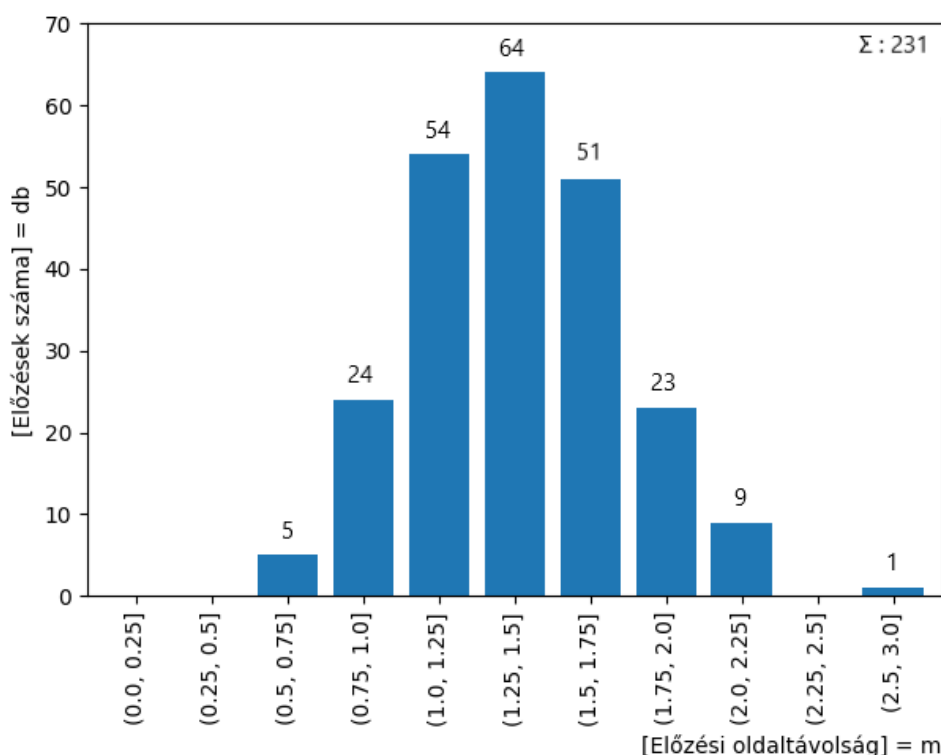
30. ábra: Egyszerű kerékpársáv mérési eredményei box plot diagrammal szemléltetve

### 3.3 Belterület, vegyes forgalmú közút

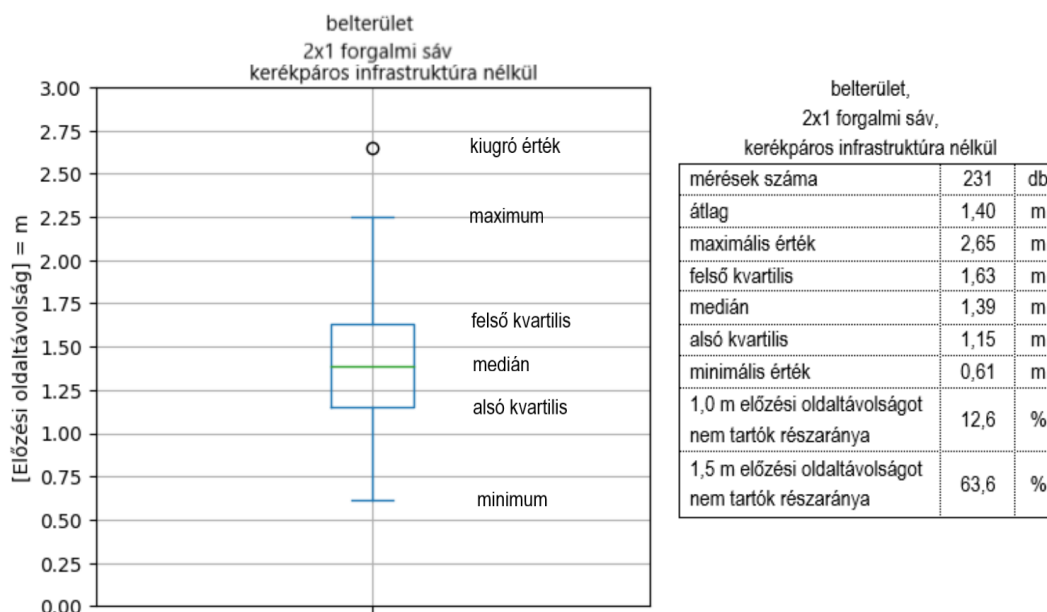
Az OpenBikeSensor műszerrel belterületi, 2x1 forgalmi sáv, kerékpáros infrastruktúrával nem rendelkező útszakaszokat is vizsgáltunk. Az érintett helyszínek az alábbiak:

- Dunakeszi, Hunyadi János utca
- 21101 j. Fót bekötő út
  - Dunakeszi belterületi szakaszán a 0+000 szelvénytől az 1+900 szelvényig rögzítettünk előzési oldaltávolságokat, azaz a Bajcsy-Zsilinszky utca–Fóti út–Kossuth Lajos utca körforgalom geometriájú csomóponttól a belterületi szakasz határáig. (Kossuth Lajos utca)
  - Fót belterületi szakaszán a 3+000 szelvénytől az 5+456 szelvényig. Fót településhatár táblától, a 2102 j. összekötő út csomópont között. (Németh Kálmán út, Móricz Zsigmond út)
- 2101 j. Dunakeszi-Gödöllő összekötő út
  - Fót belterületén a 4+048 szelvény és 7+280 szelvény között
- 2102 j. Újpest-Veresegyháza-Galgamácsa összekötő út
  - Fót belterületén a 10+777 szelvény és 12+760 szelvény között.

A belterületen, vegyes forgalomban mért eredmények az **8. ábrán** oszlopdiagramon szemléltetve, a **9. ábrán** box plot diagramon láthatóak. A szakaszon 231 db előzési manőver oldaltávolságát rögzítettük. Az eredmények azt mutatják, hogy a gépjárművezetők 12,6%-a nem tartott minimum 1,0 méteres előzési oldaltávolságot, és 63,6%-a nem tartott 1,50 méteres alsó határértékű előzési oldaltávolságot. Minden második gépjárművezető kevesebb, mint 1,39 méter távolságból, minden negyedik gépjárművezető kevesebb, mint 1,15 méter távolságból előzött ki. Méréseink során 61 centiméter volt a legkisebb tartott távolság. Ezt Fóton, a 2102-es úton, a külterületi határánál rögzítettük.



31. ábra: Belterületi vegyes forgalmú közút mérési eredményei oszlopdiagrammal szemléltetve. Az előzési oldaltávolságok az X tengelyen láthatóak 25 cm-es intervallumokra osztva



32. ábra: Belterületi, vegyes forgalmú közút mérési eredményei box plot diagrammal szemléltetve

### 3.4 Külterület, vegyes forgalmú közút

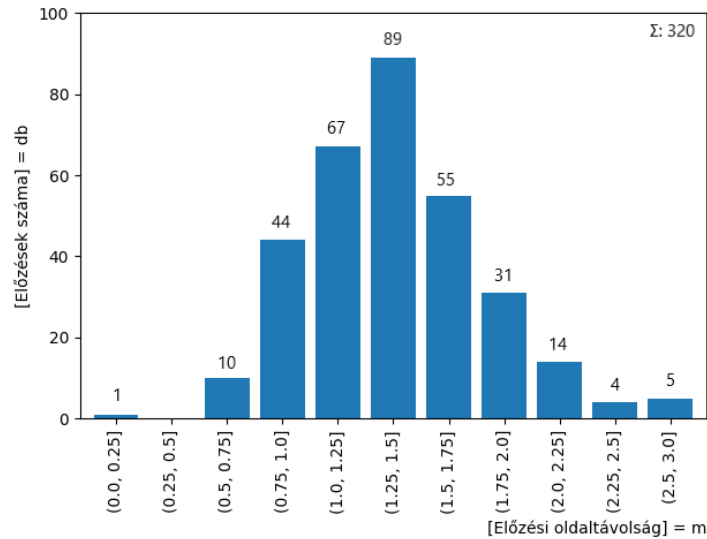
Az OpenBikeSensor műszerrel külterületi, 2x1 forgalmi sáv, kerékpáros infrastruktúrával nem rendelkező útszakaszokat is vizsgáltunk. Az érintett helyszínek az alábbiak:

- Dunakeszi, Alagi majori út
- 21101 j. Fót bekötő út
  - 1+900 szelvény és 3+000 szelvény között
- 2101 j. Dunakeszi–Gödöllő összekötő út
  - Fót külterületén a 7+280 szelvény és 8+335 szelvény között
- 2102 j. Újpest–Veresegyháza–Galgamácsa összekötő út
  - Fót külterületén a 8+270 szelvény és 10+777 szelvény között.

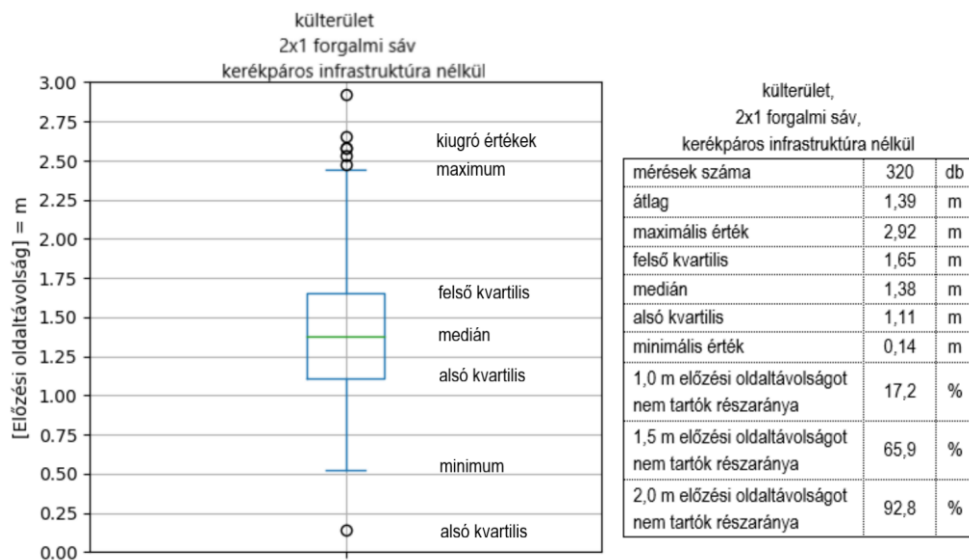
A 94%-os kapacitás kihasználtsággal rendelkező 2102 j. út esetében átlagosan kisebb előzési oldaltávolságot tartottak a gépjárművezetők, mint a 45%-os kapacitás kihasználtsággal rendelkező 2101. j. út esetében. (Magyar Közút Nzrt., 2022)

Külterületen, vegyes forgalomban mért eredmények haranggörbét rajzolnak ki (**10. ábra.**) Az ábráról leolvashatók a kiugró értékek, melyek aláássák a kerékpárral közlekedők biztonságérzetét. A szakaszon 320 db előzési oldaltávolság érték került rögzítésre. Az eredmények azt mutatják, hogy a gépjárművezetők 65,9%-a nem tartott 1,50 méteres alsó határértékű előzési oldaltávolságot (**11. ábra.**) Ez nagyon magas arány. Sok esetben a gépjárművezetők nem sorolnak be egy 15–40 km/h-val haladó kerékpározó mögé, hanem szembejövő forgalom esetén is előzésbe kezdenek. Minden úthasználó biztonsága érdekében külterületen, nagy sebességkülönbségek esetén, adott forgalomnagyság fölött elválasztott kerékpárút építése javasolt.

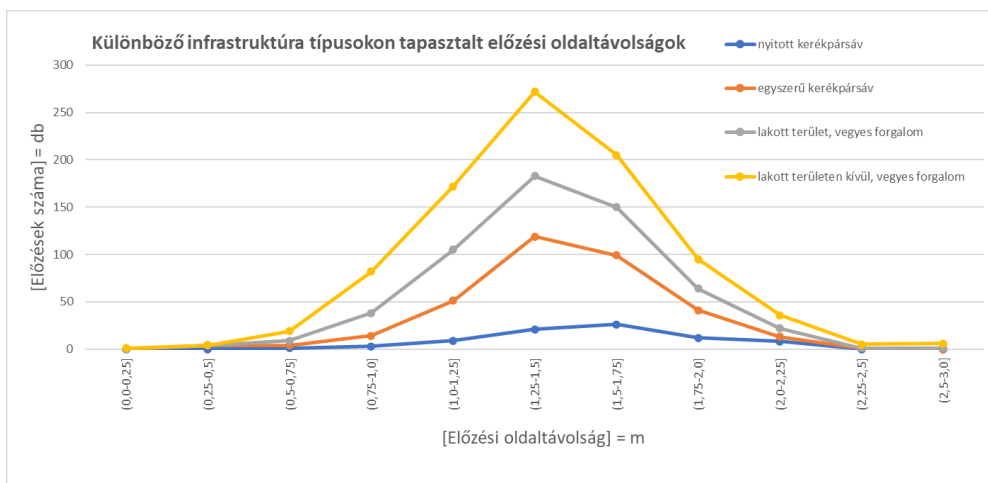
Észrevehető, hogy a kerékpáros infrastruktúra nélküli utak bel-és külterületi mérések adatai esetében nagyon hasonlóak a mérési eredmények. Például a medián belterületen 1,39, míg külterületen 1,38 méter. Fontos különbség viszont a gépjárművek sebessége a kettő típus között. Amíg lakott területen belül az engedélyezett sebesség 30–50 km/h, addig lakott területen kívül 70–90 km/h, mely közel sem egyenlő az előzéskor tartott sebesség alkalmazásával. A KRESZ alapján az előzési manővert minél rövidebb idő alatt, a forgalom lefolyásának megzavarása nélkül szükséges végrehajtani. Terepi méréseink alapján, viszont úgy tapasztaltuk, hogy **differenciálni volna szükséges a gépjármű–gépjármű közötti előzéskor tartott, illetve a gépjármű–legvédtelenebb úthasználó közötti előzéskor tartott sebesség mértékét.**



33. ábra: Külterületi, vegyes forgalmú közút mérési eredményei oszlopdiagrammal szemléltetve. Az előzési oldaltávolságok az X tengelyen láthatóak 25 cm-es intervallumokra osztva



34. ábra: Külterületi, vegyes forgalmú közút mérési eredményei box plot diagrammal szemléltetve  
A 12. ábrán bemutatjuk összes mérési eredményünket, típusok szerinti bontásban.



35. ábra: Különböző infrastruktúra típusokon tapasztalt előzési oldaltávolságok. A mérések egyenletes eloszlást írnak le.

## Konklúzió

A kutatás során 2023 májusában közel 150 km megtétele alatt 1167 előzési oldaltávolság-érték került rögzítésre. A fenti fejezetekben olvasható elemzések összesen 920 rögzített előzési oldaltávolságból származnak. A mért oldaltávolság-értékek 14 cm és 292 cm között változtak. Az összes mérésre vetítve a gépjárművek 1,42 méteres medián távolságból előzték a mérőkerékpárt.

Az előzési oldaltávolság függ a gépjárműforgalom nagyságától, illetve a sebességtől. Kisebb forgalom esetén a gépjárművezetőnek lehetősége van áttérni teljes sávváltással az ellenkező irányú forgalmi sávba. Nagy forgalom esetén nehéz biztonságos előzési manővert végrehajtani. Ekkor a gépjárművezető kedvező esetben alacsonyabb sebességgel hajtva, ugyan kisebb oldaltávolságot tartva előzi ki a kerékpárost.

Az eredményeket **összevetve a hazai aktuális KRESZ tervezettel**, lakott területen végzett mérések tekintetében a **gépjárművezetők 8,8%-a kevesebb, mint 1,0 méter oldaltávolság tartásával** előzte a mérést végző kerékpározót. **Lakott területen kívül az esetek 65,9%-ban nem tartottak előzésekor legalább 1,5 méteres oldaltávolságot.** 920 mérés közül – az 1,0 m, illetve 1,5 m határértéket alapul véve – 264 regisztrált szabálytalanság történt (29%). Mérési eredményeinket a **legújabb nemzetközi jogszabályi trendekkel összevetve** a következő eredményeket kapjuk: lakott területen a gépjárművezetők **59,8%-a nem tartott 1,5 méteres** előzési oldaltávolságot, **lakott területen kívül pedig meglehetősen sokan: a vezetők 92,8%-a nem tartott 2,0 méteres** előzési oldaltávolságot.

**Javaslatunk, hogy a KRESZ vonatkozó szabálya írja elő, hogy a gépjárművezetők a legvédtelenebb úthasználók előzésekor lakott területen legalább 1,0 méter, lakott területen kívül pedig legalább 1,5 méter oldaltávolságot kötelesek tartani, és emellett legyen szükséges legalább az út engedélyezett sebességéhez képest 20 km/h-val csökkenteni az előző manővert folytató gépjármű sebességét. Ez alól kivételt a 30 km/h-s övezetek jelentsenek.**

Javasolt Magyarországon **további, részletes kutatásokat végezni** a témában **több mérőeszközzel és nagyobb diverzitású** mérőcsoporttal. Abban az esetben, ha további, független mérésekkel is validálhatóak a kifejtett tapasztalataink és javaslataink, valamint érvénybe lép a KRESZ ezirányú módosítása, érdemes lesz **reprezentatív mérésekkel ellenőrizni az intervenció hatását.** Számos mérést végezve, majd geoadatok alapján térképre illesztve kapható egy olyan régió-, vagy várostérkép, melyen komfortosabb és veszélyesebb városrészek, utcaszakaszok detektálhatóak.

**Emellett széles körű szemléletformálásra van szükség, a legvédtelenebbek biztonságos előzésének módját, az oldaltáv helyes megválasztását gyakorlatorientáltan be kell építeni a gépjárművezető-képzésbe.** Az alsó határértékek kodifikálását követően meg kell teremteni a **hatósági ellenőrzés és a szabálysértés szankcionálásának lehetőségét, szabályait.**

## Irodalomjegyzék

- [1] Magyar Közút Nonprofit Zártkörűen Működő Részvénytársaság  
Az országos közutak 2021. évre vonatkozó keresztmetszeti forgalma  
Az országos közúthálózat átlagos napi forgalma összesítő táblázatok (országos és kezelőnkénti bontás) Kiadás: Budapest, 2022. június
- [2] European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport  
Road safety in the EU: fatalities below pre-pandemic levels but progress remains too slow (2023. február 21.). Letöltés ideje: 2023. április 25.  
[https://transport.ec.europa.eu/news-events/news/road-safety-eu-fatalities-below-pre-pandemic-levels-progress-remains-too-slow-2023-02-21\\_en](https://transport.ec.europa.eu/news-events/news/road-safety-eu-fatalities-below-pre-pandemic-levels-progress-remains-too-slow-2023-02-21_en)
- [3] Nemzeti Kerékpáros Stratégia 2030. Társadalmi egyeztetési változat, Budapest, 2023. február  
(Tanulmányunk kéziratának lezárásakor a stratégia még nem végleges, a társadalmi egyeztetésben érkezett észrevételek bedolgozása folyik.) Letöltés ideje: 2023. július 8.  
<https://kormany.hu/dokumentumtar/nemzeti-kerekparos-strategia-2030>
- [4] Christof Gromke, Bodo Ruck – Passenger car-induced lateral aerodynamic loads on cyclist during overtaking (2021). Karlsruhe Institute of Technology KIT, Institute for Hydromechanics, Laboratory of Building and Environmental Aerodynamics, Karlsruhe, Germany

- <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2020.104489>. Letöltés ideje: 2023.05.13.
- [5] 1/1975. (II. 5.) KPM-BM együttes rendelet a közúti közlekedés szabályairól  
<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=97500001.kpm> (A cikk készültekor hatályos.)
- [6] 1980. évi 3. törvényerejű rendelet az 1968. évi november hó 8. napján Bécsben aláírásra megnyitott Közúti Közlekedési Egyezmény kihirdetéséről (A cikk készültekor hatályos.)  
<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=98000003.tvr>
- [7] Michael Gegg and Fabian Altenried, Martin Baaske, Andreas Baum, Hans Hack, Jakob Kluge, Hendrik Lehmann, David Meidinger, Hannes Soltau, Helena Wittlich (published by Der Tagesspiegel, Germany) – 'Radmesser'  
<https://interaktiv.tagesspiegel.de/radmesser/index.html>  
<https://www.europeanpressprize.com/article/radmesser/>  
Letöltés ideje: 2023. április 20.
- [8] OpenBikeSensor, <https://www.openbikesensor.org/en/>  
<https://www.der-deutsche-fahrradpreis.de/siegerprojekte-2022/>  
Letöltés ideje: 2022. szeptember – 2023. május

# Közlekedésre felkészítés a közoktatásban / Road safety prevention in public education

Ötvös Viktória<sup>1</sup> – Krizsik Nóra<sup>2</sup>

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

<sup>1</sup>otvos.viktoria@kti.hu

<sup>2</sup>krizsik.nora@kti.hu

**Kivonat:** A kiskorban kezdett és később egymásra épülően folytatott hatékony közlekedésre felkészítés jótékony, hosszútávú társadalomformáló hatásokkal bír. A gyerekek nemcsak kicsiként közlekednek biztonságosan, hanem ha valóban hatékony az oktatás, akkor beleivódik a viselkedésmintájukba, amit felnőttkorukra is magukban hordoznak, sőt, továbbadják környezetüknek és saját gyerekeiknek is. A biztonságos közlekedésre való felkészítés hatékonytá tételéhez a köznevelés minden szintjén (óvodában, alap-, és középszintű oktatásban is) szükség van a közlekedésbiztonsági ismeretek kötelező jelleggel történő oktatására elméleti és gyakorlati formában is. Az életkori szakaszokra jellemző baleseti jellegzetességeket figyelembe véve, a gyermekek életkori sajátosságaihoz, fejlettségéhez igazodva, fokozatosan és folyamatosan kell a nevelési programot felépíteni. A közlekedésbiztonságnak, közlekedésre nevelésnek része kell, hogy legyen a biztonságos közlekedéshez szükséges tudásanyag, közlekedési szabályok, helyzetek elsajátítása; a szükséges készségek fejlesztése tréningek, tapasztalat révén; az attitűdök és motivációk fejlesztése a veszélyhelyzet-felismerés, személyes biztonság és más közlekedők biztonsága terén; illetve a szükséges információk nyújtása a megfelelő közlekedési mód kiválasztásához. Kutatásunk célja annak megállapítása volt, hogy feltárjuk az aktuális közlekedésre nevelés közoktatásban betöltött szerepét és annak jelenlegi hozzájáruló értékét a gyermekek biztonságos közlekedéséhez.

**Abstract:** Effective traffic education, starting at an early age and building on each other later, has beneficial, long-term social-forming effects. Not only do children travel safely as young children, but if education is truly effective, it becomes ingrained in their behavior patterns, which they carry into adulthood and even pass on to their environment and their children. To make road safety education effective, it is necessary to provide compulsory road safety education at all levels of public education (preschool, primary and secondary), both theoretical and practical. The education program should be structured gradually and continuously, taking into account the accident characteristics of the different age groups, and adapted to the age and development of the children. Road safety and transport education should include the acquisition of the knowledge, rules, and situations necessary for safe transport; the development of the required skills through training and experience; the development of attitudes and motivation in the areas of hazard awareness, personal safety, and the safety of other road users; and the provision of the information necessary for choosing the suitable mode of transport. Our research aimed to identify the role of current transport education in public education and its recent contribution to children's safe travel.

*Kulcsszavak: gyermekbiztonság, közlekedésre nevelés, közlekedésbiztonság, oktatás, gyermekek*

*Keywords: child safety, road safety education, road safety, education, children*

## Bevezetés

A közlekedés mindennapjaink része, életünk szükségszerű velejárója. Az óvodáskor végén, de különösen az általános iskolás évek alatt a gyermekek a közlekedésben is egyre inkább önállósdnak. [1] A közlekedés aktív, cselekvő résztvevőiként nap, mint nap egyre fokozottabb baleseti veszélynek vannak kitéve. Akár ismert útvonalon, akár idegen helyen közlekedünk mindig a már megszokott módon cselekszünk, azonban, ami nekünk már felnőtt fejjel természetes, azt a gyermekeknek meg kell tanulniuk. A biztonságos közlekedés egyik alapfeltétele, hogy a gyalogosok, a járművek utasai és vezetői, egyaránt ismerjék a közlekedés rájuk vonatkozó szabályait, továbbá képesek legyenek ezeket alkalmazni, illetve szándékukban álljon azok tiszteletben tartása is.

A közlekedésre is a társas együttélés szabályai vonatkoznak. Ezek elsajátítása részét képezi annak a folyamatnak, amelynek során a gyermek megtanulja, hogyan kell alkalmazkodnia szűkebb és tágabb környezetéhez. Mint minden más területen, így a közlekedés megtanulásában is alapvető a szülői minta, amely sajnos abban a társadalmi környezetben, amelyben a törvényeket tisztelő állampolgári magatartás nem kifejezetten népszerű, közel sem tekinthető ideálisnak.

Az egyre bővülő járműpark, az állandóan növekvő forgalom-sűrűség [2] és sajnos a közlekedésben is egyre gyakrabban tapasztalható deviancia reális veszélyforrást jelentenek, amelyek a család felelős szerepén túl minden gyermek számára szükségessé teszik a közlekedésben való önálló részvételre történő szervezett felkészítést is.

A társadalom minden tagja számára nélkülözhetetlen, hogy az egyén rendelkezzen a közlekedésben való részvétele szempontjából szükséges közlekedési felkészültséggel. Ez alól nem képezhetnek kivételt azok a gyermekek sem, akik a közlekedésben már önállóan vehetnek részt. Az emberi tudat ilyen formálásának és a közlekedési helyzetekben történő eligazodás képessége kialakításának egyik nagyon fontos eszköze a gyermekek esetében az intézményi keretben megvalósuló helyes közlekedésre nevelés. E tevékenység gyakorlatilag már az óvodában kezdődik, ezért az iskolában célszerű erre alapozni. Az iskolában a tanulóknak olyan elméleti és gyakorlati oktatásban kell részesülniük, amelyek eredményeként elsajátítják a biztonságos, kulturált és helyes gyalogos-, kerékpáros- és utas magatartást, s ezáltal felkészülnek a közlekedésben való önálló részvételre.

## 1. A közlekedésre felkészítés gyakorlata hazánkban

Az uniós és a hazai közlekedési stratégiai dokumentumok is kiemelik, hogy megkülönböztetett figyelmet kell szentelni a megvalósuló hazai programokban a védtelen közlekedők biztonságának javítására. Az Európai Parlament 2021. október 6-i, a 2021–2030 közötti időszakra vonatkozó uniós közlekedésbiztonsági szakpolitikai keretről szóló állásfoglalásában felhívja a Bizottságot, hogy dolgozzon ki a közlekedésbiztonsággal és mobilitással kapcsolatos oktatás szintjét értékelő fő teljesítménymutatókat és eszközöket, illetve ösztönzi az összes uniós tagállamot jó minőségű közúti közlekedésbiztonsági oktatás biztosítására, az iskolában kezdve és azután az egész életen át tartó tanulás keretében folyamatosan. [3]

Az Országgyűlés a hazai közúti közlekedésbiztonság javítása érdekében a közúti közlekedésről szóló, többször módosított 1988. évi I. törvényben [4] állami feladatként határozta meg a közúti közlekedés biztonságát szolgáló nevelést, oktatást (összefoglaló néven: közlekedésre nevelés). A feladatrendszer több tárca, állami szerv, társadalmi szervezet, intézet, érdekképviselet, magánszemély, stb. együttműködésével történhet, ugyanakkor a feladatok végrehajtásának koordinálása nem valósul meg egységesen. A hatályos törvény már az 1. §-ban, a célok megfogalmazása között utal a közlekedésnevelés szükségességére: „A törvény célja, hogy a közúti közlekedés alapvető feltételeinek, az abban résztvevő személyek ... jogainak és kötelezettségeinek a meghatározásával elősegítse a ... szükségletek kielégítését ...”. A 2. § értelmében a törvény hatálya kiterjed „... a közúti közlekedésben résztvevőkre ...”, vagyis az általános és középiskolai tanulókra egyaránt. A 3. § előírásai értelmében „A közúti közlekedésben mindenkinek joga van részt venni; ... gyalogosként vagy – meghatározott feltételek teljesítése esetén – járművezetőként ...”, ám aki a közúti közlekedésben részt vesz – az 5. § szerint – köteles „... a közúti forgalomra ... vonatkozó rendelkezéseket megtartani, a közúti jelzések rendelkezéseinek eleget tenni, ... úgy közlekedni, hogy a személy- és vagyónbiztonságot ne veszélyeztesse, ...”. A törvény 8. §-a már közvetlenül érinti a közlekedésre nevelés területét, amennyiben „A közúti közlekedéssel összefüggő állami és önkormányzati feladatok” közé sorolja „a közúti közlekedés biztonságát szolgáló nevelés, felvilágosítás és propaganda” megvalósítását. A közúti közlekedés résztvevőinek nevelése, oktatása, szakképzése és utánpótlás képzése című részben egyértelműen megfogalmazódó előírások:

- 17. §: „A közlekedés biztonságának fokozása, a közlekedési kultúra növelése a közlekedési szabályok és a helyes közlekedési magatartásformák megismertetése érdekében rendszeressé kell tenni az erre irányuló nevelést, oktatást, felvilágosító és propagandamunkát.”, illetve
- 18. §: „A közúti járművezetők képzése állami alap- és középfokú oktatási intézményekben, vagy ... történik.”

A prevenciónak, a közúti balesetek megelőzésére irányuló tevékenységnek számos területe van: lakossági, iskolai, települési, megyei és regionális szinten is léteznek különböző programok, közlekedésbiztonsági kezdeményezések.

Magyarországon a baleset-megelőzés is alapvetően állami feladat, mely jellemzően a rendőrség irányításával, az állami szervek és a társadalmi szervezetek, valamint civil kezdeményezéseken keresztül valósul meg; s emellett a versenyszféra szereplői is szerveznek baleset-megelőzési programokat, kampányokat. A közúti közlekedés biztonságáról szóló 2002/1992. (HT.2.) Korm. határozat szerint a balesetek megelőzésére szolgáló közlekedésbiztonsági tevékenységet – mind területi, mind pedig országos szinten – a rendőrség közlekedési szolgálatának irányításával kell folytatni. A szervezett balesetmegelőzési tevékenység több mint négy évtizedes múltra tekint vissza hazánkban: 1972-től az Országos Közlekedésbiztonsági Tanács végezte, majd 1992 óta az ORFK-Országos Balesetmegelőzési Bizottság (ORFK-OBB) látja el, nemzetközileg is elismert színvonalon. Az ország valamennyi részén baleset-megelőzési bizottságok működnek, s a több mint 40 területi és helyi bizottság munkájában mintegy 400-450 fő közvetlenül érintett. A gyermekek védelmét, közlekedésre nevelését szolgálja az ORFK-OBB hosszú évek óta folyamatos, tradicionális tanévkezdeti kampánya, valamint „Az iskola rendőre” program. [5]

A hazai közlekedésbiztonsági munka alapját képező stratégiai dokumentum, a Közúti Közlekedésbiztonsági Akcióprogram szintén kiemeli a védtelen közlekedők biztonságának fokozását, a gyermekek közlekedésre felkészítésének fontosságát: a közlekedők biztonság tudatosságát növelni szükséges még hatékonyabb oktatással, képzéssel, széles társadalmi kört elérő kampányokkal. Számos országos kampánnyal, közlekedésre felkészítési programmal, pályázattal, vagy akár versennyel találkozhattunk az elmúlt évek során hazánkban, amelyek az akcióprogram keretében, a szakminisztérium finanszírozásában valósulnak meg: Szuperbringa Program, Biztonságos Óvoda Program, KRESZ-Suli program, Suli Két Keréken Program, stb.)

### 1.1 A gyermekek közlekedési tudása

A KTI kidolgozta a közlekedésre felkészítés monitoring rendszerét, amelynek célja a gyermekek korcsoportos, területi elméleti és gyakorlati tudásszintjének feltárása. A gyerekek közlekedési ismereteinek ki kell terjednie a közlekedési szabályok, a megfelelő, biztonságos magatartásformák ismeretére valamint a tanultak következetes betartására. A felmérést országosan az általános iskolák 1-8. és a középiskolák 9-12. osztályában valósította meg, több évben. 2018-ben és 2019-ben. A KTI által végzett felmérések azt mutatják, hogy a gyermekek közlekedési ismeretei sok területen hiányosak. Ilyen terület a gyalogos közlekedésen belül az úttesten való biztonságos átkelés vagy a kerékpáros közlekedésen belül a közúti jelzések helyes értelmezése. [6]

A gyerekek összesített közlekedési tudásszintjében romló tendencia tapasztalható, ezért fontos lenne, hogy a felsőbb osztályokban, középiskolában is nagyobb hangsúlyt kapjon a közlekedésre felkészítés, hiszen látszik, hogy a fiatalabb korban megszerzett tudás elhalványul. A kockázatvállaló viselkedés, attitűd is egyre jellemzőbb az életkor előre haladtával, a középiskolában a gyerekek életkori sajátosságaiból adódóan fontos a közlekedési attitűdökkel való foglalkozás. Az eredmények alapján fontos tantervbe illesztetten, még hangsúlyosabb formában a gyerekek közlekedésre felkészítése, a szabályok megismertetése, a felsőbb osztályoktól egyre inkább a veszélyekre, veszélyes viselkedésekre való figyelemfelhívás.

A fiatalok közlekedéssel kapcsolatos ismeretszintjüket elsősorban intézményi keretek között, valamint a családon belül szerzik meg. A helyesen átadott tematikus ismeretanyag a közlekedésbiztonság egyik kulcsfontosságú pontja. A pedagógusok megfelelő és naprakész szabályismerete és helyes közlekedési attitűdje fontos szempont a közlekedési ismeretszerzés területén, azonban erre vonatkozóan korábban nem készültek részletes, oktatott korosztályokra lebontott felmérések.

### 1.2 Közlekedésre felkészítés a köznevelésben

Az elmúlt három évtized alatt a közlekedési ismeretek oktatásának hatékonyabbá tétele érdekében hazánkban több kezdeményezés is született. Mindezen kezdeményezések ellenére a legtöbb iskolában hosszú éveken át azonban csak megtűrt, de el nem ismert, kellően nem támogatott tevékenység maradt.

Ebben a helyzetben közlekedési tárca és a Kormány is felismerte, hogy a gyermekek közlekedésre nevelését új alapokra kell helyezni. A kiindulási pont egy országos felmérés volt, melynek eredményeit

és a nemzetközi tapasztalatokat összevetve és feldolgozva kidolgozásra került az általános iskolai közlekedésre nevelés teljes feladatrendszere. Az 1989/90-es tanévben pedig a Nemzeti Közlekedésbiztonsági Programban megfogalmazott feladatnak megfelelően annak bevezetése kísérleti jelleggel három megyében (Békés, Hajdú-Bihar és Tolna) meg is indult.

A mérési eredmények jól bizonyították, hogy a kísérletben résztvevő tanulók közlekedési képességei, készségei, illetve elméleti és gyakorlati teljesítményei a kontrollesoportok tanulóinak eredményeit jóval felülmúlták. A közlekedési tárca ezek ismeretében ezért folyamatosan arra törekedett, hogy ez az eddigiekhez képest merőben új, intézményi keretben, tanítási órákon folyó közlekedésre nevelés országosan történő bevezetése minél előbb megtörténjen.

Az előzőekben részletezett kezdeményezés és az azt követő szakmai egyeztetések nyomán végül a gyermekek közlekedésre nevelésében érintett három tárca - a közlekedési, az oktatási, és a belügyi - felismerte azt a szükségszerűséget, hogy az addigi egymást segítő tevékenységet indokolt tovább javítani. Ennek érdekében 1999. február 12-én együttműködési megállapodást is aláírtak.

Mindezzel összefügg továbbá, hogy a közlekedésre nevelés először a Nemzeti Alaptantervben, később pedig a 2001/2002-es tanévtől életbe lépett kerettantervben is helyet kapott. Elégségesnek azonban ez a lépés még koránt sem tekinthető. [7]

Az Óvodai nevelés országos Alapprogramja [8] által megfogalmazottak alapján a gyermekeknek az óvoda végére ismerniük és a gyakorlatban alkalmazniuk kell a gyalogos közlekedés alapvető szabályait. Az Alapprogram nem tartalmaz azonban arra vonatkozóan iránymutatást, hogy az ismereteket milyen módon kell elsajátítani a gyermekeknek. Az óvodák saját nevelési programjukban határozzák meg egyedileg, milyen oktatási módszert választanak, ezért ez intézményenként nagyon eltérő lehet.

A 2012-ben, illetve 2020-ban módosított Nemzeti Alaptanterv [9] szerint a „Technika és tervezés” tantárgy egyik tematikai egységét képezi a közlekedés, melynek keretében 1-7. évfolyamig évi 3 órában foglalkoznak a közlekedésre neveléssel az általános iskolákban. A témakörök az alapvető közlekedésbiztonsági ismereteket, közlekedési szabályokat érintik. A NAT-ban megjelölt közlekedési ismeretek oktatásával kapcsolatos feladatok valódi megvalósításáról a helyi nevelési programok adhatnak képet, ezek viszont jellemzően nem ismertek.

Részben a pedagógusok, intézmények szakmai támogatása, részben pedig a tradicionális jelleg miatt a rendőrség szakemberei – elsősorban a területi és a helyi baleset-megelőzési előadók, valamint az iskola rendőre – is részt vesznek az iskolai szintű közlekedésre felkészítésben. A rendőrök a szakmai kapcsolatok ápolása mellett, a pedagógusi karral egyeztetve vesznek részt az osztályfőnöki órákon, illetve igény esetén a szülői értekezleten. Az osztályfőnöki órákon általában a közúti közlekedés alapvető szabályait ismertetik „korspecifikus” jelleggel, de figyelmet fordítanak a veszélyhelyzetek felismerésére és megfelelő kezelésére is.

A NAT kiemelten fontos feladatként kezeli a tanulók közlekedésre való felkészítését:

- a közlekedésben való önálló részvételre,
- a közlekedés szabályainak alkalmazására,
- a helyes magatartási formák elsajátítására, a veszélyhelyzetek gyors felismerésére és elhárítására, a defenzív vezetéstechnika alkalmazására.

A közúti forgalomban való részvételhez különleges, de megtanulható képességekkel kell rendelkezni: ezek egyfelől gyakorlati (technikai), másrészt szellemi képességek. Azaz a közúti közlekedéshez a járműveken és a közúti környezetben kívül szükség van: meghatározott képességekre, megfelelő közlekedési ismeretekre és ezek következetes betartására. A balesetek elkerülése szempontjából a legfontosabb képességek: az információk érzékszervi úton történő gyors felfogása, a gyors és helyes döntés, az időben történő célirányos cselekvés. [10] A gyermekek a felnőttekhez viszonyítva ezekkel a képességekkel nem rendelkeznek, sőt emellett köztük fejlődési különbségek is tapasztalhatók. Ezek figyelembevételével 13 olyan képességterület került meghatározásra, amelyek fejlesztése a közlekedésre nevelés szempontjából alapvető fontosságú. [11] Ezek a következők:

- testi ügyesség, koordinációs készség,
- gyorsaság,
- állóképesség,
- hallásképesség,

- látásképeség,
- észlelési, megfigyelési képesség,
- figyelmi képesség,
- emlékezeti képesség,
- gondolkodási képesség,
- helyzet-felismerési-, és
- döntési képesség,
- kommunikációs képesség,
- együttműködési képesség

A közlekedésre nevelés kiemelt jelentőségét felismerve az ENSZ Európai Gazdasági Bizottsága már 1978-ban "Ajánlásokat" dolgozott ki, amelyekkel orientálni kívánta az egyes országok illetékes szakembereit, és egyben hozzá kívánt járulni ahhoz a folyamathoz, melynek távlatilag oda kellene vezetnie, hogy a felnövekvő generációk a legfogékonyabb éveikben megalapozhassák későbbi biztonságos közlekedésüket. A világszervezet a közúti biztonságra nevelés legfontosabb színterének - a család első időszakban történő meghatározó szerepe mellett - az iskolát tartotta. Kiemelt hangsúlyt helyezett arra, hogy időben kerüljön sor a közúti közlekedési szabályok és a biztonságos közúti közlekedéshez elengedhetetlenül szükséges ismeretek bevezetésére, a különböző közlekedési helyzethez alkalmazkodó, helyes magatartás kialakítására. E számunkra ma is aktuális dokumentum kiemelte a közlekedésre nevelés folyamatosságának és a szakmai ismeretek egymásra épülésének fontosságát. A szervezet állásfoglalása összegezte továbbá azt a minimumot is, amelyet az általános iskola alsó- és felső tagozatán a tanulóknak el kell sajátítaniuk. [12]

## **2. A közlekedésbiztonsági ismeretek oktatási gyakorlata a jelenlegi hazai köznevelési rendszerben**

A KTI legutoljára 2011-ben mérte fel közlekedésbiztonsági ismeretek oktatási gyakorlatát a hazai köznevelési rendszerben, fókuszcsoporthoz és online felmérés keretében. [13] A felmérések alapján azt állapítottuk meg, hogy 2011-ben az iskoláknak csak kétharmadában folyt ilyen jellegű ismeretek oktatása. Általában tantervi programba integráltan, gyakran az osztályfőnöki óra keretében zajlott az oktatás. Ám gyakoriak voltak az alkalmi, versenyhez, közlekedési héhez kapcsolódó nevelési módszerek is. Az oktatásra az iskolák mellett külső helyszíne(ke)t is használtak (37%). Azok között, ahol még nem volt a tantervi programba integrálva, viszonylag sokan terveztek alkalomszerű tanítási gyakorlatot, és kevesen voltak olyanok, akik tantervi beosztással szerettek volna dolgozni. A közlekedési ismereteket igen nagy arányban kapcsolták az osztályfőnöki órához, kisebb arányban a technikához, környezetismerethez, földrajzhoz. Ennek megfelelően az ismeretanyagot átadó tanár az iskolák több mint felében az osztályfőnökök közül került ki, akik saját osztályuk oktatásáért voltak felelősek. Viszonylag gyakori volt az is, hogy nem szakos tanár vállalta magára ezt a feladatot. A képzett szakemberek csak az iskolák egyötödében tanítottak, külsős közlekedési területről érkező partnerek pedig megközelítőleg egyhatodában.

Az iskolák kétharmadában havi rendszerességnél ritkábban foglalkoztak a közlekedésbiztonsággal. A szülők 60%-a tartotta fontosnak azt, hogy az iskola felvállalja a gyermekek különböző életkorának megfelelő szintű közlekedésbiztonságra nevelését.

A közlekedésre nevelés során a legelterjedtebb pedagógiai módszerek a frontális feladatadás és magyarázat, illetve a játékos bemutatás és gyakorlás volt. Mindkettő olyan terület, melyen az interaktív tananyagok, segédanyagok fejlesztése előtt lehetőségek állnak. Az online elérhető, a gyerekeket a grafikával is inspiráló anyagok élvezetesebbé és szemléletesebbé tehetik a tanulást.

A tananyag szinte minden iskolában felölelte a gyalogos és kerékpáros közlekedést, és jelentős részükben a közlekedési szabályokat és a közlekedési táblák jelentését is. A közösségi közlekedéssel csak az iskolák valamivel több, mint felében foglalkoztak – ez ugyanis a kisebb településeken kevésbé releváns, mint a nagyobbakon. Az autós közlekedésre viszont csak egytized tért ki, ami nagyon kevés, még akkor is, ha a családok egy részében nincsen személygépkocsi.

A 2011-es felmérés során vizsgáltuk a szakmai segédanyagok ismertségét és használatát is, amely összességében sajnos elég negatív képet mutatott akkor. Az intézmények legtöbb esetben a helyi

rendőrségtől és a korábbi Közlekedési és Hírközlési Minisztériumtól – térítésmentesen – kapott anyagokat használták. A segédanyagok jelentős részére – különösen a kis iskoláknak – nincs pénz, ezért hatékony megoldás lehet időről-időre ingyenes anyagok szétküldése. A segédanyagok egy része jól kiváltható lenne számítógépes, online elérhető anyagokkal, videofilmekkel, interaktív társasjátékokkal. A pedagógusok 21 százaléka jelezte, hogy már akkor is alkalmazott segédeszközként számítógépes programokat. A segédanyagokon túl az úgynevezett segítő eszközökkel sem voltak olyan jól ellátottak az iskolák, mint amilyen ellátottsági szintre a hatékony neveléshez szükséges lenne (közlekedési oktató jelzőtáblák, kerékpáros ügyességi pálya, stb.).

A 2011-es felmérés szerint az iskolák különböző csatornákon keresztül értesülhettek a közlekedésre neveléssel kapcsolatos információkról. Ezek közül a csatornák közül a leghatékonyabbak, a közvetlenül az iskolának megküldött információk (e-mailen vagy postai úton), illetve az interneten keresztül bármikor szabadon letölthetők; ezt követik a kiadványok és szórólapok. Kevésbé fontos, vagy gyakori információforrás a televízió, rádió, újság, illetve a helyi önkormányzat oktatási irodájáról érkező szakmai anyag.

Az oktatáshoz használt eszközök között túlnyomórészt a hagyományos eszközök voltak, mint amilyen a tábla és kréta (vagy filctoll), írásvetítő, mágnes tábla. Az iskolák felében használták az úgynevezett oktatótáblákat is. A digitális szemléltető eszközöket, segédanyagokat azonban akkor még csak az iskolák 21 százaléka, internetes anyagokat pedig 26 százaléka használt. Sok tanár készített magának már akkor is segédanyagot, néha számítógépes, vagy a számítógép segítségével kezelhető anyagokat.

Szükséges lenne az országos felmérést megismételni, hiszen az elmúlt években számos országos program célozta az intézmények támogatását segédanyagokkal, programokkal. Egyre több online elérhető módszertani segédanyag található meg az interneten, illetve majd egy évtizede fut a KRESZ-Suli program is, mely keretében e-learning tananyag segítségével készülhetnek fel a gyermekek a közlekedési ismeretekből. Mindemellett Magyarország Kormánya 2016-ban fogadta el a magyar társadalom és a magyar nemzetgazdaság digitális fejlesztését célzó Digitális Jólét Programot, melynek egyik legfontosabb stratégiai eleme Magyarország Digitális Oktatási Stratégiája. A stratégia megalkotásának célja volt, hogy infrastrukturális, technikai, tartalmi, munkaszervezési és humán erőforrás szempontból felkészítse az oktatás és képzés rendszerét a digitális társadalom és gazdaság igényeinek megfelelő nevelési, oktatási és képzési feladatok ellátására. A program keretében is számos fejlesztés történt az oktatási intézményekben, amelyek lehetőséget adnak a közlekedésre felkészítési programok átstrukturálására.

### 3. Közlekedésre felkészítés lehetőségei, kihívásai

A KTI egy korábbi kutatásában [14] az alábbi SWOT elemzésben foglalta össze, hogy mennyire felkészültek a biztonságos közlekedésre a hazai közlekedők (korcsoportonként); illetve azt, hogy a kutatásban részt vevő szakemberek milyennek ítélik a közlekedésre nevelés rendszerét és megvalósulását.

10. táblázat: Közlekedésre felkészítés rendszere - SWOT-elemzés

<p><b>Erősség:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• sok program lehetőség van</li> <li>• tanórán kívüli lehetőség közlekedésoktatásra az iskolában</li> <li>• elmélet oktatás jó (középiskolában nem)</li> <li>• vannak szakemberek</li> <li>• versenyek</li> <li>• törvényi alap</li> </ul>	<p><b>Gyengeség</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• nem gyakorlatias</li> <li>• nem épül be kellően az iskolai (tanórai) oktatásba</li> <li>• iskolák közötti különbségek</li> <li>• közlekedépszichológia hiányzik</li> <li>• a különböző programok nem koordináltak</li> <li>• nem teljes a lefedettség</li> <li>• igény hiánya</li> </ul>
<p><b>Lehetőség</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• törvényi, szabályozási alapok</li> <li>• oktatási csatorna</li> <li>• oktatók motiválása</li> </ul>	<p><b>Veszély</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ nincs kellő számú szakember</li> <li>○ dominánsan műszaki szemlélet</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• vannak jó helyi és országos programok</li> <li>• van nyitottság a kulcsszereplők részéről</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (jelenleg) többlet teher az oktatási intézménynek és a pedagógusnak is</li> <li>○ nincsenek egységes programok, módszertani alapok</li> <li>○ nem kellő politikai támogatás hiányában a programok „kifulladásra”</li> </ul>
---	--

A közlekedésre nevelés során alapvető cél a biztonságos, kulturált közlekedés megteremtése kell legyen. A tantervbe jellemzően korcsoportnak megfelelően van beillesztve a közlekedés, mint téma, azonban nincs egységes tananyag a pedagógusok számára, illetve rendkívül szűkös az időkeret. A jellemző részcélok korcsoportonként:

- Óvoda: gyalogos közlekedés szabályainak ismerete, alkalmazása felnőtt kíséretében.
- Általános iskola
  - alsó tagozat: önálló gyalogos közlekedés,
  - felső tagozat: önálló kerékpáros közlekedés.
- Középiskola: gépjárművezetői engedély megszerzése.

Elengedhetetlen, hogy meghatározásra kerüljön az az elvárt közlekedési ismeretszint életkori csoportokhoz rendelve, amely alapján a közlekedésre felkészítést célzottan, jóval hatékonyabban lehet megvalósítani hazánkban.

#### 4. Alapelvek és célrendszer a biztonságos közlekedésre neveléshez

A biztonságos közlekedéssel összefüggő ismeretközvetítés és –feldolgozás az iskolarendszer valamennyi szintjén és típusában kötelező szakmai/tartalmi feladatot képez, megvalósítása nem lehet fakultatív választás kérdése.

A kapcsolódó tanítási-tanulási folyamat helyi megszervezése során biztosítani kell az esélyegyenlőségi, méltányossági kritériumokat; az elsajátítandó ismeretek és készségek nem lehetnek függvényei annak, hogy az adott iskola milyen földrajzi régióban, milyen gazdasági és szociokulturális környezetben működik.

Mind a tanulók személyiségfejlődése és képességeik kibontakoztatása, mind pedig az iskolarendszeren belüli átjárhatóságuk biztosítása érdekében folyamatosnak kell lennie a közlekedéspedagógiai eljárásoknak, vagyis ki kell terjedniük a közoktatás teljes vertikumára. Ennek a tevékenységrendszernek szerves egységet kell alkotnia az iskolák egészségnevelési és környezeti nevelési programjával.

A folyamatosság és az egységesség megvalósulása mellett hangsúlyos tényező a differenciálás elvének érvényesülése, amely a következő tényezők mentén történhet:

- az életkori sajátosságok,
- a helyi, települési jellemzők,
- közlekedési ágazatok,
- a közlekedési rendszer elemei (ember – jármű – környezet),
- gyalogos, kerékpáros, közösségi közlekedés, járművezetés.

A multidiszciplináris tartalom miatt megkülönböztetett jelentőségű a közlekedésnevelési feladatokban közreműködő pedagógusok előre tervezett és folyamatosan koordinált együttműködése. A feladatok megvalósítása a pedagógiai program felülvizsgálatát és szükség szerinti kiegészítését feltételezi a következő részterületeken:

- az iskolában folyó nevelő-oktató munka alapelvei, céljai, feladatai, módszerei és eszközei,
- a személyiség-és a közösségfejlesztés feladatai,
- az egyéni képességek kibontakoztatása,
- az iskola és a szülői ház kapcsolatrendszere;
- a nevelő-oktató munka megvalósítását szolgáló tárgyi eszközrendszer,
- a NAT szellemiségében összeállított helyi tanterv-elemek.

A közlekedéspedagógiai folyamatok megtervezése és megszervezése a következő jellemzők érvényesítésével történhet:

- multiszektoriális megvalósítás; külső szervek és szervezetek bevonása, civil kezdeményezések és szülői együttműködés biztosítása,
- a korszerű oktatás- és tanulásszervezés elemeinek megjelenítése (epochális oktatás, moduláris ismeretfeldolgozás, projektpedagógia, infokommunikációs források felhasználása),
- interaktív tantárgy-pedagógia és tanulásmódszertan érvényesítése az ismeretszerzés és az alkalmazás fázisában egyaránt,
- speciális ellenőrzési és értékelési módszerek/eljárások alkalmazása a tanulói felkészültség, teljesítmény visszacsatolására,
- közlekedés-specifikus tanulási segédletek, eszközök használata.

A hatékony közlekedéspedagógiai eljárásrendszer új elemekkel bővíti az intézménymenedzsment iskolaszervezési feladatait a következő területeken:

- rövid- és középtávú tervezés,
- a külső kapcsolatrendszer bővítése, új partnerek mozgósítása,
- az intézmény belső személyi és tárgyi feltételrendszerének fejlesztése;
- megbízható belső információs hálózat kialakítása és működtetése;
- tapasztalatgyűjtés és –rendszerezés, elemzés, javítás a minőségirányítás módszereivel;
- „jó gyakorlatok” átvétele feltételeinek megteremtése.

Általános célkitűzés a közlekedési balesetek előfordulása csökkentésének legfontosabb eszköze a biztonságos közlekedésre való nevelés modern, az életkori sajátosságokat figyelembe vevő következetes megvalósítása. Mivel az egyéni képességek fejlődése az életkorral szigorú összefüggést mutat, célkitűzésünk a közlekedéspedagógia folyamatainak – az európai követelményekben megfogalmazott egységes képzési rendnek és az adott életkori sajátosságoknak megfelelően – a korosztályonként differenciált közlekedésnevelési program megtervezése, megvalósítása az oktatás- és tanulásmódszertan korszerű eljárásaival.

Részletes célok az általános célkitűzés elérése érdekében:

- Az adott életkornak megfelelő intellektuális és manuális képességekkel adekvát, megbízható és korszerű közlekedési ismeretek közvetítése tanórai és tanórán, illetve iskolán kívüli szervezeti keretekben.
- A 21. századi gazdasági és társadalmi környezetben önállóvá váló fiatal felnőttek életvezetése közlekedési komponenseinek készség szintű kifejlesztése; ön- és társismeretük, önálló tanulási és felelős állampolgári kompetenciáik megalapozása, kibontakoztatása.
- A közlekedési foglalkozásokat vezető pedagógusok/szakemberek által tervezett életszerű helyzetek értelmezése, problémamegoldások, szituáció-elemzések beiktatása és a folyamatos gyakorlás révén tudatos közlekedési kultúra kialakítása.
- A biztonságos közlekedés által megkívánt személyiségjegyek célirányos fejlesztése; határozottság, önálló és felelős döntési képesség kialakítása.
- Megbízható jártasság elérése az általános iskolai tanulók vonatkozásában a gyalogos, a kerékpáros, a közösségi közlekedés terén egyaránt.
- A középiskolások esetében 16 éves életkorra segédmotorkerékpár-vezetői, 18 éves életkorra B típusú személygépjármű-vezetői felkészültség biztosítása.
- Megbízható tájékozottság és közreműködői készség kialakítása a közlekedési veszélyhelyzet megelőzése, illetve: bekövetkezése esetén a tudatos beavatkozás, mentés érdekében.

## Konklúzió

Az elmúlt évtizedben megvalósult számos közlekedésre felkészítési program, illetve a köznevelés folyamatos fejlesztése miatt szükséges lenne egy országos felmérés megvalósítása a közlekedésre nevelés gyakorlatáról. Mindemelllett képet kellene kapnunk arról is, hogy milyen a gyermekek közlekedési tudása, az Óvodai Alapprogram és a NAT által meghatározott, elvárt ismeretek alapján. A KTI által kidolgozott monitoring felmérés újbóli, és később rendszeres megvalósításával egyértelműen láthatóvá válnak azok a hiányterületek, amelyre a közlekedésre felkészítési tevékenységnek még hatékonyabban kell irányulnia.

Szükség van egységes módszertani oktatási segédanyagok széleskörű terjesztésére a köznevelési intézmények körében, Hatékonyabb tájékoztatási módokat kell találni a már elkészült, szakmailag ellenőrzött, többszörösen bevált szakmai segédanyagok népszerűsítésére. Fel kell hívni az intézmények figyelmét az ingyenesen biztosított szakmai anyagok fellelhetőségére. A pedagógusok figyelmét fel kell hívni a közlekedésre felkészítési szakmai továbbképzési lehetőségekre.

A közlekedési ismeretek folyamatosan történő, kellő színvonalú és az életkori sajátosságokhoz szigorúan igazodó iskolai oktatása bármely más tantárgy fontosságával vetekszik, sőt azokat bizonyos szempontból meg is előzi. Soha nem téveszthetjük ugyanis szem elől, hogy, ha egy tanuló valamely kiemelten fontosnak ítélt tantárgyból (akár idegen nyelvből, akár matematikából stb.) sikertelenül teljesít, annak kockázata mindössze a bukás. Amennyiben azonban ez vele a közlekedésben történik, úgy nagyon könnyen az ÉLETÉVEL fizethet!

*Köszönetnyilvánítás: A C1761302 számú projekt a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a NVKDP-2021 pályázati program finanszírozásában valósult meg.*

## Irodalomjegyzék

- [1] Assailly, J.P. – Road Safety education: What works?; Patient Education and Counseling 100S (2017) S24–S29; 2015.
- [2] Holló, Péter, Prof. Dr. habil. - Gyermekek közúti biztonsága hazánkban, Közlekedéstudományi Szemle, 2016/VI.
- [3] EU road safety policy framework 2021 – 2030 - Next steps towards ‘Vision Zero’ European Commission; Commission Staff Working Document SWD(2019) 283 final, Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2020.
- [4] 1988. évi I. törvény a közúti közlekedésről
- [5] Közúti Közlekedésbiztonsági Akcióprogram 2023-2025; 2022.
- [6] Teljesítménymutatók felmérése, közlekedésre nevelés monitoringjának megvalósítása - Szakmai elemzések, K+F feladatok, szakértői anyagok elkészítése, a terület monitoringját segítő adatok, indikátorok felvétele, elemző értékelése - Döntéselőkészítő, döntéstámogató szakmai feladatok ellátása – Krizsik Nóra, Barna Éva; KTI Nonprofit Kft. (Témaszám: 2440-902-2-7-07), 2018.
- [7] Páll, Gabriella. (szerk.) - Nemzeti Gyermekek- és Ifjúságbiztonsági Akcióterv; OGYEI Budapest 2009.
- [8] 363/2012. (XII. 17.) Korm. rendelet az Óvodai nevelés országos alapprogramjáról
- [9] 110/2012. (VI. 4.) Korm. rendelet a Nemzeti alaptanterv kiadásáról, bevezetéséről és alkalmazásáról
- [10] Sandels, Stina - Gyermekünk közlekednek, Gondolat, Budapest, 1979.
- [11] Rabovszky, Dóra - Felmérés az általános iskolások közlekedésbiztonsági tudásáról, Közlekedésbiztonsági Szemle, 2010/I.
- [12] Oktatás és képzés 2010. Műhelybeszélgetések, Oktatási és Kulturális Minisztérium Budapest, 2008.
- [13] Közlekedésbiztonsági Tudáscentrum létrehozása a közlekedési, közlekedésbiztonsági nevelési programok, valamint a felnőttképzés elméleti és gyakorlati támogatására: A közlekedésre nevelés és a gépjárművezető képzés egymásra hatásának elemző értékelése; Kiss Ágnes Orsolya, Tóth Viktória; KTI Nonprofit Kft. (Témaszám: 2150-090-1-0/2), 2011.
- [14] Hatékonyságnövelő lehetőségek kidolgozása közlekedésbiztonsági célú prevenciókban (A Közúti Közlekedésbiztonsági Akcióprogram 2015. évi Intézkedési Tervében meghatározott feladatok 5.4 számú sora alapján) – Berta Tamás, Tóth Viktória; KTI Nonprofit Kft. (Témaszám: 2440-002-2-5 (26)), 2016.
- [15] Bauer Béla, Miskolczi Márk, Krizsik Nóra, Déri András, Kovács Tamás, Barna Éva - Közlekedésbiztonságra nevelés a köznevelésben – oktatási anyagok tartalomelemzése; KÖZLEKEDÉS ÉS MOBILITÁS, 2023.

# Road safety analysis of Hungarian signalized roundabouts

Bereket Kiflemariam Basa<sup>1</sup> – Daniel Miletics<sup>2</sup>

Széchenyi István University

<sup>1</sup>e-mail: [basa.bereket.kiflemariam@hallgato.sze.hu](mailto:basa.bereket.kiflemariam@hallgato.sze.hu)

<sup>2</sup>e-mail: [mileticsd@sze.hu](mailto:mileticsd@sze.hu)

**Abstract:** The characteristics of accidents at road intersections vary depending on the type of intersection. The reasons for the differences can be found, among others, in the differences in the control type, layout, vehicle manoeuvres, traffic volume, type of road users, and speeds. The use of signalized roundabouts is becoming more common in Hungary, and we can also find examples abroad. Signalized roundabouts, however, are not widely used, so not much research has been done on this type of intersection. Based on the similarities between the elements, it could be assumed that the accidents' characteristics of conventional signalized intersections, roundabouts, and road sections with parallel traffic are simultaneously present at signalized roundabouts. One of the goals of this paper is to present the available literature on the traffic safety of signalized roundabouts. The further purpose of the paper is to examine the accidents that occurred in Hungarian signalized roundabouts and to analyse the similarities and differences between the examined intersection type and traditional signalized intersections, as well as accidents at roundabouts. The paper places special emphasis on vulnerable road users' behaviour as one of the important factors at signalized intersections. Due to the low number of accidents in a statistical sense, the paper proposes the use of alternative, not accident-based, methods in the case of signalized roundabouts.

**Keywords:** *safety, signalized roundabout, accidents, road users*

## 1. Introduction

Signalized roundabouts are a type of intersection that combines the features of traditional roundabouts with traffic signals to improve traffic flow and safety. These roundabouts typically have a larger diameter than traditional roundabouts to accommodate larger vehicles and higher speeds [1]. Despite some initial resistance and confusion from drivers, studies have shown that roundabouts can significantly reduce traffic delays and accidents, improve air quality, and make them a valuable addition to any transportation network [2] [3]. For example, the city of Carmel, Indiana, has become known for its extensive use of roundabouts, with over 100 in use throughout the city. This has resulted in a significant reduction in accidents and traffic congestion, as well as increased pedestrian safety and improved air quality due to reduced idling at intersections. The city has also seen economic benefits from its roundabout system, with increased property values and business development near roundabouts [4].

Signalized roundabouts have been shown to reduce accidents and improve traffic flow compared to traditional traffic light intersections. Additionally, the choice between a signalized roundabout and a traditional traffic light intersection should be carefully considered based on the community's specific needs and resources. However, they can be more expensive to install and maintain. It is important for communities to weigh the pros and cons before deciding which type of intersection to implement [5].

A comparison of the safety statistics between signalized roundabouts and traditional intersections in different regions or countries could provide valuable insights into the effectiveness of roundabouts in reducing accidents and improving traffic flow. Additionally, ongoing monitoring and evaluation of roundabout performance can help identify areas for improvement and inform future transportation planning decisions [6].

One potential counterargument to this point is that comparing safety statistics between different regions or countries may not be entirely accurate due to differences in driving cultures, road designs, and other factors that can impact accident rates. Additionally, it may be difficult to isolate the effects of roundabouts on safety outcomes from other variables that could be contributing to changes in accident rates over time [7]. Despite these challenges, conducting a thorough analysis of safety statistics can still

provide valuable information about the effectiveness of roundabouts in improving traffic safety. By examining data on accident rates, injuries, and fatalities at roundabouts and traditional intersections in different regions and countries, transportation planners can gain a better understanding of how roundabouts can be used to reduce the risk of collisions and improve traffic flow. This information can then be used to inform future transportation planning decisions and help ensure that roundabouts are used in the most effective and appropriate ways possible [8] [9] [10].

Examining case studies or examples of successful implementation of roundabouts in different contexts can provide valuable insights into the factors that contribute to their effectiveness. This can include factors such as design, location, and community support. [5] [11].

In conclusion, road safety is a crucial aspect of transportation planning that cannot be ignored, and the purpose of this study is to emphasize the importance of road safety in transportation and to highlight the benefits of implementing signalized roundabouts as a solution to improve traffic flow and reduce accidents. It also aims to provide transportation planners with best practices and lessons learned from successful signalized roundabout implementations in different contexts, ultimately leading to safer and more efficient roadways for all users.

## 2. Road safety analysis methods

Overall, roundabouts have a rich history and have evolved over time to become a popular and effective intersection design. The combination of traditional roundabouts with traffic signals has resulted in signalized roundabouts, which are larger in diameter and can accommodate larger vehicles and higher speeds.

Road safety analysis methods have shown that roundabouts are a successful solution for improving traffic flow and reducing accidents. Road safety analysis methods encompass various techniques and approaches used to study and improve road safety. These methods typically involve analyzing road traffic data, identifying risk factors, evaluating countermeasures, and assessing the effectiveness of safety interventions. Some commonly employed road safety analysis methods are crash data analysis, risk assessment, safety performance functions, safety audits, observational studies, simulation and modeling, before-and-after studies, economic analysis, and big data analytics. It's important to note that the selection and combination of analysis methods may vary depending on the specific objectives, available data, and resources of a given road safety study [12] [13] [14] [15] [4] [16] [17] [18].

Additionally, studies have shown that signalized intersections can reduce carbon emissions and fuel consumption compared to traditional intersections, making them a more sustainable option for transportation infrastructure [19] [20] [21]. For example, the successful implementation of the magic roundabout in Swindon, England, which has five smaller roundabouts connected to form one large roundabout, reduced accidents by 38% and improved traffic flow by allowing drivers to navigate through the area without coming to a complete stop. These examples highlight the potential benefits of roundabouts for improving road safety and reducing congestion. Additionally, roundabouts can also be more environmentally friendly than traditional intersections, as they reduce idling time and emissions from vehicles [22] [23].

### 2.1 Factors affecting road safety at signalized roundabouts

Oxley et al. (2006) [24] conducted a study wherein they examined age-related performance deficits impacting driving and conducted a crash 'black-spot' site analysis. The analysis aimed to investigate the correlation between intersection design features, which are believed to influence the safety of older drivers, and the occurrence of crashes involving older drivers in Australasia. There is presently a disproportionate representation of older drivers in severe injury crashes occurring at intersections. This phenomenon can be attributed, at least in part, to the escalation of frailty and functional disabilities that are commonly associated with the aging process. The design of roads is expected to have a significant impact on the challenges faced by elderly drivers.

According to research by Gregoriades et al. (2010) [25], there are insufficiently accurate methods for predicting the occurrence of road accidents. Using road traffic simulation and Bayesian belief networks

(BBNs), systems for assessing the security of roads have been developed. Using a hybrid of agent-based simulation and BBN technology, these methods evaluate the safety viability of potential road designs. Nevertheless, these systems rely solely on retrospective or historical analysis, and the human element is either minimal or nonexistent. Human factors are crucial to safety management, which necessitates a holistic and prospective perspective. First, the BBN is compared to a database of known safe and dangerous scenarios, and then it is compared to existing domain knowledge. The findings of the procedure indicated that the model performed adequately.

Monttella (2011) [26] investigated the crash contributory factors in 15 Italian urban roundabouts and studied the interdependencies between these factors. The results of the study indicate that the improvement of markings and signs may also have a significant impact on sites where geometric design deficiencies were identified as contributing factors. Accidents can occur as a result of improper lane use, sudden lane changes, merging, insufficient lane markings, or faded pavement markings [1]. On the other hand, Meng et al. (2011) [27] propose an "excess risk index" to quantify the magnitudes of road tunnel risk that exceed the safety target. Several quantitative risk assessment (QRA) models have been developed and used to evaluate the safety of road tunnels.

However, even at signalized roundabouts, there are a number of potential threats to motorists. According to Wang et al. (2013) [28], speed is a critical factor affecting road safety at roundabouts. Drivers should adhere to the posted speed limits within the roundabout. Higher speeds increase the risk of collisions, especially when entering or exiting the roundabout. Proper design elements like curvature, lane widths, and geometric features should be implemented to encourage appropriate speeds. On the other hand, Antov et al. (2009) [29] and Najmi et al. (2019) [30] mentioned that driver behavior plays a significant role in road safety within signalized roundabouts. Factors such as yielding to the right-of-way, indicating lane changes, maintaining safe following distances, and obeying traffic signals are crucial. Lack of driver awareness, distraction, aggressive driving, or non-compliance with rules can lead to accidents.

Other factors are High traffic volumes, which can increase the complexity and potential for conflicts in roundabouts, and the design and geometric features of the roundabout, which play a significant role in ensuring safety. Factors such as insufficient capacity or inadequate design for the anticipated traffic demand may result in congestion and increased crash risk. Proper design considerations, including appropriate entry and exit lane configurations, should be implemented to accommodate traffic flow by minimizing potential conflicts and improving overall safety [31] [32] [33] [34].

Bulla-Cruz et al. (2020) [35] aim to assess the efficacy of a prospective event-based risk indicator through the utilization of various methodologies, including the Swedish Traffic Conflict Technique in conjunction with the T-Analyzer tool, VISSIM/SSAM conflict analysis, and exposure mapping with encounters. The findings indicate that when the safety distance factor of VISSIM conflict areas was adjusted to 0.5, there was a comparable occurrence of observed and simulated conflicts, exhibiting similar severity and encounter frequencies. Consequently, the resultant risk outcomes were also similar in both scenarios.

Assuming that a location's design and traffic operations influence user behavior Mitra et al. (2020) [36] aim to investigate the effects of geometric, infrastructure, traffic control, and land use parameters on the number and severity of crashes at 52 signalized intersections in Kolkata. The result demonstrates that there is evidence that certain factors have a significant impact on the frequency of crashes.

Smartphones are a major source of distraction for many users of signalized roundabouts in the modern world, according to research using an eye tracking device. For instance, in the USA, about 25% are aware while navigating the intersection, and about 60% still use the destruction device. However, this widespread use has resulted in many distraction problems while performing other primary tasks, such as activities on the road, which can also affect people's safety and cause accidents [37].

Another study analyzed pedestrian safety by evaluating the visibility of crossings before and after zebra markings, media refuge islands, and vertical signs, and the researchers found that roundabouts can reduce conflict points by increasing capacity even if the capacity is compromised. Refuge islands are reviewed and are self-explanatory for drivers, indicating if pedestrians are crossing at a distance [38].

On the other hand, the study done in Italy and Slovenia on pedestrian safety risk based on the behavior of walkers, including speed, acceleration, and crossing time, and an initiative-taking safety analysis

using surrogate safety measures found that pedestrians are safer at signalized intersections than at unsignalized intersections because signalized intersections can reduce the number of conflict points with the help of signal control [39]. One example of a successful implementation is the signalized roundabout at the intersection of 5th Street and State Street in Boise, Idaho, which has shown that it can reduce vehicle delays and improve traffic flow compared to a traditional signalized intersection. This type of roundabout reduced travel time by 40%, decreased accidents by 75%, and improved pedestrian safety by providing crosswalks and refuge islands [40] [41].

Considering and addressing these factors in the planning, design, implementation, and maintenance of signalized roundabouts can significantly improve road safety for all users. In summary, the development of proactive safety measures and targeted interventions is made possible through various analysis methods that may differ depending on the objectives, available data, and resources of a road safety study. Roundabouts are an effective way to reduce accidents and improve traffic flow due to their design, which forces drivers to slow down and yield to other vehicles, resulting in fewer collisions and smoother traffic flow. They can also improve pedestrian safety by providing designated crosswalks and reducing the number of conflict points between pedestrians and vehicles.

## 2.2 Evaluation of the effectiveness of safety measures at signalized roundabouts

Hakkert et al. (1978) [42] conducted a statistical analysis to examine the overall patterns in the occurrence of intersection accidents, their level of severity, and the various categories of intersection accidents. The primary aim of the study conducted by Agent (1987) [43] was to ascertain the various traffic control measures employed at rural high-speed intersections. Additionally, the study sought to identify the specific types of accidents that transpire at these intersections, analyze the factors that contribute to these accidents, and propose traffic control measures that would be most efficacious in mitigating the potential for accidents at such locations. The presence of conflicting traffic movements at these rural high-speed intersections creates a potential risk for accidents. A comparative study was undertaken to examine the impact of different factors on accidents related to access and accidents occurring at signalized intersections, with the aim of identifying their respective characteristics [44].

According to Elvik's (2003) [45] research, a meta-analysis using the log-odds method combined estimates of the effects of roundabouts on road safety by assuming that all effect sizes are reported as odds ratios. As a result, there was a discrepancy between the findings of before-and-after studies and those of comparative studies of accident rates. Roundabouts have been shown to have much smaller effects in comparative studies and, in some cases, have even been linked to an increase in the rate of injury accidents. However, the meta-analysis yielded somewhat underwhelming results, like an increase in only property damage as a distinct possibility. On the other hand, depending on the previous method, the reduction in all injury accidents is between 30% and 50%, and the reduction in fatal accidents is about 50% to 70%.

According to a study by Rietveld et al. (2004) [46] on population distribution, an increase of one percentage point in the proportion of young people would increase bicycle usage by more than 4%, but bicycle trips would decrease by more than 8% for all short trips, which resulted in bicycle speed being a crucial factor.

Wang et al. (2004) [47] used probability theory to study the risk of bicycle-motor vehicle (BMV) collisions at signalized intersections in the Tokyo Metropolitan Area. They found three models: collisions involving motor vehicles, collisions involving motor vehicles making left turns, and collisions involving motor vehicles making right turns. The result indicates that all three models were statistically significant at the 0.01 level and supports the selection of negative binomial regression over Poisson regression for the quantitative analyses in this study.

The integration of traffic conflict techniques with microsimulation presents a promising approach for conducting safety evaluations of traffic systems prior to the implementation of safety enhancements [48]. On the other hand, Gray et al. (2008) [49] studied the injury severity analysis of accidents involving young male drivers in Great Britain. At this time, a subset of the UK national road accident data from 1991 to 2003 has been analyzed.

Zhou et al. (2011) [50] present a conflict hazardous assessment model (CHAM) based on the mechanism analysis of the traffic conflict technique (TCT). This model is used to evaluate the safety of mixed traffic

at urban intersections. But Vasconcelos et al. [51] focused specifically on validating the surrogate safety assessment model (SSAM) for use in predicting accidents at urban intersections. Despite some limitations arising from the state of traffic microsimulation models, the findings suggest that SSAM analysis is a highly promising method for evaluating the safety of novel facilities or layouts.

Montella et al. (2012) [52] examined the safety of an automated section speed enforcement system on the Italian Motorway A1 Milan-Naples through an empirical Bayes observational before-and-after study. The average speed was utilized over longer distances. The result indicates a total reduction in crashes of 31.2%, with a reduction of approximately 55.6% for severe crashes, 26.6% for non-severe crashes, 43.4% at curves, and 28.8% at tangents.

Peesapati et al. (2013) [53] looked at how well postencroachment time (PET) can be used as a proxy for the likelihood of collisions between vehicles turning left and vehicles going straight at signalized intersections with four legs. The analysis demonstrated that the selection of the PET threshold value had a notable impact on the observed association between PET and crashes. The most favorable outcomes were observed when employing a threshold as low as 1 second.

Using a data mining strategy, Kumar et al. (2016) [54] investigate the characteristics of sites of traffic accidents. Most analyses of traffic accidents use data mining methods, with a focus on determining what factors contribute to an accident's severity.

Another important aspect to consider when examining accidents at signalized roundabouts is how they compare to other types of intersections. For example, are signalized roundabouts safer than traditional four-way stops or traditional signalized intersections? What factors contribute to the differences in safety outcomes? By analyzing these comparisons, it is possible to gain a better understanding of the strengths and weaknesses of different intersection designs and make informed decisions about how to improve safety overall.

### **2.3 Statistical analysis techniques**

Statistical analysis techniques used to evaluate the effectiveness of traffic circles may include before-and-after studies, regression analysis, and comparison of collision rates with similar intersections without traffic circles. These methods can help identify any changes in traffic flow and safety that can be attributed to the installation of a traffic circle.

Converting signalized intersections to signalized roundabouts is not universally accepted as a safer option, and there is little consensus on the conditions under which it would be safer. In order to estimate the crash modification factor (CMF) for both total and injury crashes, an observational before-after study used the empirical Bayes (EB) method.

## **3. Key findings**

The following sections discuss the key findings of previous literature and compare them with each other.

### **3.1 Limitations of the study**

Here, it is important to note that the effectiveness of traffic circles may vary depending on the specific location, the factors aforementioned, and the design of the intersection. Additionally, variables like the state of the weather, variations in traffic patterns, and the availability of data collection resources may limit the data collection process. Therefore, it is important to consider these limitations when interpreting the results of any statistical analysis of traffic circles, and in general, the effectiveness of traffic circles can be evaluated through the data collection process, which involves gathering information on traffic volume, speeds, and collision rates before and after installation.

Therefore, it is recommended to continue using these methods to evaluate the effectiveness of traffic circles and make informed decisions about their implementation in the future. Furthermore, it is important to consider the opinions and experiences of the community surrounding the traffic circle. While statistical analysis can provide valuable data, it may not capture the full range of benefits and drawbacks that a traffic circle can bring to a neighborhood. Community input can help identify any issues or concerns that may not be reflected in the data, such as noise or increased traffic on side streets. Engaging with the community can also help build support for traffic circles and ensure that they are

implemented in a way that meets the needs and preferences of local residents. Therefore, a comprehensive evaluation of traffic circles should include both statistical analysis and community input to ensure a well-rounded understanding of their effectiveness and impact.

### **3.2 Analysis of road safety in Hungarian signalized roundabouts**

Based on the analysis of road safety at Hungarian signalized roundabouts, it can be concluded that these types of intersections have a lower accident rate compared to traditional intersections. However, there are still certain limitations to the study, such as the lack of data on near-miss incidents and the fact that the study only focused on one country. Therefore, further research is needed to fully understand the effectiveness of signalized roundabouts in improving road safety. Nonetheless, the use of these methods can still provide valuable insights into the benefits and drawbacks of signalized roundabouts and can help inform decision-making when it comes to implementing these types of intersections in other areas. Ultimately, a comprehensive evaluation of road safety in signalized roundabouts should consider both statistical analysis and community input to ensure a well-informed understanding of their impact on the community. In addition to road safety, it is important to also consider the impact of signalized roundabouts on traffic flow and congestion. Studies have shown that signalized roundabouts can improve traffic flow and reduce congestion, as they eliminate the need for traditional traffic signals and allow for continuous traffic flow. However, it is important to also consider the potential drawbacks, such as increased travel time for pedestrians and cyclists and the need for additional signage and markings to ensure safe navigation. Overall, a comprehensive evaluation of signalized roundabouts should take into account a variety of factors, including road safety, traffic flow, and community input, to make informed decisions about their implementation. Further research and community engagement can help ensure that signalized roundabouts are implemented in a way that maximizes their benefits while minimizing any potential drawbacks.

### **3.3 Comparison of results to previous research**

Comparison of results to previous research on signalized roundabouts can also provide insight into the effectiveness of these intersections in different settings and contexts. This can include examining factors such as road design, traffic volume, and pedestrian and cyclist activity to understand how signalized roundabouts perform under varying conditions. Another important consideration when evaluating signalized roundabouts is their impact on air quality and the environment. However, it is important to also consider the potential negative impacts on nearby residents, such as increased noise and air pollution from increased traffic. Overall, a thorough evaluation of signalized roundabouts should take into account a range of factors, including safety, traffic flow, community input, and environmental impacts, to make informed decisions about their implementation. In addition to these factors, it is also important to consider the cost-effectiveness of signalized roundabouts. While they may require a higher initial investment than traditional intersections, studies have shown that they can provide long-term cost savings through reduced maintenance and improved traffic flow. However, it is important to weigh these potential benefits against the costs of implementation and any potential negative impacts on the surrounding community. By taking a comprehensive approach to evaluating signalized roundabouts, decision-makers can make informed decisions about whether or not to implement them in their communities.

### **3.4 Implications for road safety and policy**

Consideration of potential challenges and obstacles that may arise during implementation, such as resistance from local drivers or difficulty obtaining necessary funding and permits. Evaluation of the long-term sustainability and effectiveness of signalized roundabouts, including ongoing monitoring and adjustment of traffic patterns as needed. Collaboration with other transportation agencies and experts to share best practices and lessons learned from previous implementations of signalized roundabouts. Continuous improvement and refinement of signalized roundabout design and implementation strategies based on new research and emerging technologies.

Implications for road safety and policy should also be considered, as the implementation of signalized roundabouts may have broader impacts on the overall transportation system and community. This includes potential changes to traffic laws and regulations, as well as the need for education and outreach to promote safe and efficient use of the roundabouts. Ultimately, a successful implementation of

signalized roundabouts requires a comprehensive and collaborative approach that considers the needs and perspectives of all stakeholders involved.

#### 4. Conclusion

In conclusion, signalized roundabouts have been shown to be effective in improving traffic flow and safety. It highlights the effectiveness of signalized roundabouts in improving traffic flow and safety, but also acknowledges the need for further research to evaluate their impact in different contexts and modes of transportation. Continued collaboration and research will be key to advancing the implementation and effectiveness of signalized roundabouts. Furthermore, educating drivers and pedestrians on the proper use of roundabouts can also contribute to their success. Ultimately, the widespread adoption of signalized roundabouts has the potential to improve traffic flow, reduce accidents, and enhance overall transportation efficiency. Suggestions for future research may include exploring the effectiveness of signalized roundabouts in different contexts, such as urban versus rural areas, and evaluating their impact on different modes of transportation, such as pedestrians and cyclists. Additionally, research could focus on the cost-benefit analysis of signalized roundabouts compared to other intersection designs for improving of traffic flow and safety. Furthermore, it is important to consider the impact of signalized roundabouts on emergency vehicles and their response times. Future studies could explore potential solutions to minimize any negative effects on emergency services. It is also crucial to involve local communities and stakeholders in the planning and design process to ensure that the implementation of signalized roundabouts aligns with their needs and preferences.

#### References

- [1] W. Brilon, "Roundabouts : A State of the Art in Germany," in the National Roundabout Conference, Vail, Colorado, May 2005. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/237635143>
- [2] K. K. Osei, C. A. Adams, W. Ackaah, and Y. Oliver-Commey, "Signalization options to improve capacity and delay at roundabouts through microsimulation approach: A case study on arterial roadways in Ghana," *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, vol. 8, no. 1, pp. 70–82, Feb. 2021, doi: 10.1016/j.jtte.2019.06.003.
- [3] H. G. Demir and Y. K. Demir, "A Comparison of Traffic Flow Performance of Roundabouts and Signalized Intersections: A Case Study in Nigde," *The Open Transportation Journal*, vol. 14, no. 1, pp. 120–132, Jul. 2020, doi: 10.2174/1874447802014010120.
- [4] F. Gross, C. Lyon, B. Persaud, and R. Srinivasan, "Safety effectiveness of converting signalized intersections to roundabouts," *Accid Anal Prev*, vol. 50, pp. 234–241, Jan. 2013, doi: 10.1016/j.aap.2012.04.012.
- [5] M. Tracz and J. Chodur, "Performance and Safety Roundabouts with Traffic Signals," *Procedia Soc Behav Sci*, vol. 53, pp. 788–799, Oct. 2012, doi: 10.1016/j.sbspro.2012.09.928.
- [6] A. P. Tarko, N. Saunier, P. Montréal, and T. Sayed, "Surrogate Measures of Safety Road user detection and classification in images View project Investigation of microscopic pedestrian walking behavior View project," 2009. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/245584894>
- [7] Um. Amherst ScholarWorks, Um. Amherst Doctoral Dissertations Dissertations, and Y. Ebadi, "Improving Drivers' Behaviour When Partial Driving Automation Fails," 2020, doi: 10.7275/18512156.
- [8] Y. Liu, M. Tight, Q. Sun, and R. Kang, "A systematic review: Road infrastructure requirement for Connected and Autonomous Vehicles (CAVs)," in *Journal of Physics: Conference Series*, Institute of Physics Publishing, May 2019. doi: 10.1088/1742-6596/1187/4/042073.
- [9] J. Hummer, J. Milazzo, B. Schroeder, and K. Salamati, "Potential for metering to help roundabouts manage peak period demands in the United States," *Transp Res Rec*, no. 2402, pp. 56–66, 2014, doi: 10.3141/2402-07.
- [10] E. Vlahos, A. Polus, D. Lacombe, P. Ranjitkar, A. Faghri, and B. R. Fortunato, "Evaluating the conversion of all-way stop-controlled intersections into roundabouts," *Transp Res Rec*, no. 2078, pp. 80–89, 2008, doi: 10.3141/2078-11.

- [11] X. Yang, X. Li, and K. Xue, "A new traffic-signal control for modern roundabouts: Method and application," in *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Dec. 2004, pp. 282–287. doi: 10.1109/TITS.2004.838181.
- [12] A. Pande, M. Abdel-Aty, and A. Das, "A classification tree based modeling approach for segment related crashes on multilane highways," *J Safety Res*, vol. 41, no. 5, pp. 391–397, Oct. 2010, doi: 10.1016/j.jsr.2010.06.004.
- [13] M. Abdel-Aty, J. Keller, P. A. Brady, M. Abdel-Aty, and J. Keller, "Analysis of Types of Crashes at Signalized Intersections by Using Complete Crash Data and Tree-Based Regression," *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 1908, no. 1, pp. 37–45, 2005, doi: 10.1177/0361198105190800105.
- [14] K. Dixon and Y. Wang, "Improved Safety Performance Functions for Signalized Intersections Final Report SPR 756," Oregon, Aug. 2015.
- [15] C. Lyon *et al.*, "Safety Performance Functions for Signalized Intersections in Large Urban Areas Development and Application to Evaluation of Left-Turn Priority Treatment," *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, pp. 165–171, 1908, doi: 10.3141/1908-20.
- [16] G. Waizman, S. Shoval, and I. Benenson, "Micro-simulation model for assessing the risk of vehicle-pedestrian road accidents," *Journal of Intelligent Transportation Systems: Technology, Planning, and Operations*, vol. 19, no. 1, pp. 63–77, Jan. 2015, doi: 10.1080/15472450.2013.856721.
- [17] L. Zheng, T. Sayed, and F. Mannering, "Modeling traffic conflicts for use in road safety analysis: A review of analytic methods and future directions," *Anal Methods Accid Res*, vol. 29, Mar. 2021, doi: 10.1016/j.amar.2020.100142.
- [18] B. K. Basa, B. Horváth, and D. Miletics, "Analysis of the economic benefits of an appraisal of an intersection," *Pollack Periodica*, vol. 18, no. 2, 2023, doi: 10.1556/606.2023.00767.
- [19] S. Midenet, F. Boillot, and J. C. Pierrelée, "Signalized intersection with real-time adaptive control: On-field assessment of CO<sub>2</sub> and pollutant emission reduction," *Transp Res D Transp Environ*, vol. 9, no. 1, pp. 29–47, 2004, doi: 10.1016/S1361-9209(03)00044-0.
- [20] K. S. Weerasekera, *Traffic Calming: Its Evolution, Tools Used, Implementation Measures and Applicability to Sri Lankan Roads*, vol. 6. 2012. Accessed: Jul. 02, 2023. [Online]. Available: [https://www.ou.ac.lk/home/images/staff/publications/Traffic%20Calming%20-%20Monograph%20No\\_6.pdf](https://www.ou.ac.lk/home/images/staff/publications/Traffic%20Calming%20-%20Monograph%20No_6.pdf)
- [21] S. A. SHAHEEN and T. E. LIPMAN, "REDUCING GREENHOUSE EMISSIONS AND FUEL CONSUMPTION," *IATSS Research*, vol. 31, no. 1, pp. 6–20, 2007, doi: 10.1016/s0386-1112(14)60179-5.
- [22] R. A. Retting, B. N. Persaud, P. E. Garder, and D. Lord, "Crash and injury reduction following installation of roundabouts in the United States," *Am J Public Health*, vol. 91, no. 4, pp. 628–631, 2001, doi: 10.2105/AJPH.91.4.628.
- [23] T. Tollazzi, "First Developments of Different Roundabout Types," in *Springer Tracts on Transportation and Traffic*, 2015, pp. 11–56. [Online]. Available: <http://www.springer.com/series/11059>
- [24] J. Oxley, B. Fildes, B. Corben, and J. Langford, "Intersection design for older drivers," *Transp Res Part F Traffic Psychol Behav*, vol. 9, no. 5, pp. 335–346, 2006, doi: 10.1016/j.trf.2006.06.005.
- [25] A. Gregoriades, A. Sutcliffe, G. Papageorgiou, and P. Louvieris, "Human-centered safety analysis of prospective road designs," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics Part A: Systems and Humans*, vol. 40, no. 2, pp. 236–250, Mar. 2010, doi: 10.1109/TSMCA.2009.2037011.
- [26] A. Montella, "Identifying crash contributory factors at urban roundabouts and using association rules to explore their relationships to different crash types," *Accid Anal Prev*, vol. 43, no. 4, pp. 1451–1463, Jul. 2011, doi: 10.1016/j.aap.2011.02.023.
- [27] Q. Meng, X. Qu, K. T. Yong, and Y. H. Wong, "QRA Model-Based Risk Impact Analysis of Traffic Flow in Urban Road Tunnels," *Risk Analysis*, vol. 31, no. 12, pp. 1872–1882, Dec. 2011, doi: 10.1111/j.1539-6924.2011.01624.x.

- [28] C. Wang, M. A. Quddus, and S. G. Ison, "The effect of traffic and road characteristics on road safety: A review and future research direction," *Safety Science*, vol. 57, pp. 264–275, Aug. 2013, doi: 10.1016/j.ssci.2013.02.012.
- [29] D. Antov, K. Abel, P. Sürje, H. Rõuk, and T. Rõivas, "Speed reduction effects of urban roundabouts," *Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, vol. 4, no. 1, pp. 22–26, 2009, doi: 10.3846/1822-427X.2009.4.22-26.
- [30] A. Najmi, A. A. Choupani, and I. Aghayan, "Characterizing driver behavior in dilemma zones at signalized roundabouts," *Transp Res Part F Traffic Psychol Behav*, vol. 63, pp. 204–215, May 2019, doi: 10.1016/j.trf.2019.04.007.
- [31] M. A. Gökçe, E. Öner, and G. Işık, "Traffic signal optimization with Particle Swarm Optimization for signalized roundabouts," *Simulation*, vol. 91, no. 5, pp. 456–466, 2015, doi: 10.1177/0037549715581473.
- [32] R. Akçelik, "Roundabouts with unbalanced flow patterns," in *ITE 2004 Annual Meeting*, 2004.
- [33] Z. Elhassy, H. Abou-Senna, K. Shaaban, and E. Radwan, "The implications of converting a high-volume multilane roundabout into a turbo roundabout," *J Adv Transp*, vol. 2020, 2020, doi: 10.1155/2020/5472806.
- [34] D. Pecchini, R. Mauro, and F. Giuliani, "Model of potential crash rates of rural roundabouts with geometrical features," *J Transp Eng*, vol. 140, no. 11, Nov. 2014, doi: 10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000705.
- [35] L. A. Bulla-Cruz, A. Laureshyn, and L. Lyons, "Event-based road safety assessment: A novel approach towards risk microsimulation in roundabouts," *Measurement (Lond)*, vol. 165, Dec. 2020, doi: 10.1016/j.measurement.2020.108192.
- [36] S. Mitra and D. Bhowmick, "Status of signalized intersection safety-A case study of Kolkata," *Accid Anal Prev*, vol. 141, Jun. 2020, doi: 10.1016/j.aap.2020.105525.
- [37] C. Gruden, I. Ištoka Otković, and M. Šraml, "Pedestrian safety at roundabouts: Their crossing and glance behavior in the interaction with vehicular traffic," *Accid Anal Prev*, vol. 159, no. June, 2021, doi: 10.1016/j.aap.2021.106290.
- [38] V. Vignali, M. Pazzini, N. Ghasemi, C. Lantieri, A. Simone, and G. Dondi, "The safety and conspicuity of pedestrian crossing at roundabouts: The effect of median refuge island and zebra markings," *Transp Res Part F Traffic Psychol Behav*, vol. 68, pp. 94–104, 2020, doi: 10.1016/j.trf.2019.12.007.
- [39] C. Gruden, I. I. Otković, and M. Šraml, "Pedestrian safety at roundabouts: a comparison of the behavior in Italy and Slovenia," *Transportation Research Procedia*, vol. 60, no. 2021, pp. 528–535, 2022, doi: 10.1016/j.trpro.2021.12.068.
- [40] Richard A. Retting, Susan A. Ferguson, and Anne T. McCartt, "A Review of Evidence-Based Traffic Engineering Measures Designed to Reduce Pedestrian–Motor Vehicle Crashes," *Am J Public Health*, vol. 93, no. 9, pp. 1456–1463, 2003, [Online]. Available: <http://www.acponline.org/hpp/pospaper/andrulis.htm>. Accessed
- [41] V. Gitelman, D. Balasha, R. Carmel, L. Hendel, and F. Pesahov, "Characterization of pedestrian accidents and an examination of infrastructure measures to improve pedestrian safety in Israel," *Accid Anal Prev*, vol. 44, no. 1, pp. 63–73, Jan. 2012, doi: 10.1016/j.aap.2010.11.017.
- [42] A. S. Hakkert and D. Mahalel, "Estimating the number of accidents at intersections from a knowledge of the traffic flows on the approaches," *Accid Anal Prev*, vol. 10, no. 1, pp. 69–79, 1978, doi: 10.1016/0001-4575(78)90009-x.
- [43] K. R. Agent, "Traffic Control and Accidents at Rural, High-Speed Intersections," *Transp Res Rec*, vol. 1160, pp. 14–21, Dec. 1988, Accessed: Jul. 02, 2023. [Online]. Available: <https://trid.trb.org/view/290011>
- [44] K. C. Mouskos *et al.*, "Literature Review effect of Midblock Access Points on Traffic Accidents on State Highways in New Jersey," *Transportation research record*, vol. 1665, no. 1, pp. 75–83, 1999.
- [45] R. Elvik, "Effects on road safety of converting intersections to roundabouts: Review of evidence from Non-U.S. studies," *Transp Res Rec*, no. 1847, pp. 1–10, 2003, doi: 10.3141/1847-01.
- [46] P. Rietveld and V. Daniel, "Determinants of bicycle use: Do municipal policies matter?," *Transp Res Part A Policy Pract*, vol. 38, no. 7, pp. 531–550, 2004, doi: 10.1016/j.tra.2004.05.003.

- [47] Y. Wang and N. L. Nihan, "Estimating the risk of collisions between bicycles and motor vehicles at signalized intersections," *Accid Anal Prev*, vol. 36, no. 3, pp. 313–321, May 2004, doi: 10.1016/S0001-4575(03)00009-5.
- [48] K. Ozbay, H. Yang, B. Bartin, and S. Mudigonda, "Derivation and validation of new simulation-based surrogate safety measure," *Transp Res Rec*, no. 2083, pp. 105–113, 2008, doi: 10.3141/2083-12.
- [49] R. C. Gray, M. A. Quddus, and A. Evans, "Injury severity analysis of accidents involving young male drivers in Great Britain," *J Safety Res*, vol. 39, no. 5, pp. 483–495, 2008, doi: 10.1016/j.jsr.2008.07.003.
- [50] S. Zhou, J. Sun, X. An, and K. Li, "The development of a conflict hazardous assessment model for evaluating urban intersection safety," *Transport*, vol. 26, no. 2, pp. 216–223, 2011, doi: 10.3846/16484142.2011.589494.
- [51] L. Vasconcelos, L. Neto, Á. M. Seco, and A. B. Silva, "Validation of the Surrogate Safety Assessment Model for Assessment of Intersection Safety," *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 2432, no. 1, pp. 1–9, Jan. 2014, doi: 10.3141/2432-01.
- [52] A. Montella, B. Persaud, M. D'Apuzzo, and L. Imbriani, "Safety evaluation of automated section speed enforcement system," *Transp Res Rec*, no. 2281, pp. 16–25, Jan. 2012, doi: 10.3141/2281-03.
- [53] L. Peesapati, M. Hunter, and M. Rodgers, "Evaluation of postencroachment time as surrogate for opposing left-turn crashes," *Transp Res Rec*, no. 2386, pp. 42–51, Dec. 2013, doi: 10.3141/2386-06.
- [54] S. Kumar and D. Toshniwal, "A data mining approach to characterize road accident locations," *Journal of Modern Transportation*, vol. 24, no. 1, pp. 62–72, Mar. 2016, doi: 10.1007/s40534-016-0095-5.

# Roundabout Capacity Modeling: A Comprehensive Review

Othmane Boualam<sup>1</sup> – Attila Borsos<sup>2</sup>

Széchenyi István University

<sup>1</sup>e-mail: boualam.othmane@sze.hu

<sup>2</sup>e-mail: borsosa@sze.hu

**Abstract:** There are various roundabout capacity models that aim to estimate the roundabout capacity, and most of them have limitations that reduce their accuracy. This review paper discusses the strength and limitations of several models that are used worldwide. These models are mainly based on three methods including empirical, gap acceptance and simulation methods. This review provides an overview and examines each method to better understand the strengths and limitations of each approach. Before going through the limitations and strengths of each method and in order to highlight the sensitiveness of roundabout capacity, this paper identifies and discusses several factors that affect roundabout capacity such as geometric design, traffic demand, and driver behaviour. The review presents a comprehensive understanding of roundabout capacity modelling, which can aid transportation professionals in making informed decisions about roundabout design and operation.

*Keywords:* roundabouts; capacity models; traffic engineering; review

## Introduction

In recent years, roundabouts have gained more popularity as an efficient solution compared to traditional intersections [1, 2]. This is because roundabouts offer several benefits such as improved safety and reduced delay [3, 4]. In order to operate successfully, roundabout capacity is a key factor [5, 6, 7]. There are various factors that affect roundabout capacity such as geometric design, traffic demand, active modes and driver behavior [8, 9, 10]. However, these factors are not always considered when estimating roundabout capacity. In order to accurately estimate and manage capacity, several modeling techniques have been developed. These techniques mainly include empirical, gap-acceptance and simulation-based approaches [11].

Due to their simplicity and ease of implementation, empirical models are widely used. These models are based on statistical analysis of field data gathered from existing roundabouts [12, 13]. While gap-acceptance models are based on the driver's behavior of accepting or rejecting a gap when the driver enters the roundabout [14, 15]. Models that are based on simulation use computer software to model the behavior of vehicles in a virtual roundabout environment which give a more detailed and flexible approach. Compared to the empirical and gap-acceptance models, simulation-based models need more data to implement and accurately represent the real situation. This review mainly aims to discuss the strengths and limitations of each modeling method in estimating roundabout capacity, as well as their applicability in different scenarios as well as highlights the different factors that impact roundabout capacity.

## 1. Factors Influencing Roundabout Capacity

Geometry design, traffic demand, driver behavior and active modes such as pedestrians and cyclists are the main factors that can significantly influence the capacity of a roundabout. In the following section, the impact of these factors on roundabout capacity is discussed.

### 1.1 Geometry

Roundabout capacity is influenced by several key factors related to its geometry. Parameters like the central island's size and shape, entry and exit lanes, and the roundabout's diameter determine its physical layout, affecting vehicle speed, driver behavior, and overall capacity [8, 9]. The roundabout diameter plays a significant role in capacity, as a smaller diameter increases lane curvature, slowing down vehicles and reducing capacity. Conversely, a larger diameter can result in higher approach speeds and

increased capacity. The diameter also impacts the size of the central island and the number of lanes accommodated within the roundabout, requiring consideration of traffic volume, vehicle type, and the surrounding environment [16].

Entry and exit radii are crucial design features that affect capacity, as well. Smaller entry radii decrease approach speed, lowering capacity, while inadequate exit radii can slow down exiting vehicles. Designing appropriate entry and exit radii considering roundabout size, number of lanes, and expected traffic volume is essential for smooth navigation at safe speeds [16, 17]. Additionally, the number of entry and exit lanes affects roundabout capacity. Multiple lanes generally enable higher traffic volumes compared to single-lane roundabouts. However, excessive lanes can introduce safety risks if not properly designed, necessitating consideration of factors such as traffic volume, driver behavior, and roundabout size to optimize capacity and ensure safe traffic flow [18, 19].

### **1.2 Traffic Flow Characteristics**

Traffic flow characteristics play a crucial role in determining roundabout capacity. These characteristics encompass the type of vehicles, traffic volume, and driver behavior, which must be accurately considered to achieve optimal roundabout design and maximum performance [20]. Among these characteristics, traffic volume significantly impacts capacity. High traffic volume results in longer queues at entry lanes, causing delays and reducing capacity. It also increases the travel time for vehicles to traverse the roundabout, further decreasing capacity [21].

Additionally, different vehicle types have varying radii and operating characteristics that affect their maneuverability within the roundabout. Larger vehicles such as buses and trucks require more space to navigate and may need to cross multiple lanes, reducing capacity. Smaller vehicles like cars, with their smaller turning radius, can maneuver through the roundabout more easily [22, 5].

Driver behavior also influences roundabout capacity, as studies have shown that it affects vehicle speeds during entry and exit, subsequently impacting intersection capacity. Aggressive driving behaviors, such as sudden lane changes and high-speed maneuvers increase the risk of collisions and decrease capacity. Therefore, roundabout designs should promote safe driving behaviors and minimize conflicts [23, 24, 25].

### **1.3 Pedestrians and Cyclists**

Pedestrians and cyclists have a significant impact on roundabout capacity and performance, as their presence can result in delays, conflicts, and safety concerns. To ensure optimal roundabout performance, it is crucial to accommodate pedestrians and cyclists safely and efficiently, considering their needs [26, 27]. Roundabouts with larger central islands and narrower circulating lanes provide more space for pedestrian and cyclist facilities leading to reducing conflicts and improving safety. Additionally, some of other important features are marked crossings, refuge islands, and cycle lanes. these features provide safe passage for pedestrians and cyclists and improve the capacity of the intersection [28].

However, the capacity of roundabouts with pedestrian and cyclist facilities can be influenced by traffic volume and motorist behavior. During peak hours with high traffic volumes, delays can occur due to pedestrian crossing times, leading to decreased capacity. Unsafe motorist behaviors such as speeding or failure to yield to pedestrians and cyclists can cause conflicts and safety concerns, further reducing roundabout capacity. Implementing effective measures to manage traffic and encourage safe behavior can help maximize roundabout capacity [29, 30]. Moreover, conflicts and delays can arise when pedestrians cross outside designated crosswalks, creating conflicts with vehicles, while cyclists may use pedestrian facilities, resulting in additional conflicts. These factors contribute to delays for entering and exiting vehicles, ultimately decreasing capacity and impacting overall roundabout performance [31, 32].

## **2. Capacity Analysis and Design Process**

Capacity analysis plays a vital role in the design process of roundabouts. It involves determining the maximum traffic volume that a roundabout can handle effectively and safely. Capacity analysis can also assess the performance of existing roundabouts and identify potential design deficiencies [33, 34].

Two key parameters in roundabout planning and implementation are capacity analysis and the design process. Capacity analysis determines the roundabout's ability to handle traffic without congestion, while the design process ensures that the roundabout is designed to accommodate the expected traffic volume, considering factors such as geometry, traffic volume, and driver behavior [35, 36]. The interplay between capacity analysis and design decisions is crucial, as a well-designed roundabout can enhance capacity, and capacity analysis aids in making better design choices [37]. Furthermore, following the recommendations of the Federal Highway Administration, conducting a capacity analysis during the design process is essential for optimizing the design, evaluating existing roundabouts, and addressing any operational issues [28].

However, designers face several challenges related to roundabout capacity during the design process. One significant challenge is ensuring that the roundabout can accommodate the projected traffic volume while maintaining safety and reducing congestion. This requires selecting appropriate design elements, such as entry and exit widths, circulating roadway widths, and apron dimensions. The designer must also consider driver behavior, including the speed and acceleration/deceleration rates of different vehicle types, as well as pedestrian and bicyclist movements [38, 39, 40]. Another critical aspect is the necessity to balance the needs of various road users, such as motorists, bicyclists, and pedestrians, which may have different design requirements. Moreover, the designer should consider the impact of the roundabout on the surrounding land uses and community needs, such as access, aesthetics, and noise [41, 42, 43].

### 3. Roundabout Capacity Modelling Methods

Roundabout capacity modeling methods can be categorized into three main categories:

- **Empirical method:** this method is based on statistical analysis of data collected from existing roundabouts and use observed traffic data to estimate the capacity of the intersection.
- **Gap-acceptance method:** this method is based on the concept that a driver will accept a gap in the circulating traffic stream to enter the roundabout, this method uses gap-acceptance parameters, such as critical gap and follow-up time, to estimate the capacity of the intersection.
- **Microscopic simulation:** this method uses computer models to simulate traffic flow under various traffic conditions and simulate individual vehicle movements and interactions at the roundabout which can provide a more detailed and flexible analysis of the roundabout's capacity.

The selection of an appropriate roundabout capacity modeling method depends on the application and available data. Each method has its strengths and weaknesses, and accuracy varies based on traffic conditions, geometric design, and control strategies. Recent studies have provided insights into the performance of these methods under different conditions. This review discusses each method and provide examples of their usage in various countries. [44, 45, 46, 47].

#### 3.1 Empirical Modelling Method

Of the three methods for estimating roundabout capacity, the empirical capacity modeling approach is the oldest and most established. This method involves calibrating the relationship between geometry and actual measured capacity to develop empirical capacity models [48, 49].

Through statistical multivariate regression analyses, empirical regression models are constructed to establish mathematical relationships between measured entry capacity ( $Q_e$ ), circulating flows ( $Q_c$ ), and other independent variables that significantly influence entry capacity. Typically, the relationship between  $Q_e$  and  $Q_c$  is assumed to be either linear ( $Q_e = a - bQ_c$ ) or exponential ( $Q_e = ae^{-bQ_c}$ ).

In order to determine entry capacity, observed entry flows during continuous queuing at the entry are directly measured, often accompanied by corresponding circulating flows over time intervals of 0.5, 1, or more minutes [50, 51]. Several empirical models have been developed to estimate roundabout capacity, and a few of them are discussed below.

##### 3.1.1 Hungarian Capacity Model

The Hungarian Road and Rail Society [52] proposed a non-linear exponential model to estimate roundabout capacity. This model also considers the pseudo conflict between entry vehicles and

circulating flow, giving importance to the width of the splitter island on the circulatory roadway. This width separates entry and exit traffic and influences the pseudo conflict's effect on entry capacity.

The model accounts for pedestrian traffic's impact on entry capacity by applying a coefficient proportional to the pedestrian traffic rate.

### 3.1.2 U.K Model

The LR942 linear regression model, introduced by the Department for Transport in the United Kingdom [53], is a standard model used for roundabout capacity analysis. The model uses various regression analysis to predict roundabout capacity based on traffic flow rates and geometry parameters, which include entry lanes and the central island size. Moreover, The LR942 model assumes a linear relationship between input factors and roundabout capacity.

### 3.1.3 French Girabase Roundabout Capacity Model

Another example of empirical models is the Girabase model that estimates the entry capacity of multilane roundabouts based on field measurements. The Girabase model was calibrated using critical gap and follow-on headway data obtained through statistical analysis of 507 saturated intervals of 5-10 minutes on 45 roundabouts [54]. However, while the model is based on the Siegloch gap acceptance model, it is classified as an empirical regression model since the critical gap and follow-on headways were selected for calibration purposes instead of being obtained from field measurements [55].

### 3.1.4 Indian Model

The Indian formula, as delineated in the Indian Roads Congress (IRC) [56], is widely recognized as an empirical model. According to this model, the operational capacity of a roundabout is equivalent to the weaving section's capacity that can handle the minimum amount of traffic. The formula takes into account various factors that impact the weaving section's capacity, including the width of the weaving section, the average width of entry, the weaving length, and the proportion of weaving traffic [57].

### 3.1.5 Dutch Model

Another example of empirical models is the Dutch model. The model accounts for the interactions between different types of road users, including the main conflict between circulating traffic and entering traffic, as well as conflicts between cyclists and exiting or entering traffic. In addition, the Dutch roundabout capacity model considers pseudo conflicts, situations where road users exiting the roundabout may cause uncertainty for the entering traffic.

## 3.2 Gap Acceptance Modelling Method

The gap-acceptance method is also a widely used approach for analyzing the capacity of roundabouts. This method assumes that drivers will only enter a roundabout if there is a sufficient gap in the circulating traffic where the gap size is influenced by factors such as vehicle speed, driver perception-reaction time, and driver aggressiveness [58].

In the gap-acceptance method, the minimum gap size that a driver will accept before entering the roundabout is defined as the critical gap. This approach assumes that drivers will not enter the roundabout if the gap is less than the critical gap, resulting in a delay or stoppage. To determine the capacity of a roundabout using the gap-acceptance method, the gap distribution is first calculated based on observed data or driver behavior surveys. Then, the critical gap value is estimated for each entry and circulating flow rate. The flow rate at which the critical gap is equal to the available gap is considered the roundabout capacity [59].

However, it is important to consider that this capacity analysis method is based on various assumptions and simplifications, such as homogeneous traffic flow and uniform driver behavior. Therefore, the accuracy of the results may be affected by the validity of these assumptions. Nonetheless, the method has been shown to provide accurate capacity estimates for many roundabouts [60, 61]. The following section presents some examples of the gap-acceptance models [62, 63].

### 3.2.1 German Model

Over the years, there have been numerous investigations carried out in Germany to determine the capacity of roundabouts. Initially, the empirical linear regression method was preferred for capacity

estimation based on circulation flow, with a differentiation between the number of lanes for entry and circulating traffic. However, this method had limitations in terms of predicting capacity under different parameter combinations. The current official procedure for determining roundabout capacity is more closely related to the gap acceptance theory. This method uses Tanner's equation, which has been adjusted to meet the requirements of roundabout analysis by Wu [64]:

### 3.2.2 HCM Model

The Highway Capacity Manual (HCM) is a widely used reference for transportation engineers and planners in the United States [65]. The HCM provides a variety of methods for analyzing and designing various transportation facilities, including roundabouts. One of the most used methods for roundabout capacity analysis in the HCM is the critical gap-follow-up time method. The critical gap and follow-up time values can be adjusted based on various factors such as vehicle type, driver behavior, and pedestrian crossings [65].

### 3.2.3 Danish Model

The Danish model uses Tanner's gap acceptance formula, which considers the critical gap and follow-up time to estimate the basic capacity of the entry lane. The Danish model for roundabout capacity was developed through a combination of empirical research and mathematical modeling. The empirical research involved collecting data on traffic flow and driver behavior at roundabouts in Denmark, as well as other countries. This data was used to identify patterns and trends in how drivers approach and navigate roundabouts. The model was then validated through further empirical research, which involved testing the formula against real-world traffic data and observing how well it predicted traffic flow at roundabouts [66].

### 3.2.4 Australian Model

The SR45 model, also known as the Australian model was introduced in 1989 [67] by collecting data from 55 roundabout entry lanes in Australia to develop regression equations for critical gaps and follow-up headways. The circulating headway distribution in the SR45 model was modeled using the Cowan M3 distribution. The entry capacity for each lane was calculated using the equations developed by Troutbeck in 1989.

## 3.3 Microscopic Simulation Modelling Method

In the last few years microscopic simulation modelling method has become a widely used technique for analyzing the capacity and performance of roundabouts [68, 69]. This approach involves creating a computer model of the roundabout and simulating the movement of individual vehicles based on realistic driving behavior, vehicle characteristics, and traffic demand. This method has several advantages, the simulation model can capture detailed information on traffic flow, queuing, delays, and safety, which can be used to evaluate different design and operational strategies. In addition, this method can create and examine complex scenarios that are not possible to be examined in real life [70, 71, 46].

Many researchers have used PTV VISSIM to evaluate different roundabout design features, such as lane width, splitter island length, entry radius, and circulating lane width, and investigate their impacts on capacity, safety, and driver behavior [71, 5]. In addition to PTV VISSIM, some other popular examples of microsimulation software are Aimsun by TSS-Transport Simulation Systems, PARAMICS by Quadstone Paramics, SimTraffic by Trafficware, and TransModeler by Caliper Corporation. The simulations can help optimize road networks, evaluate different traffic control strategies, and improve safety and mobility on the roadways [72, 73].

Accurate results from microsimulation software tools are reliant on various inputs such as the road network, traffic demand, and vehicle behavior information [74, 75]. To ensure the accuracy and reliability of simulations, microsimulation software tools require calibration and validation against real-world data, including adjusting model parameters to match observed traffic behavior and comparing simulated results with real-world traffic data [76, 77].

## 3.4 Differences in Modelling Methods Inputs and Outputs

Roundabout capacity modelling methods have different inputs and outputs, with variations between the empirical, gap acceptance, and microsimulation models. The empirical models typically use geometric

characteristics, traffic volume, and entry width to estimate roundabout capacity. Gap acceptance models use driver behavior parameters, such as driver reaction time, headway time, and gap acceptance behavior. Microsimulation models require detailed traffic input parameters, such as vehicle speed, acceleration, deceleration, and lane-changing behavior.

The input parameters have a direct impact on the capacity estimate output and changing any of the input parameters can alter the results and potentially affect the accuracy and validity of the capacity modelling method. The table presented below (Table 1) provides a summary of the crucial factors that are considered by various roundabout capacity models used worldwide.

*Table 1. Crucial factors considered by various roundabout capacity models used worldwide*

Roundabout Capacity Models by Country	Pedestrians	Cyclists	Geometry	Driver Behavior	Modelling Theory
Hungary	Included	-	Included	-	Empirical
United Kingdom	-	-	Included	-	Empirical
France	-	-	Included	Included	Empirical
India	Included	Included	Included	-	Empirical
Netherlands	Included	Included	Included	-	Empirical
Germany	-	-	Included	Included	Gap Acceptance
United States (HCM)	-	-	-	Included	Gap Acceptance
Denmark	-	-	-	Included	Gap Acceptance
Australia	-	-	-	Included	Gap Acceptance

## 4. Limitations

### 4.1 Empirical Methods

Empirical models establish relationships between input parameters and capacity but do not provide a comprehensive theoretical understanding or causality. While these models can be helpful as predictive tools, it's crucial to understand the underlying principles to evaluate the validity of predicted capacities. This is especially important in unique scenarios that require engineering judgment, such as roundabout designs with unusual site constraints or varying arm sizes and orientations [46, 62].

Selecting parameters for the model is a crucial step that must accurately describe all the roundabout's key features that may affect capacity. Failure to include significant parameters may lead to poorer predictive performance. Data collection costs tend to increase with the number of parameters, and consequently, the initial selection is often based on intuitive reasoning, previous research, pilot studies, and practicality of measurement. Subsequently, final parameters in the model are determined based on statistical significance, which is influenced by experimental design and sampling considerations. Strong correlation between certain roundabout parameters can impact their statistical significance, potentially leading to biases in the models [78, 79].

Despite examining a range of geometric parameters, only circulating traffic has consistently been found to be significant across various regression models found in published literature. Empirical models may be limited by sample sizes used for model development, which are often restricted by the number of congested roundabout entries available. The results of any empirical model are likely to be reliable only within the range of parameters in the original database used to develop it. Therefore, extrapolating the models beyond the original dataset's range may result in less accurate predictions, particularly for entry capacities with very high circulating flows. Although calibration of the models through changes to coefficients may compensate for such limitations, significant changes to layouts may result in adjustments to the model parameters that are not fully understood [80, 79, 46].

### 4.2 Gap Acceptance Models

Gap acceptance models are widely used in traffic engineering to estimate the capacity of road networks, including roundabouts. The models rely on the assumption that drivers accept or reject gaps in traffic based on various factors such as the duration and size of the gap, speed and acceleration capabilities of the entering vehicle, speed and acceleration of the circulating vehicles, and other roundabout geometry

factors. However, these models have limitations in their ability to accurately predict capacity due to several factors [58, 33, 81].

One limitation of gap acceptance models is the assumption that the headway distributions of circulating vehicles are not affected by entering vehicles. In reality, priority-sharing and priority-reversal phenomena can occur, which can significantly affect the headway distributions of circulating vehicles, contradicting the assumptions of gap acceptance models. Modifications to headway distributions and flow-dependent critical gap models have been developed to address this problem [82, 79].

Another limitation of gap acceptance models is that they do not directly quantify the relationship between roundabout geometry and capacity. Instead, the formulation and calibration of an intermediary vehicle-vehicle interaction model are required, which then has to be separately related to geometry and entry capacity. This approach can be problematic, as capacity models are sensitive to the values of critical gap and follow-on headway, as well as differences in headway distributions at higher circulating flows. Furthermore, the inherent variability of driver behavior can result in weak relationships between these parameters and geometry due to the influence of other factors [83, 84].

Another limitation of gap acceptance models is their inability to account for the effect of driver behavior on gap acceptance [85]. The models assume that drivers behave rationally and consistently in accepting or rejecting gaps, but in reality, driver behavior is influenced by a range of factors such as age, gender, experience, and cultural background. These factors can significantly affect driver perception and decision-making, leading to variations in gap acceptance behavior that are not captured by the models. Moreover, driver behavior is not constant and can change depending on the context and conditions of the road network, such as traffic volume, weather, and time of day. This variability in driver behavior further complicates the accuracy of gap acceptance models, as they cannot account for the full range of possible driver responses to different road conditions. [86, 87].

### 4.3 Microsimulation Models

Microsimulation models have become increasingly popular for analyzing roundabout capacity due to their ability to account for complex traffic interactions and provide detailed outputs. However, these models also have several limitations that need to be considered. One limitation is related to the accuracy of driver behavior representation [88]. Microsimulation models rely on a set of input parameters to represent driver behavior, such as car-following models, gap acceptance models, and lane-changing models [89]. The accuracy of these models affects the simulation results, particularly in congested conditions, where small changes in driver behavior can lead to significant changes in capacity estimates [90].

Another limitation of microsimulation models is related to the calibration process. The accuracy of the model outputs depends on the quality of the input data used for calibration. Inaccurate or incomplete data can lead to biased model outputs and unreliable capacity estimates. Calibration of microsimulation models requires a significant amount of field data, including traffic volumes, turning movements, speeds, and other characteristics. Collecting this data can be time-consuming and expensive, particularly for large roundabouts or complex network configurations [91, 92].

A third limitation of microsimulation models is related to the representation of entry and exit lanes [93]. Microsimulation models typically represent entry and exit lanes as separate entities, which may not accurately reflect real-world traffic flow. For example, some studies have shown that the presence of weaving sections between entry and exit lanes can significantly affect roundabout capacity estimates, but microsimulation models may not capture these interactions accurately. The way that lanes are modeled can also affect the results, as the number of lanes, widths, and other factors can influence the flow of traffic through the roundabout [36, 20]. Despite these limitations, microsimulation models remain a valuable tool for analyzing roundabout capacity [94, 95].

## 5. Challenges and future research directions

Current challenges in roundabout capacity modeling include the limitations of existing methodologies, which rely heavily on empirical data and assumptions that may not hold true in different contexts or locations [96]. Additionally, the transferability of existing models can be a concern, particularly when applying them to different countries or regions with different driver behavior, traffic patterns, and

geometric designs [1]. Finally, collecting accurate data for model calibration can be challenging due to the difficulty of measuring traffic characteristics at roundabouts, particularly during peak traffic hours [97, 98].

Looking to the future, one of the main challenges in roundabout capacity modeling will be adapting to changes in vehicle technology and mobility patterns. The rise of connected and automated vehicles (CAVs) has the potential to significantly impact roundabout operations and safety, but their behavior and interactions with other vehicles and infrastructure are not yet fully understood. Furthermore, the increasing popularity of active modes of transportation, such as cycling and walking, adds another layer of complexity to roundabout capacity modeling, as their interactions with motorized traffic must also be considered [99].

## Conclusions

This study discusses three methodologies for roundabout capacity modeling: empirical models, gap-acceptance models, and microscopic simulation models. Empirical models establish relationships between input variables but face statistical and sampling constraints. Gap-acceptance models rely on driving behavior but have weak relationships with geometry. Microscopic simulation models offer flexibility but require precise vehicle-vehicle interaction representation.

These models provide reasonably accurate estimates but can't fully explain complex roundabout entry processes due to inherent limitations. Transferability concerns arise when relying on data from the models' countries of origin without updated calibration. Calibration improves accuracy by adjusting parameters based on observed field performance. Designers should be aware of model limitations and exercise caution during the calibration process.

Future research should focus on integrating emerging technologies, such as connected and autonomous vehicles (CAVs), into roundabout capacity modeling. Additionally, there is a need to study the impact of vulnerable road users on roundabout capacity.

## References

- [1] L. A. Rodegerdts, "Roundabouts in the United States," *Transportation Research Board*, vol. 572, 2007.
- [2] Z. Z. Tian, F. Xu, L. A. Rodegerdts and W. E. Scarbrough, "Roundabout geometric design guidance," 2007.
- [3] W. Wang and X. Yang, "Research on capacity of roundabouts in Beijing," *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, pp. 157-168, 2012.
- [4] R. Mallikarjuna, "Operational analysis of roundabouts under mixed traffic flow conditions," 2014.
- [5] R. Arroju, H. K. Gaddam, L. D. Vanumu and K. R. Rao, "Comparative evaluation of roundabout capacities under heterogeneous traffic conditions," *Journal of Modern Transportation*, pp. 310-324, 2015.
- [6] R. T. Luttinen, "Capacity and level of service at Finnish unsignalized intersections," 2004.
- [7] C. D. Barry, "Calibration of the HCM 2010 roundabout capacity equations for Georgia conditions.," *Georgia Institute of Technology*, 2012.
- [8] R. Mauro and M. Guerrieri, "Right-turn bypass lanes at roundabouts: Geometric schemes and functional analysis.," *Modern Applied Science*, 2013.
- [9] T. Tollazzi, M. Rencelj and S. Turnsek, "New type of roundabout: Roundabout with "depressed" lanes for right turning — "Flower Roundabout", " *PROMET - Traffic & Transportation*, p. 353–358, 2011.
- [10] M. Marlow and G. Maycock, "SR724 The effect of Zebra crossings on junction entry capacities.," *Crowthorne: Transport and Road Research Laboratory.*, 1982.
- [11] S. Chandra and R. Rastogi, "Mixed traffic flow analysis on roundabouts," *Journal of the Indian Roads Congress*, pp. 69-77, 2012.

- [12] V. Gallelli and R. Vaiana, "Roundabout intersections: evaluation of geometric and behavioural features with VISSIM," *Proceedings of TRB National Roundabout Conference, Kansas City, Missouri, USA*, 2008.
- [13] M. Lenters and C. Rudy, "HCM roundabout capacity methods and alternative capacity models.," *ITE journal*, pp. 22-27, 2010.
- [14] W. Brilon, R. Koenig and R. J. Troutbeck, "Useful estimation procedures for critical gaps.," *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 1999.
- [15] N. Wu, "Equilibrium of probabilities for estimating distribution function of critical gaps at unsignalized intersections.," *Transportation Research Record*, vol. 2286, p. 49–55, 2012.
- [16] M. A. Aty and Y. Hosni, "Roundabouts Design, Modeling and Simulation. state-of-the-art final report," *Department of Civil and Environmental Engineering, University of Central Florida, Orlando*, 2001.
- [17] V. Gallelli, R. Vaiana and T. Iuele, "Comparison between simulated and experimental crossing speed profiles on roundabout with different geometric features.," *Procedia-social and behavioral science*, 2014.
- [18] W. Brilon and M. Vandehey, "Roundabouts- the state of the art in Germany.," *ITE J*, 68(11), pp. 48-54, 1998.
- [19] H. R. Al-Masaeid and M. Z. Faddah, "Capacity of roundabouts in Jordan.," *Transportation research record*, vol. 1572(1), pp. 76-85., 1997.
- [20] S. Davidović, V. Bogdanović and N. Garunović, "Research on speeds at roundabouts for the needs of sustainable traffic management.," *Sustainability*, vol. 13(1), p. 399, 2021.
- [21] J. C. Krogscheepers and C. S. Roebuck, "Unbalanced traffic volumes at roundabouts.," *In Fourth International Symposium on Highway Capacity, Transportation Research Circular E-C018*, pp. 446-458, 2000.
- [22] M. E. Fouladvand, Z. Sadjadi and M. R. Shaebani, "Characteristics of vehicular traffic flow at a roundabout.," *Physical Review E*, Vols. 70(4), 046132, 2004.
- [23] D. Stanimirović, V. Bogdanović, S. Z. Davidović, E. K. Zavadskas and Ž. Stević, "The influence of the participation of non-resident drivers on roundabout capacity.," *Sustainability*, Vols. 11(14), 3896, 2019.
- [24] S. Alkheder, F. Al-Rukaibi and A. Al-Faresi, "Driver behavior at Kuwait roundabouts and its performance evaluation.," *IATSS research*, vol. 44(4), pp. 272-284., 2020.
- [25] R. Akçelik, "The relationship between capacity and driver behaviour.," *In TRB National Roundabout Conference*, vol. 18, p. 21, 2008.
- [26] V. Vijayawargiya and S. Rokade, "Identification of factors affecting pedestrian level of service of crosswalks at roundabouts.," *Int Res J Eng Tech*, vol. 4(6), pp. 342-346, 2017.
- [27] R. Kumar, R. J. Gonawana and F. S. Electricwala, "Analysis of elderly road user's characteristics at roundabout: A case study.," *Journal of Traffic and Logistics Engineering*, vol. 3(1), 2015.
- [28] FHWA, 2010.
- [29] A. Martin, "Factors influencing pedestrian safety: a literature review (No. PPR241).," *Wokingham, Berks: TRL*, 2006.
- [30] K. S. Schurr and J. Abos-Sanchez, "Effects of central island landscape treatments at single-lane roundabouts (No. SPR-P 1 (03) P550)," *United States. Dept. of Transportation. Research and Special Programs Administration*, 2005.
- [31] V. Gitelman, S. Levi, R. Carmel and A. Korchatov, "Exploring patterns of child pedestrian behaviors at urban intersections.," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 122, pp. 36-47, 2019.
- [32] D. Beitel, J. Stipancic, K. Manaugh and L. Miranda-Moreno, "Assessing safety of shared space using cyclist-pedestrian interactions and automated video conflict analysis.," *Transportation research part D: transport and environment*, vol. 65, pp. 710-724, 2018.
- [33] R. Akçelik and R. Troutbeck, "Implementation of the Australian roundabout analysis method in SIDRA," *In Highway capacity and level of service*, pp. 17-34, 2021.

- [34] P. Greibe, "Roundabout-Design and Capacity [Denmark country report].," *In International Roundabout Design and Capacity Seminar-6th International Symposium on Highway Capacity*, 2011.
- [35] B. W. Robinson and L. A. Rodegerdts, "Capacity and performance of roundabouts: A summary of recommendations in the FHWA roundabout guide.," *In Transportation Research Circular E-C018: 4th International Symposium on Highway Capacity*, pp. 422-433, 2000.
- [36] W. Brilon and M. Vandehey, "Roundabouts- the state of the art in Germany.," *ITE J*, 68(11), pp. 48-54, 1998.
- [37] R. Akçelik, "An assessment of the Highway Capacity Manual 2010 roundabout capacity model.," *In TRB International Roundabout Conference*, 2011.
- [38] L. A. Rodegerdts, "Roundabouts: An informational guide.," *Transportation Research Board*, vol. 672, 2010.
- [39] B. Bahmankhah, P. Fernandes, J. Teixeira and M. C. Coelho, "Interaction between motor vehicles and bicycles at two-lane roundabouts: a driving volatility-based analysis.," *International journal of injury control and safety promotion*, vol. 26(3), pp. 205-215, 2019.
- [40] H. Twaddle, T. Schendzielorz and O. Fakler, "Bicycles in urban areas: Review of existing methods for modeling behavior.," *Transportation research record*, vol. 2434(1), pp. 140-146, 2007.
- [41] C. V. Zegeer and M. Bushell, "Pedestrian crash trends and potential countermeasures from around the world.," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 44(1), pp. 3-11, 2012.
- [42] A. Mofolasayo, "Complete Street concept, and ensuring safety of vulnerable road users.," *Transportation research procedia*, vol. 48, pp. 1142-1165, 2020.
- [43] T. Bailey, "Road safety policy and practice: Vulnerable road users in a safe system.," *Journal of the Australasian College of Road Safety*, vol. 28(1), pp. 40-49, 2017.
- [44] W. Brilon, J. Geistefeldt and H. Zurlinden, "Implementing the concept of reliability for highway capacity analysis.," *Transportation Research Record*, vol. 2027(1), pp. 1-8, 2007.
- [45] M. Lenters and C. Rudy, "HCM roundabout capacity methods and alternative capacity models," *ITE journal*, vol. 80(7), pp. 22-27, 2010.
- [46] Y. H. Yap, H. M. Gibson and B. J. Waterson, "An international review of roundabout capacity modelling.," *Transport Reviews*, vol. 33(5), pp. 593-616, 2013.
- [47] R. Akçelik, "A roundabout case study comparing capacity estimates from alternative analytical models.," *In 2nd Urban Street Symposium, Anaheim, California, USA*, pp. 28-30, 2003.
- [48] W. Brilon, M. Grossmann and B. Stuwe, "Toward a new German guideline for capacity of unsignalized intersections.," *Transportation Research Record*, vol. 1320, pp. 168-174, 1991.
- [49] B. Stuwe, "Capacity and safety of roundabouts—German results.," *In Intersections without Traffic Signals II: Proceedings of an International Workshop, 18–19 July, 1991 in Bochum, Germany*, pp. 1-12, 1991.
- [50] W. Brilon, N. Wu and L. Bondzio, "Unsignalized intersections in Germany-A state of the art 1997.," *In Proceedings of the third international symposium on intersections without traffic signals*, pp. 61-70, 1997.
- [51] Z. Qu, Y. Duan, X. Song, H. Hu, H. Liu and K. Guam, "Capacity prediction model based on limited priority gap-acceptance theory at multilane roundabouts.," *Mathematical Problems in Engineering*, 2014.
- [52] MAÚT, "Design of Roundabouts. e-UT 03.03.11:2," 2010.
- [53] DfT, "the Department for Transport in the United Kingdom," 1981.
- [54] B. Guichet, "Roundabouts in France: Development, Safety, Design, and Capacity," *In M. Kyte (Ed.), Proceedings of the Third International Symposium on Intersections without Traffic Signals 21-23 July 1997, Portland, Oregon, U.S.A.: University of Idaho*, pp. 100-105, 1997.
- [55] G. Louah, "Panorama critique des modeles français de capacité des carrefours giratoires," *Actes du séminaire international "Giratoires 92, 14-16 October 1992, Nantes, France: Centre d'Etudes des Transports Urbains*, pp. 213-228, 1992.
- [56] I. R. Congress, "Indian code of practice, IRC-65-1976," 1976.

- [57] S. Mahesh, A. Ahmad and R. Rastogi, "An approach for the estimation of entry flows on roundabouts.," *Transportation Research Procedia*, vol. 17, pp. 52-62, 2016.
- [58] R. Guo, L. Liu and W. Wang, "Review of roundabout capacity based on gap acceptance.," *Journal of Advanced Transportation*, 2019.
- [59] R. J. Troutbeck, "Does gap acceptance theory adequately predict the capacity of a roundabout?," *Australian Road Research*, vol. 12(4), 1984.
- [60] O. Giuffrè, A. Granà and M. L. Tumminello, "Gap-acceptance parameters for roundabouts: a systematic review.," *European Transport Research Review*, vol. 8, pp. 1-20, 2016.
- [61] F. Xu and Z. Z. Tian, "Driver behavior and gap-acceptance characteristics at roundabouts in California," *Transportation Research Record*, vol. 2071(1), pp. 117-124, 2008.
- [62] A. Polus and S. Shmueli, "Analysis and Evaluation of the Capacity of Roundabouts.," *Transportation Research Record*, vol. 1572(1), pp. 99-104, 1997.
- [63] K. Shaaban and H. Hamad, "Group gap acceptance: a new method to analyze driver behavior and estimate the critical gap at multilane roundabouts.," *Journal of Advanced Transportation*, 2018.
- [64] N. Wu, "A universal procedure for capacity determination at unsignalized (priority-controlled) intersections.," *Transportation Research Part B: Methodological*, vol. 35(6), p. 593-623, 2001.
- [65] Transportation Research Board, "Highway Capacity Manual," *National Research Council*, 2010.
- [66] DTU Transport, "Capacity and Level of Service Handbook.," 2015.
- [67] R. J. Troutbeck, "SR45 evaluating the performance of a roundabout.," *Vermont South: Australian Road*, 1989.
- [68] B. Park, J. Won and M. A. Perferer, "Microscopic simulation model calibration and validation handbook (No. FHWA/VTRC 07-CR6).," *Virginia Transportation Research Council*, 2006.
- [69] D. Yin and T. Z. Qiu, "Comparison of macroscopic and microscopic simulation models in modern roundabout analysis.," *Transportation research record*, vol. 2265(1), pp. 244-252, 2011.
- [70] K. Shaaban and I. Kim, "Comparison of SimTraffic and VISSIM microscopic traffic simulation tools in modeling roundabouts.," *Procedia Computer Science*, vol. 52, pp. 43-50, 2015.
- [71] M. Kłos and A. Sobota, "Performance evaluation of roundabouts using a microscopic simulation model.," *Zeszyty Naukowe. Transport/Politechnika Śląska*, vol. 104, pp. 57-67, 2019.
- [72] B. Park, J. Won and I. Yun, "Application of microscopic simulation model calibration and validation procedure: Case study of coordinated actuated signal system.," *Transportation Research Record*, vol. 1978 (1), pp. 113-122, 2006.
- [73] K. Teknomo, "Application of microscopic pedestrian simulation model.," *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 9 (1), pp. 15-27, 2006.
- [74] K. Teknomo, Y. Takeyama and H. Inamura, "Microscopic pedestrian simulation model to evaluate" lane-like segregation" of pedestrian crossing.," *arXiv preprint arXiv:1610.00749*, 2016.
- [75] T. Toledo, M. E. Ben-Akiva, D. Darda and M. Jha, "Calibration of microscopic traffic simulation models with aggregate data.," *Transportation Research Record*, vol. 1876(1), pp. 10-19, 2004.
- [76] F. G. Praticò, R. Vaiana and V. Gallelli, "Transport and traffic management by micro simulation models: operational use and performance of roundabouts.," *WIT transactions on the built environment*, vol. 128, pp. 383-394, 2012.
- [77] D. K. Hale, A. Ghiasi, F. Khalighi and D. L. Zhao, "Vehicle Trajectory-Based Calibration Procedure for Microsimulation.," *Transportation Research Record*, vol. 2677 (1), pp. 1764-1781, 2023.
- [78] N. Poudel and P. A. Singleton, "Bicycle safety at roundabouts: a systematic literature review.," *Transport reviews*, vol. 41 (5), pp. 617-642, 2021.
- [79] J. Dahl and C. Lee, "Empirical estimation of capacity for roundabouts using adjusted gap-acceptance parameters for trucks.," *Transportation research record*, vol. 2312 (1), pp. 34-45, 2007.
- [80] D. Stanimirović and V. Bogdanović, "Models for estimating the capacity of roundabouts.," *Journal of Road and Traffic Engineering*, vol. 65 (3), pp. 1-11, 2019.

- [81] Y. H. Yap, H. Gibson and B. J. Waterson, "Models of roundabout lane capacity.," *Journal of Transportation Engineering*. 141(7), 04015007., 2015.
- [82] N. Kang and H. Nakamura, "Estimation of roundabout entry capacity that considers conflict with pedestrians.," *Transportation research record*, vol. 2517 (1), pp. 61-70, 2015.
- [83] Q. U. Zhaowei, D. Yuzhou and S. O. Xianmin, "Review and outlook of roundabout capacity.," *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, vol. 14 (5), pp. 15-22, 2014.
- [84] L. Vasconcelos, A. Seco and A. B. Silva, "Comparison of procedures to estimate critical headways at roundabouts.," *Promet-Traffic & Transportation*, vol. 25, pp. 43-53, 2013.
- [85] B. Simons-Morton, N. Lerner and J. Singer, "The observed effects of teenage passengers on the risky driving behavior of teenage drivers.," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 37 (6), pp. 973-982, 2005.
- [86] C. R. Munigety and T. V. Mathew, "Towards behavioral modeling of drivers in mixed traffic conditions.," *Transportation in Developing Economies*, vol. 2, pp. 1-20, 2016.
- [87] T. A. Ranney, "Models of driving behavior: a review of their evolution.," *Accident analysis & prevention*, vol. 26 (6), pp. 733-750, 1994.
- [88] C. Gagnon, A. W. Sadek, A. Touchette and M. Smith, "Calibration potential of common analytical and microsimulation roundabout models: New England case study.," *Transportation Research Record*, vol. 2071 (1), pp. 77-86, 2008.
- [89] T. Giuffrè, S. Trubia, A. Canale and B. Persaud, "Using microsimulation to evaluate safety and operational implications of newer roundabout layouts for European Road networks.," *Sustainability*, Vols. 9(11), 2084, 2017.
- [90] N. E. Lownes and R. B. Machemehl, "Sensitivity of simulated capacity to modification of VISSIM driver behavior parameters.," *Transportation Research Record*, vol. 1988 (1), pp. 102-116, 2007.
- [91] G. Chun, N. Rouphail, M. S. Samandar, G. List, G. Yang and R. Akçelik, "Analytical and Microsimulation Model Calibration and Validation: Application to Roundabouts under Sight-Restricted Conditions.," *Transportation Research Record*, 2022.
- [92] I. I. Otković, T. Tollazzi and M. Šraml, "Calibration of microsimulation traffic model using neural network approach.," *Expert systems with applications*, vol. 40 (15), 2013.
- [93] O. K. Kwakwa and C. A. Adams, "Assessment of turbo and multilane roundabout alternatives to improve capacity and delay at a single lane roundabout using microsimulation model Vissim: a case study in Ghana.," *American Journal of Civil Engineering and Architecture*, vol. 4 (4), pp. 106-116, 2016.
- [94] T. Campisi, G. Tesoriere and A. Canale, "Microsimulation approach for BRT system: The case study of urban turbo roundabout.," *In AIP Conference Proceedings (Vol. 1906, No. 1, p. 190005)*. AIP Publishing LLC, 2017.
- [95] O. Giuffrè, A. Granà, S. Marino and F. Galatioto, "Microsimulation-based passenger car equivalents for heavy vehicles driving turbo-roundabouts.," *Transport*, 31(2), pp. 295-303, 2016.
- [96] S. Tanyel, T. Baran and M. Özuysal, "Applicability of various capacity models for single-lane roundabouts in Izmir, Turkey.," *Journal of Transportation Engineering*, vol. 133 (12), pp. 647-653, 2007.
- [97] M. Shoaib Samandar, G. Chun, G. Yang, T. Chase and N. M. Rouphail, "Capitalizing on drone videos to calibrate simulation models for signalized intersections and roundabouts.," *Transportation research record*, vol. 2676(12), pp. 96-111, 2022.
- [98] K. Ismail, T. Sayed and N. Saunier, "A methodology for precise camera calibration for data collection applications in urban traffic scenes.," *Canadian Journal of Civil Engineering*, vol. 40 (1), pp. 57-67, 2013.
- [99] O. Boualam, A. Borsos, C. Koren and V. Nagy, "Impact of autonomous vehicles on roundabout capacity.," *Sustainability*. 14(4), 2203., 2022.

# Safety Issues and Autonomous Vehicle Performance in the Dilemma Zone at Signalized Intersections

Ziyad N.Aldoksi

Duhok Polytechnic University

e-mail: ziyad.nayef@dpu.edu.krd

**Abstract:** This comprehensive review paper investigates the safety concerns associated with the dilemma zone at signalized intersections and compares the performance of human drivers and autonomous vehicles (AVs). The dilemma zone between the stop line and the intersection presents a significant challenge for drivers as they must make quick decisions to stop or proceed through the intersection during the yellow phase. The analysis of previous studies reveals the critical role of the dilemma zone in ensuring traffic safety and highlights potential risks drivers face. With their potential for consistent and reliable responses, AVs offer promising solutions to mitigate these risks. However, challenges remain, including the accurate perception of the environment, reliable GPS and communication systems, obstacle avoidance, lane keeping, traffic priority (particularly at intersections), and protection against cyber-attacks. This review emphasizes the need for further research and development to address these challenges and ensure AVs' safe and effective operation in the dilemma zone. Theoretical implications stress the importance of studying human factors that impact AV performance in this context, while practical implications emphasize the necessity of investment in AV technology and infrastructure improvements. Recommendations for future research include investigating AV effectiveness in diverse traffic and weather conditions and different vehicle types. Overall, this review underscores the significance of ongoing research efforts to enhance traffic safety and fully realize the potential of AVs in critical areas such as the dilemma zone.

*Keywords:* Signalized intersections; dilemma zone; autonomous vehicles; driver behavior; traffic safety

## Introduction

Signalized intersections are critical locations for ensuring traffic safety. They facilitate and regulate the flow of vehicles, control pedestrian movements, and prevent accidents. These intersections are designed to optimize the right-of-way allocation, ensuring efficient transportation operations and minimizing conflicts between road users [1]. However, despite their crucial function, intersections can also be the sites of many accidents, particularly in the "dilemma zone," which is a zone at signalized intersections refers to the critical area where drivers face a challenging decision: whether to stop at the yellow light or proceed through the intersection before the light turns red. This decision becomes particularly complex when drivers are uncertain about the appropriate course of action due to factors such as their speed, the distance to the intersection, and the potential risks associated with sudden stops or hasty maneuvers. This area poses a significant safety risk, as drivers may face a greater probability of collisions or accidents [2][3]. The intricate nature of this decision-making process, influenced by factors such as driver behavior, perception, reaction time, and risk tolerance, can result in suboptimal choices that compromise safety on the road. Empirical evidence from the metropolitan area of Thessaloniki, Greece, is examined to highlight the importance of addressing safety concerns at signalized intersections. Analysis of available accident data from the period spanning 2013 to 2016 reveals that approximately 44% of all road crashes happened at intersections [4]. These figures underscore the critical nature of intersection safety and the need for comprehensive measures to mitigate risks within the dilemma zone.

The development of AVs offers new avenues for addressing traffic safety challenges by leveraging multifunctional driving assistance systems. These vehicles are recognized as an ideal engineering solution to enhance traffic safety, as they possess the potential to improve road user behavior, mitigate human error, and optimize traffic flow [5]. However, the deployment of fully autonomous vehicles in street network operations outside of designated AV roads faces several obstacles that need to be

overcome, including accurate perception of the vehicle's environment, reliable GPS and communication systems, obstacle avoidance, lane keeping, traffic priority, especially at intersections, and adequate protection against cyber-attacks [6], [7].

Automated Vehicles have the potential to mitigate risks at intersections, such as the dilemma zone, by offering consistent and reliable responses. However, concerns still need to be raised about AVs' performance compared to human drivers in these situations. AVs must overcome challenges like obstacle avoidance by employing advanced algorithms and sensors to detect and predict the movements of other road users. Additionally, AVs must prioritize intersectional traffic, understanding and complying with signals and dynamic conditions for seamless integration into existing traffic systems. Enhancing AVs' interpretation and response to traffic signals and rules is crucial for smooth traffic flow and minimized conflicts. Developing and refining AV systems to tackle these challenges is essential for their successful deployment on roads.

This paper explores safety issues associated with the dilemma zone at signalized intersections by analyzing previous studies and comparing human driver and AV performance. Furthermore, this paper aims to evaluate the effectiveness of AVs in mitigating risks associated with the dilemma zone and highlight areas for further research and development to improve overall traffic safety. This study provides insights into the potential of AVs to enhance traffic safety and reduce accidents in the dilemma zone while identifying the challenges that must be addressed to achieve this goal.

## 1. Traffic Safety and Accidents

Traffic safety is a paramount concern within the field of transportation engineering, with the primary objective of minimizing the occurrence and severity of accidents and mitigating their impact on human life and property. The global scale of road accidents presents a significant challenge, resulting in a considerable number of fatalities and injuries. The World Health Organization (WHO) reports that approximately 1.35 million individuals lose their lives each year, establishing road traffic accidents as a primary cause of death worldwide, especially between young adults. Furthermore, an additional 20-50 million people endure non-fatal injuries as a consequence of such incidents [8]. In addition to fatalities, road accidents substantially burden society due to the multitude of non-fatal injuries, often leading to long-term disabilities and significant economic repercussions.

Intersections represent particularly complex locations for ensuring traffic safety, as they serve as convergence points for traffic streams and give rise to conflicts between various road users. Signalized intersections, which employ traffic lights to regulate traffic movements, are designed to enhance safety and optimize traffic flow. However, intersections can also be hotspots for accidents, particularly in what is known as the "dilemma zone." The dilemma zone refers to the area where drivers face a challenging decision regarding whether to stop at a yellow light or proceed through the intersection [4], [9]. A recent study conducted by Pathivada and Vedagiri (2022) [10] employed a Support Vector Machine (SVM) machine learning technique to evaluate the boundaries of the dilemma zone under mixed traffic conditions. Their findings indicated that the dilemma zone spanned a distance ranging from 30 m to 80 m from the stop line. Moreover, the study revealed that specific vehicle types, such as trucks and motorized three-wheelers, experienced a larger dilemma zone compared to others. The presence of the dilemma zone during yellow-signal periods also highlighted the potential risk of rear-end or right-angle crashes. Consequently, these insights hold significant implications for enhancing traffic safety at signalized intersections, particularly in mixed traffic conditions, and can inform the development of more effective traffic management strategies.

Additionally, Favaro et al. (2017) [11] conducted a study aimed explicitly at analyzing accident statistics related to AVs. The researchers examined a dataset of 66 road accidents and identified intersections as the most frequent site of accidents, accounting for 35% of the cases. Interested readers are encouraged to refer to Figure 1 for a comprehensive presentation of the findings. Thus, it becomes evident that investigating the safety concerns associated with the dilemma zone at signalized intersections is of utmost importance in the ongoing efforts to enhance traffic safety and reduce the occurrence of accidents.

Properly managing the dilemma zone reduces accidents in high-risk areas, such as signalized intersections. By improving driver decision-making, signalized intersections can be safer and more efficient, benefiting motorists and pedestrians. This approach extends to AVs and requires researchers and practitioners to develop strategies to optimize coordination between AVs and traffic signal systems, as well as advanced algorithms and communication protocols. Through proactively studying and managing the dilemma zone, progress can be made toward minimizing accidents, injuries, and fatalities on roadways in the era of autonomous transportation.

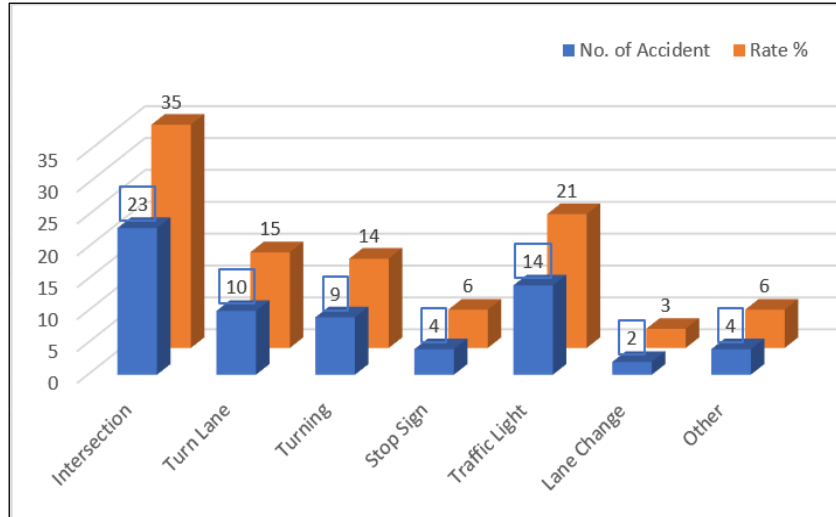


Figure 1. Location of road accidents by AVs

## 2. Signalized Intersections and Dilemma Zone

Signalized intersections are vital in ensuring traffic safety and managing urban traffic. They regulate vehicle and pedestrian movements through traffic signals, which display red, green, and yellow lights [9]. A key concern at signalized intersections is the dilemma zone, where drivers must decide between stopping at a yellow light or proceeding through the intersection. This zone, located between the stop line and the intersection, poses a safety risk [12][13]. Drivers who fail to make the correct decision may increase the likelihood of collisions or accidents.

The presence of a dilemma zone at signalized intersections can be attributed to various factors, encompassing driver behavior, vehicle speed, and road geometry. Among these factors, driver behavior in response to the yellow light assumes particular importance in influencing the existence and characteristics of the dilemma zone. Specific drivers may decide to accelerate in order to traverse the intersection before the signal turns red, whereas others may abruptly stop their vehicles, potentially resulting in rear-end collisions. Consequently, the dilemma zone emerges as a substantial safety concern, particularly in the context of high-speed intersections [13].

In their recent research, Papaioannou et al. (2021) [4] introduced a classification system for the dilemma zone area, which consists of two primary categories. The first category, known as the Class 1 dilemma zone, encompasses physical parameters such as the minimum safe stopping distance ( $X_c$ ) and the maximum yellow passing distance ( $X_0$ ). These parameters play a significant role in defining measurable characteristics of the situation. When  $X_c$  exceeds  $X_0$ , a distance is established between the two, resulting in the identification of the class 1 dilemma zone. Conversely, when  $X_c$  is smaller than  $X_0$ , drivers have the option to safely stop or proceed, leading to the establishment of an option zone.

In contrast, the second category, referred to as the Class 2 dilemma zone, focuses on the probability of drivers choosing to stop rather than relying on physical parameters. Accurately quantifying the contributing factors of the class 1 dilemma zone presents challenges, hence the need for this alternative approach. The class 2 dilemma zone is an area on the approach to an intersection where 10% to 90% of drivers decide to stop in response to the yellow light indication. The borderlines of this zone are determined based on the distance or time to the stop line. Figure 2 provides a visual representation of

the class 1 dilemma zone, the option zone, and the class 2 dilemma zone, as proposed by Papaioannou et al. (2021) [4].

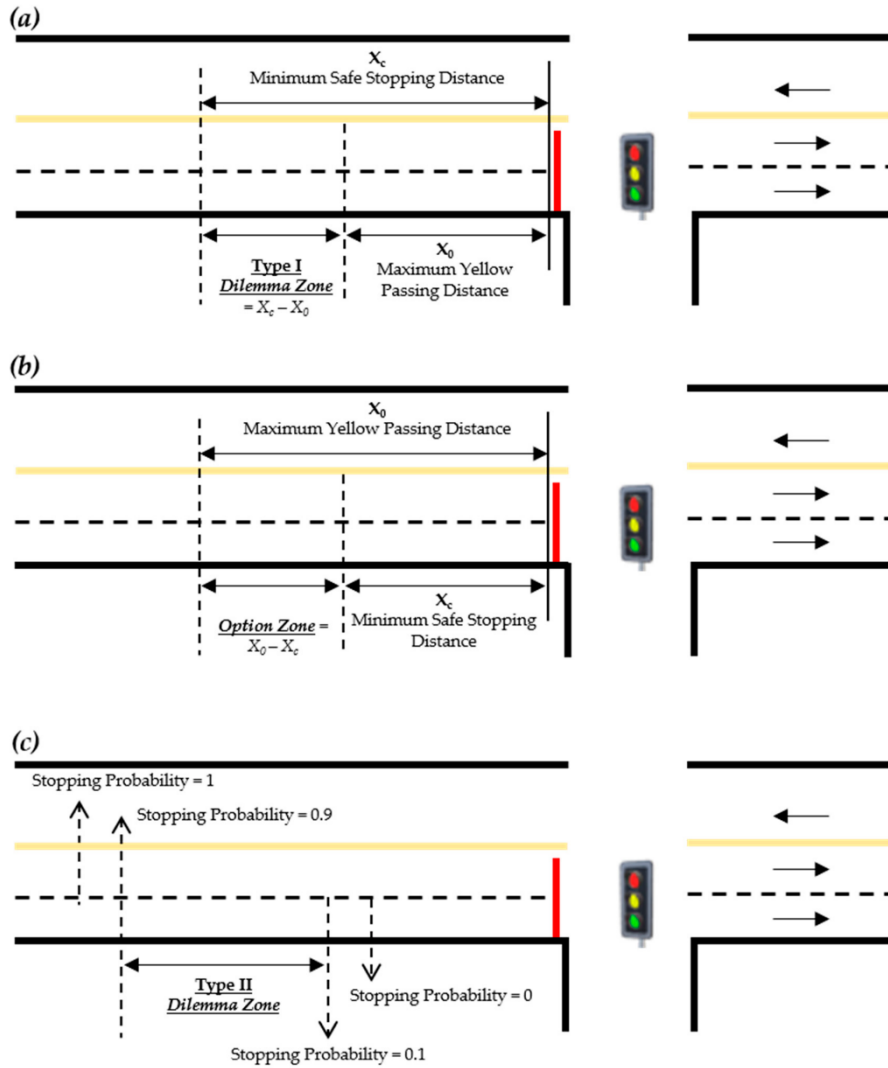


Figure 2. Dilemma zone types: (a) Class 1, (b) Option zone, (c) Class 2. [4]

### 3. Driver behavior in the dilemma area

Several studies have investigated driver behavior within the dilemma zone of signalized intersections. Papaioannou et al. (2021) [4] examined the factors influencing driver behavior using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) technology to collect field data. Key factors were identified as distance to the stop line, speed of approach, acceleration/deceleration, driver aggressiveness, and relative position. Two binary choice models were developed, with one model categorizing drivers as aggressive or non-aggressive and the other model incorporating aggressiveness to estimate the likelihood of drivers entering an intersection within the dilemma zone or a zone where stopping is preferred.

Li, Jia, and Shao (2016) [14] conducted a study to predict drivers' stop/go decisions and red light running (RLR) violations during yellow signal intervals. They utilized a Vehicle Data Collection System (VDCS) to gather data on vehicle speed, acceleration, distance to the intersection, and RLR violation occurrences. Vehicle trajectories were extracted by employing an enhanced Gaussian Mixture Model (GMM) and a Kalman Filter (KF) algorithm, and a sequential logit model was used to identify the relationship between drivers' decisions and RLR violations. The study revealed that distance to the stop line at the onset of the yellow signal was a significant predictor for both decisions and violations. In contrast, vehicle speed and accelerations after the yellow signal were associated with RLR violations.

In a more recent study, Solomon (2022) [15], in his master's thesis, identified factors inducing driver behavior in the dilemma zone and provided recommendations for reducing accidents at intersections. Video capturing techniques were employed to collect data from four signalized approaches, resulting in 397 driver responses at the onset of the yellow signal. A binary logistic regression model was developed, indicating that distance from the stop line, vehicle approach speed, and vehicle type were significant factors. Of the 397 responses, 41 drivers were classified as red-light runners, and 10.33% were classified as red-light runners. Additionally, a driver attitudinal survey revealed that a significant percentage, 32.4% of respondents, had been involved in intersection accidents or attempted to catch the yellow light by running the red light. Factor analysis grouped 14 conditions affecting driver decisions into five factors, explaining a substantial portion of the variance. These factors explained 59.56% of the variance.

Overall, these studies emphasize driver behavior's intricate and multifaceted nature within the dilemma zone, highlighting the absence of a single solution for improving safety at signalized intersections.

#### 4. Autonomous Vehicle Performance in the Dilemma Zone

Autonomous vehicles have the potential to revolutionize the way we drive and interact with traffic. Their performance in the dilemma zone is fundamental to ensuring their safe and efficient operation. Human drivers often struggle to make the correct decision in the dilemma zone, leading to potential accidents. On the other hand, AVs are anticipated to possess superior decision-making capabilities and quicker reaction times, potentially reducing accidents in this critical area. Although limited in number, several studies have investigated the performance of AVs in the dilemma zone.

Wang and Wang (2017) [16] conducted a study to evaluate the performance of an autonomous vehicle's longitudinal driving model using a VISSIM simulation environment. The AV adhered to three primary rules: maintaining a safe distance ahead, avoiding the dilemma zone, and observing speed limits. The study employed VISSIM-based simulations to assess the AV's performance, revealing an average lane capacity of approximately 2233 vehicles per hour in the single-lane road sector. This represented a 1.13% improvement compared to human-driven vehicles. Furthermore, the AV exhibited superior performance under heavy traffic conditions, demonstrating reduced speed deviation. The results also highlighted that the AV adopted a conservative driving approach in signalized entry lanes, significantly reducing the number of vehicles crossing the stop line during the amber period. Consequently, the likelihood of traffic conflicts during signal switching was lowered.

Kolimi (2017) [17] proposed three methods to reduce the dilemma zone at high-speed intersections: advance warning signs, extending green light duration, and using autonomous vehicles. A VISSIM traffic simulation software was used to analyze the impact of autonomous vehicles on the dilemma zone. The study found that a balance of 50% ordinary vehicles and 50% autonomous vehicles significantly reduced the dilemma zone. These methods provide insights into improving traffic safety and efficiency at high-speed intersections.

Brown et al. (2018) [18] investigated vulnerabilities in the dilemma zone by implementing a virtual traffic environment where human drivers and AVs interacted. The study focused on the risk of rear-end collisions when human-driven vehicles followed AVs. The virtual traffic environment, presented through a Virtual Reality headset, exposed human drivers to AVs in low-risk situations, as shown in Figure 3. The study found that improper manual driving behaviors led to rear-end collisions and validated the risks associated with the dilemma zone. It also observed that reducing comfort levels around AVs increased following distances in the simulation. The study concluded that integrating precise AV algorithms into virtual reality is necessary for advancing the technology, as collisions cannot be entirely eliminated when AVs share the road with human drivers.

Overall, these studies suggest that AVs have the potential to improve safety in the dilemma zone by providing consistent and reliable responses. However, there are still concerns regarding the abrupt stopping behavior of AVs, which could increase the risk of rear-end collisions. Further research is needed to develop effective control strategies for AVs in the dilemma zone and to address other technical and regulatory challenges associated with the deployment of AVs.



a- Experimental setup

b- VR Environment

Figure 3. Virtual real experimental test scenario

## 5. Discussion of the Results

### 5.1 Impact of Human Factors on AV Performance

Human factors play a critical role in the performance of AVs in the dilemma zone. One of the critical factors that can impact AV performance is the driver's behavior. Human drivers can be unpredictable, making it challenging for AVs to predict their intentions accurately. For example, if a human driver decides to run a red light, the AV may not be able to respond quickly enough, leading to a collision. In addition, the behavior of other road users, such as pedestrians and cyclists, can also impact AV performance. For instance, if a pedestrian suddenly crosses the street when the AV approaches, the AV must detect and respond to the pedestrian to avoid an accident. Therefore, AVs must be designed to accurately detect and respond to various human behaviors, including unexpected and irrational behavior, to ensure their safe operation in the dilemma zone.

### 5.2 Limitations and Constraints of AVs

The analysis of previous studies on driver behavior in the dilemma zone and autonomous vehicle performance has identified critical issues and challenges that must be addressed to improve traffic safety at signalized intersections.

Firstly, the analysis reveals that the majority of accidents occur at intersections, including those with traffic signals. The dilemma zone, in particular, poses a significant risk for drivers, as they must make a split-second decision to either stop or proceed through the intersection during the yellow phase. Various factors, including driver characteristics, environmental conditions, and intersection geometry can influence this decision-making process.

Secondly, the studies on driver behavior suggest that drivers tend to err on the side of caution and either stop or speed up to avoid being caught in the dilemma zone. This behavior can result in increased rear-end collisions and red-light violations.

Thirdly, the studies on autonomous vehicle performance indicate that AVs have the potential to mitigate the risks associated with the dilemma zone by offering a reliable and consistent response. However, challenges still need to be addressed, including accurate perception of the vehicle's environment, obstacle avoidance, and traffic priority, especially at intersections.

Fourthly, the analysis reveals that the development of AVs and driving assistance systems is subject to certain limitations and challenges, including the need for reliable GPS and communication systems, adequate protection against cyber-attacks, and ethical and legal issues related to AV decision-making.

Furthermore, it is imperative that relevant governmental entities, organizations, road designers, and urban planners take into consideration modifications to road safety infrastructure. There is a pressing

need to complete and consolidate an all-encompassing global database of traffic signs alongside the development of suitable algorithms for their accurate identification. This endeavour is of paramount significance as the proliferation of a substantial fleet of AVs on road networks becomes increasingly probable [19]

## Conclusions

To summarize, this review paper has examined the safety issues associated with the dilemma zone at signalized intersections and compared the performance of human drivers and autonomous vehicles. The analysis of previous studies has highlighted the significance of the dilemma zone in ensuring traffic safety and the potential risks it poses for drivers. While autonomous vehicles may offer a more consistent response in this area, their effectiveness in mitigating risks associated with the dilemma zone remains a topic of debate. However, the present challenges in advancing AVs include accurate perception of the vehicle's environment, development of reliable GPS and communication systems, obstacle avoidance, lane keeping, traffic priority, especially at intersections, and adequate protection against cyber-attacks. Theoretical implications include the need for further research on the impact of human factors on AV performance in the dilemma zone, and practical implications include the need for continued investment in AV technology and improved infrastructure to support AV operations. Recommendations for future research include investigating the effectiveness of AVs in different traffic and weather conditions and vehicle types. Overall, this review emphasizes the importance of continued research and development to ensure AVs' safe and effective operation in critical locations for traffic safety, such as the dilemma zone.

## References

- [1] R. A. Kattan, Z. N. Aldoski, and D. A. Mohammed, "Illegal Driver Behavior At Signalized Intersections," *J. Duhok Univ.*, vol. 22, no. 2, pp. 11–22, 2019, doi: <https://doi.org/10.26682/sjuod.2019.22.2.2>.
- [2] P. T. Martin, V. C. Kalyani, and A. Stavanovic, "Evaluation of advance warning signals on high speed signalized intersections," *Mountain-Plains Consortium*, 2003. [Online]. Available: <https://www.ugpti.org/resources/reports/downloads/mpc03-155.pdf>. [Accessed: 5 June 2023]
- [3] Y. Zhang, C. Fu, and L. Hu, "Yellow light dilemma zone researches: a review," *J. traffic Transp. Eng. (English Ed.)*, vol. 1, no. 5, pp. 338–352, 2014, doi: [https://doi.org/10.1016/S2095-7564\(15\)30280-](https://doi.org/10.1016/S2095-7564(15)30280-).
- [4] P. Papaioannou, E. Papadopoulos, A. Nikolaidou, I. Politis, S. Basbas, and E. Kountouri, "Dilemma Zone: Modeling Drivers' Decision at Signalized Intersections against Aggressiveness and Other Factors Using UAV Technology," *Safety*, vol. 7, no. 1, p. 11, 2021, doi: <https://doi.org/10.3390/safety7010011>.
- [5] Z. N. Aldoski and C. Koren, "Enhancing Road Safety Through Autonomous Vehicles: An Examination of Potential Benefits and Challenges," in *XIII. International Conference on Transport Sciences*, Győr, Hungary, 2023, pp. 77–84. [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/371488314\\_Enhancing\\_Road\\_Safety\\_Through\\_Autonomous\\_Vehicles\\_An\\_Examination\\_of\\_Potential\\_Benefits\\_and\\_Challenges](https://www.researchgate.net/publication/371488314_Enhancing_Road_Safety_Through_Autonomous_Vehicles_An_Examination_of_Potential_Benefits_and_Challenges). [Accessed: 7 July 2023]
- [6] M. S. Shirazi and B. T. Morris, "Looking at intersections: a survey of intersection monitoring, behavior and safety analysis of recent studies," *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, vol. 18, no. 1, pp. 4–24, 2016, doi: <https://doi.org/10.1109/TITS.2016.2568920>.
- [7] Z. Yang, X. Tian, W. Wang, X. Zhou, and H. Liang, "Research on driver behavior in yellow interval at signalized intersections," *Math. Probl. Eng.*, vol. 2014, 2014, doi: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/518782>.
- [8] World Health Organization, "Road safety in the Eastern Mediterranean Region: facts from the global status report on road safety 2018," *World Health Organization. Regional Office for the Eastern Mediterranean*, 2020. [Online]. Available: <https://www.emro.who.int/fr/violence-injuries-disabilities/violence-events/road-safety-in-the-region-facts-from-the-global-status-report-on-road-safety-2018.html>. [Accessed: 5 July 2023]

- [9] Federal Highway Administration, Traffic Signal Timing Manual, 2011th ed. US Department of Transportation, Washington, DC, 2011. [Online]. Available: <https://ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop09006/fhwahop09006.pdf>. [Accessed: 2 July 2023]
- [10] B. K. Pathivada and P. Vedagiri, “Investigating dilemma zone boundaries for mixed traffic conditions using support vector machines,” *Transp. Lett.*, vol. 14, no. 4, pp. 378–384, 2022, doi: <https://doi.org/10.1080/19427867.2020.1870307>.
- [11] F. M. Favarò, N. Nader, S. O. Eurich, M. Tripp, and N. Varadaraju, “Examining accident reports involving autonomous vehicles in California,” *PLoS One*, vol. 12, no. 9, p. e0184952, 2017, doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0184952>.
- [12] A. Calvi, F. D’Amico, C. Ferrante, and C. Petrella, “Assessing the Impact of Safety Countermeasures on Dilemma Zones at Signalized Intersections of Urban Roads: a Driving Simulator Study,” *Eur. Transp.*, no. 91, 2023, doi: <https://doi.org/10.48295/ET.2023.91.4>.
- [13] W. Li, L. Tan, and C. Lin, “Modeling driver behavior in the dilemma zone based on stochastic model predictive control,” *PLoS One*, vol. 16, no. 2, p. e0247453, 2021, doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247453>.
- [14] J. Li, X. Jia, and C. Shao, “Predicting driver behavior during the yellow interval using video surveillance,” *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 13, no. 12, p. 1213, 2016, doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph13121213>.
- [15] Solomon Tsegaye Mengetie, “Assessment and Modelling of Driver Behaviour in Dilemma Zone of Signalized Intersection,” Addis Ababa University, 2022. [Online]. Available: [http://etd.aau.edu.et/bitstream/handle/123456789/32161/Solomon Tsegaye.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://etd.aau.edu.et/bitstream/handle/123456789/32161/Solomon%20Tsegaye.pdf?sequence=1&isAllowed=y). [Accessed: 29 June 2023]
- [16] Y. Wang and L. Wang, “Autonomous vehicles’ performance on single lane road: A simulation under VISSIM environment,” in 2017 10th International Congress on Image and Signal Processing, BioMedical Engineering and Informatics (CISP-BMEI), 2017, pp. 1–5. doi: <https://doi.org/10.1109/CISP-BMEI.2017.8302162>.
- [17] P. R. Kolimi, “Improvements Of Dilemma Zone Operation At High-Speed Intersections In Mixed Traffic Conditions,” University of Akron, 2017. [Online]. Available: [https://etd.ohiolink.edu/apexprod/rws\\_etd/send\\_file/send?accession=akron1493849047813236&disposition=inline](https://etd.ohiolink.edu/apexprod/rws_etd/send_file/send?accession=akron1493849047813236&disposition=inline). [Accessed: 3 July 2023]
- [18] B. Brown et al., “Assessment of human driver safety at Dilemma Zones with automated vehicles through a virtual reality environment,” in 2018 systems and information engineering design symposium (SIEDS), 2018, pp. 185–190. doi: <https://doi.org/10.1109/SIEDS.2018.8374733>.
- [19] Z. N. Aldoski and C. Koren, “Impact of Traffic Sign Diversity on Autonomous Vehicles A Literature Review,” *Period. Polytech. Transp. Eng.*, vol. 51, no. 4, pp. 1–13, 2023, doi: <https://doi.org/10.3311/PPtr.21484>.

## Sémák találkozása / Meeting of Schemes

Dr. Henézi Diána<sup>1</sup> – Rosta Roland<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Széchenyi István Egyetem

<sup>1</sup>kdiana@sze.hu

<sup>2</sup>Győr-Moson-Sopron Vármegyei Rendőr-főkapitányság

<sup>2</sup>rostar@gyor.police.hu

**Kivonat:** Hazánkban a személyi sérüléssel közlekedési balesetek számának többszöröse történik, mely „csak anyagi kár”-ral végződik. Ezen balesetek is a közlekedési externáliák közé tartoznak, forgalmi torlódásokat okozva, a rendőrség munkáját többszörözve, és mindennapi bosszúságokat okozva a közlekedőknek. Az infrastruktúra megfelelő kialakítás nagyban hozzájárul a közlekedők magatartásának befolyásolásához, legyen az helyes vagy helytelen reakció. Cikkünkben bemutatásra kerül a sémák találkozása, amikor a közlekedési környezet olyan kialakítású, amely megtévesztő, hibázásra nem lehetőséget adó.

**Abstract:** In our country, there are several times as many road accidents with personal injuries that end in "property damage only". These accidents are also traffic externalities, causing traffic congestion, multiplying the work of the police and causing daily annoyance to road users. The right design of infrastructure can go a long way towards influencing road users' behaviour, whether they react correctly or incorrectly. In this article, we show how patterns meet when the traffic environment is designed in a way that is deceptive and does not allow for error.

*Kulcsszavak:* közlekedésbiztonság; emberi tényező; infrastruktúra; közlekedési környezet; balesetmegelőzés

*Keywords:* traffic safety; human factor; infrastructure; traffic environment; accident prevention

### Bevezetés

A közúti közlekedésbiztonság három fő alappillére: ember, jármű, út és környezete. Az Európai Unió Fehér Könyvei előírták, hogy a balesetben meghaltak száma a felére csökkenjen 2001-2010 között, majd 2011-2020 között. Jelenleg is érvényben van ez a célkitűzés, hogy 2030-ra fele annyi ember haljon meg, mint 2020-ban. 2050-re pedig lehetőleg senki ne veszítse életét közlekedési balesetben. Ezt hívjuk „Zéró vízióknak”.

A személyi sérüléssel közlekedési balesetek túlnyomó többségben emberi hiba és mulasztás miatt következnek be.

A balesetszámok csökkentése érdekében számos módszert és tevékenységet tudunk alkalmazni, melyek többek között lehetnek: rendőri ellenőrzés (tettenérés valószínűsége), közlekedésbiztonsági kampányok, oktatás, infrastrukturális megoldások.

Az infrastruktúra megfelelő kialakítása rávezeti a közlekedőket a helyes magatartásra. Az önmagát magyarázó utaknál a járművezető (és többi közlekedő is) a közlekedési környezet kialakításából tudja, hogyan kell viselkednie (mekkora sebességet választhat meg, kinek van elsőbbsége), és tudja, mit várhat a többi közlekedőtől.

Cikkünkben azt vizsgáljuk, hogy az adott közlekedési példákban (pl. körgeometriás jelzőlámpás csomópont) hogyan alakul a sémák találkozása, és milyen módszerekkel lehet csökkenteni a közlekedők baleset-, és konfliktusmentes közlekedését.

### 1. Magyarország közlekedésbiztonsága

A közlekedés maga nem jelent közvetlen hasznot a társadalomnak, az általa realizált nyereség, ami miatt közlekedünk. Ezt hívjuk származtatott jellegnek.

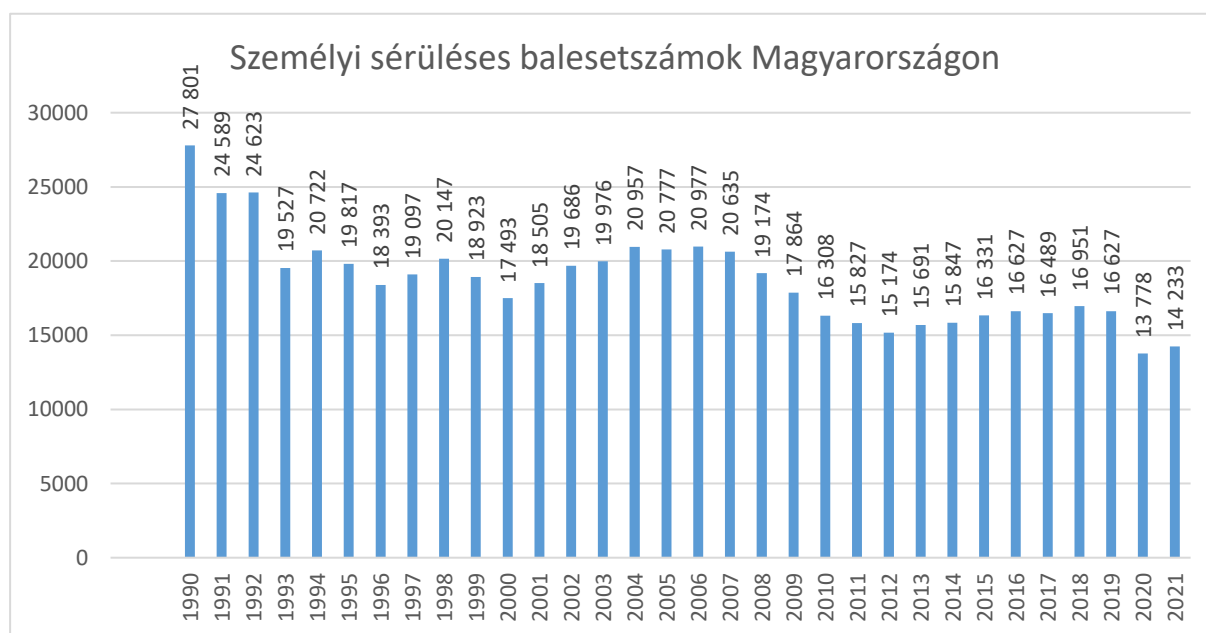
Magyarországon évente átlagosan 15.000 személyi sérüléssel közlekedési baleset történik. A balesetekben nagyságrendileg 500-600 fő veszíti életét, 5.000 ember sérül meg súlyosan, és 14.000 ember szenved könnyű sérülést. Ezekben a balesetekben nem csak emberi sorsok változnak meg, hanem jelentős nemzetgazdasági veszteséget okoznak. Hozzávetőleg a GDP 2%-val egyenlő a balesetek által okozott deficit.

A hazai közlekedésbiztonsági történetben periodikusság figyelhető meg, hiszen a következő szakaszok figyelhetők meg: stabilitás, romlás, illetve javuló tendencia. Ezek az intervallumok váltakoztatják egymást, melyek általában jogszabályi, infrastrukturális (és egyéb háttértényezők) változásainak hatásait tükrözik.

A hazai korszakokat az alábbi intervallumokra oszthatjuk:

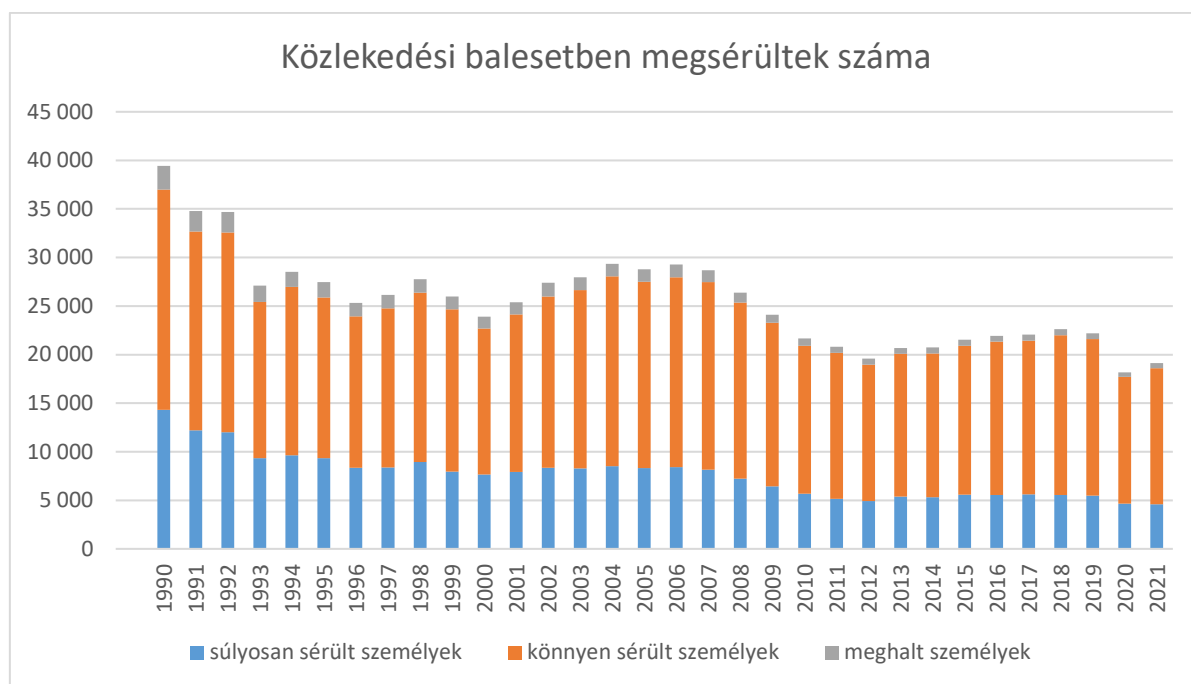
- 1976-1988: stabilitás
- 1989-1992: romlás
- 1993-2001: javulás
- 2002-2006: romlás
- 2006-2013: javulás
- 2014-2019: romlás
- 2020- : javulás

Amennyiben a COVID első évét nem számítjuk (2020), jelenleg egy javuló tendenciát fedezhetünk fel a hazai balesetszámok alakulásában:



1. ábra: Személyi sérüléssel járó balesetszámok alakulása Magyarországon

A meghalt, illetve megsérült személyek száma pedig a következőképpen alakult:



2. ábra: Magyarország személyi sérüléssel járó közlekedési balesetek

A statisztikákban jelenleg csak a személyi sérüléssel járó baleseteket tudjuk bemutatni. A „csak anyagi káros” balesetéről sajnos nem áll rendelkezésünkre információ, azonban az szakirodalmi tény, hogy a egy személyi sérüléssel járó balesetre legalább 3000 konfliktushelyzet jut. [1]

Konfliktushelyzetnek nevezzük, amikor egy közlekedő a mozgásának iránya és vagy sebességének megváltoztatása nélkül személyi sérüléssel járó baleset részese lenne.

## 2. Infrastruktúra szerepe a közlekedésbiztonságban

A közlekedési balesetek okait három fő okozóra tudjuk visszavezetni: ember-, jármű-, út- és környezete. A legtöbb személyi sérüléssel járó baleset humán tényezőre vezethető vissza, azonban fontos megjegyezni, hogy az infrastruktúra kialakításának is hatalmas szerepe van az emberi viselkedés alakításában.

Az infrastruktúrához tartozik az önmagát magyarázó út, mely az jelenti, hogy a közlekedési környezet úgy van kialakítva, hogy az ott közlekedő (járművezető, gyalogos, kerékpáros stb.) a kialakításból tud egyértelműen következtetni a helyes közlekedési magatartásra, és a szabályokra.

„Az önmagát magyarázó út egy olyan módon megtervezett út, amely az elvárt magatartásra ösztönzi a járművezetőket. Egy ilyen úton nincs szükség a sebességhatárok feltüntetésére vagy a veszélyre való figyelmeztetésre, a járművezetők ezek nélkül is az elvárt (és nagyjából homogén) sebességgel közlekednek, és nem találkoznak a kialakítás váratlan változásaival. Az önmagukat magyarázó utak kialakítását a holland útosztályozás alapján lehet jól megvilágítani. A kevés útosztályhoz jól definiált alapvető tervezési jellemzők tartoznak.” [2]

Amennyiben a megfelelően kialakított körforgalmakat hasonlítjuk össze a csomópontokkal számos előnyt tudunk felsorolni a balesetszámok, és balesetek kimenetelének súlyossága mellett:

- konfliktuspontok száma negyedére csökken (négy ágú kereszteződés esetén),
- sérülések súlyossága csökken a behajtási sebesség miatt (alacsonyabb sebesség),
- az ütközések szöge változik, így a sérülések súlyosságának valószínűsége csökken.

A közlekedők a magatartásukat a tanult viselkedésminták és a felismert sémák alapján alakítják ki (ha nem szándékos szabályszegésről – sebességtúllépés tudatosan – beszélünk). A közlekedési balesetek rendszerint nem szándékosan következnek be, ennek oka pedig a hibázás: a kapott információ és/vagy feldolgozása hibás, így az azt követő reakció és cselekvés sem megfelelő. Egy hiba természetesen nem

vezet közvetlenül balesethez, de a hibák egymást követő sorozatának kimenetele már balesetet jelenthet (svájci sajt effektus).

A közlekedés során az információ 90%-át a látás során nyerik a járművezetők. Ennek alapfeltétele, hogy a környezetről valós információt szerezzünk. Ezt követi az érzékelés és a megfelelő információ feldolgozás, majd az erre adott cselekvésreakció.

Látás során a perifériás mező 160-180° , míg a centrális látás (éleslátás) csupán 3-5° .A sebesség növekedésével arányosan a látómező beszűkül, így egyenes arányban csökken az oldalirányból érkező veszélyforrások felismerésének lehetősége.

### 2.1 Sémák hatása a közlekedőkre [3]

A sémák korábbi tapasztalatokra, tárgyakra, szituációkra adott válasz berögzült viselkedésmintája (pl. gurul a labda, szaladó gyermek várható, vészfékezni szükséges).

Azok a tárgyak könnyen felismerhetők, amelyek a sémákhoz tartoznak, azonban ezek folyamatosan változásokon mennek keresztül, amelyeket újabb és újabb tapasztalatok alakítanak.

Az infrastruktúra kialakításával szemben támasztott követelmények alapján a különböző útkategóriák elemei ne keveredjenek más elemekkel, egyedi útjelzések, útelemek tartozzanak hozzá. A környezet kialakítása során törekedni kell arra, hogy az ott közlekedőt ne tévessék meg, egyértelmű legyen a megkövetelt magatartás. A környezet megjelenése lehetőleg hasonlítson a már megszokott sémák valamelyikéhez.

A közlekedők információfelvételének korláta véges, egy bizonyos kapacitás felett nem képesen több információt egyidőben befogadni. Ez vezethet információ vesztéshez, vagy félreértéshez (kiemelten akkor, ha nem a megszokott környezetben közlekedünk – ezért szükséges sémákat követve a közlekedési környezetet kialakítani).

Azon információk, amelyek erősek, többször ismétlődnek, a figyelmet magukra vonják, mint például a megkülönböztető jelzést használó járművek: intenzív és ismételt ingerek.

Emlékezetünket két nagy csoportra tudjuk osztani:

- rövid távú emlékezet: ismétléssel megőrizhető, a tárolt információ állandóan hozzáférhető, kapacitás 7+/-2 egység,
- hosszú távú emlékezet: kapacitása és időtartama korlátlan, felidézéskor az információt a rövid távú memóriába juttatja vissza.

Annak érdekében, hogy a közlekedési balesetek száma csökkenő tendenciát vegyen fel, a szabálykövető magatartás arányát kell növelni, kiegészítve a közlekedési kultúra terjesztésével. Ennek formálására számos lehetőség áll fenn:

- közlekedési környezet megfelelő kialakítása,
- szabálykövető magatartás segítése,
- tettenérés valószínűségének növelése,
- oktatás-, nevelés-, képzés folyamatossága, és ellenőrzése,
- közlekedésben résztvevők (járművezetők) bemeneti követelményeinek felülvizsgálata.

### 3. Közlekedők magatartását megzavaró infrastrukturális kialakítások bemutatása

Ebben az alfejezetben mutatjuk be azokat a példákat, amelyek jól tükrözik a nem megfelelő közlekedési környezet kialakítását, ezáltal a közlekedőkben nem egyértelmű viselkedés kialakítását.

A közlekedők akarva akaratlanul hibákat követnek el járművezetés során, melyeket az alábbi csoportosításba tudunk bontani:

- „útkategória-funkció-sebességválasztás
- vonalvezetés
- keresztmetszet
- gyalogosok”.

Gyakori hiba az infrastruktúra kialakításánál, hogy a járművezető nem tudja külterületen, vagy lakott területen halad-e át, így nem tudja pontosan meghatározni a megfelelően megválasztott sebesség intervallumát. Az inhomogén sebesség miatt mind a járművezetők, mind a védtelen közlekedők állandó emelt baleseti kockázatnak vannak kitéve.

### 3.1 Sémák találkozása - példák

Közúti csomópontoknál a konfliktuspontok száma szignifikáns. Ahhoz, hogy a keresztezésekben a baleseti kockázatot jelentősen csökkenteni tudjuk, néhány alapelvet a tervezésnél be kell tartani:

- a csomópont kialakítása jól érthető legyen,
- a kereszteződés minden eleme jól járható legyen,
- minimális legyen a csomóponton belüli konfliktuspontok száma,
- az egyidejű döntések száma a közlekedők számára a lehető legkevesebb legyen,
- tegye lehetővé a csomópont a kölcsönös együttműködést a közlekedők között. (bizt. inf. 215. old)

Jó példákat a sémák találkozására könnyen találunk, ezzel egyidejűleg Győrben kettő olyan körgeometriás jelzőlámpás csomópont is található, melyben ezen közlekedési sémák találkoznak, egymásnak ellentmondanak. A zavaró kialakítás végett a csomópontok átadásakor is rendszeresen történtek közlekedési balesetek, melyek napi szintűek jelenleg is.

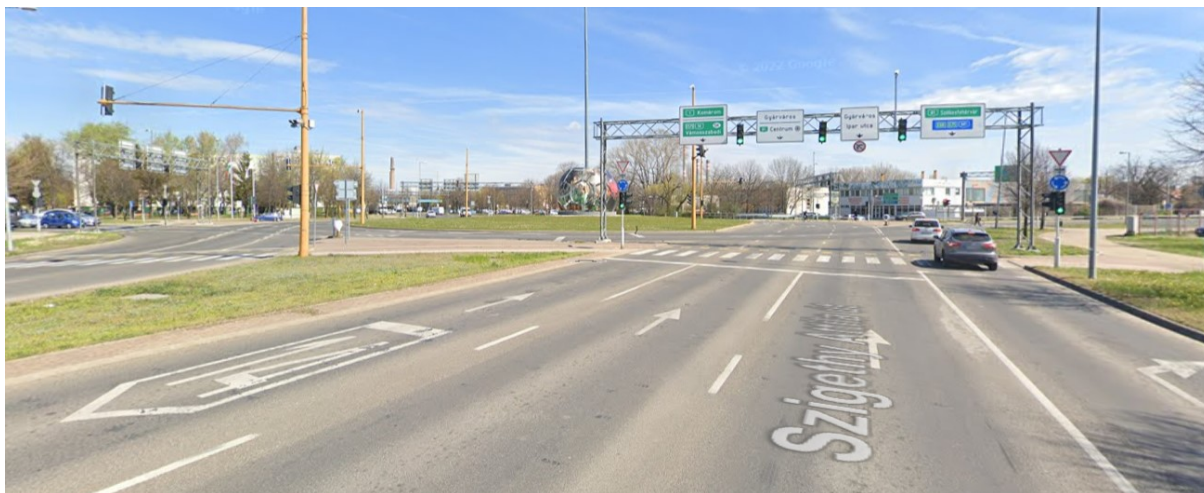
Két fő elv találkozik ezen csomópontoknál: körforgalmat látva a közlekedők régi sémákat felidézve elsőbbségadási kötelezettséget adnak, míg jelzőlámpás forgalomirányításnál zöld jelzést látva kizárólagos elsőbbséget élveznek. Ez máris két olyan séma (elsőbbségadás – elsőbbség szerzés), amely az ilyen kialakítású csomóponttal először találkozó közlekedőt nagy valószínűséggel gyorsan összezavar.

Az első körgeometriás csomópont 2006-ben épült az Árkád üzletház előtt a 14-es út, Budai út kereszteződésénél. A csomópont 4 ágat ölel fel, 3-3 behajtási lehetőséggel. A kereszteződés megközelítésénél a járművezetőnek már a kihajtáshoz megfelelő sávot kell választania, amennyiben ezt eltéveszti, a körgeometriában való haladás során korrigálásra szinte nincs lehetőség. Ez adja meg a közlekedési konfliktusok egyik alapját.



3. ábra: Győr, Árkád körgeometriás csomópont [4]

Hasonló sémára épült az Ipar út – Szigethy Attila út kereszteződésében található körgeometriás jelzőlámpás csomópont, ahol szintén már a behajtásnál a kihajtáshoz megfelelő sávot kell választania a járművezetőnek. Téves választás esetén, haladáskor szinte nincs lehetőség a sávváltásra, és a kihajtási irány megváltoztatására.



4. ábra: Győr, Ipar u. – Szigethy Attila u. körgeometriás csomópont [5]

A csomópont szinte „büntet”, amiért az esetlegesen ismeretlen közlekedési környezettel találkozó járművezető hirtelen ijedségből (humán faktor) változtatni szeretne haladási sávján.

Ezekben a körgeometriás jelzőlámpás csomópontokban csak az elmúlt 5 évben (2018-2022) között 30 olyan anyagi káros baleset következett be, amelyet a nem megfelelő tájékozottság, és emberi hiba okozott. A konfliktushelyzetek helyszíni felmérés során kívül napi szintűek (a járművezető irány és/vagy sebességváltoztatása nélkül közlekedési baleset következik be). Egy-egy közlekedési baleset bekövetkezését számos, nagyságrendileg nagyobb konfliktushelyzetek előzik meg (személyi sérüléssel közlekedési balesetnél ~3000 konfliktushelyzet jut 1 személyi sérüléssel balesetre).

A balesetek részleteit és leírását nem adhatjuk közre, csak az esetszámot közölhetjük.

A csomópontok kialakításának köszönhetően (körgeometria- csökkentett sebesség, ütközés szöge, stb.) 2 személyi sérüléssel járó baleset következett be.

Ezen felül helyszíni megfigyelések alapján mind csúcsidőben, mind csúcsidőn kívül számos közlekedési konfliktus alakul ki.

Mivel ezen infrastrukturális megoldások még mindig újszerűnek számítanak, kritikus pontnak számít a megfelelő és alacsony, egyszerű könnyen feldolgozható, ámde jól strukturált információ a járművezetők számára.

#### 4. Balesetmegelőzési lehetőségek

A közlekedési kultúra és balesetmegelőzés szorosan összekapcsolódik. A folyamatosan és gyorsan változó világunkban számos módszert tudunk alkalmazni a balesetszámok csökkentése érdekében, valamint a közlekedési stresszforrás csökkentésére a társadalom érdekében

Első és legfontosabb tényező, hogy a közlekedőket rá kell vezetnünk a helyes magatartásra, természetesen a folyamatosan változó közlekedési forgalomtechnikai kialakításokat figyelembe véve.

Ennek több módja van hatósági részéről. Ellenőrzések, akciók szervezése, felelősségre vonás (tettenérés valószínűségének növelése), de aminek hosszú távon nagyobb a hatékonysága és hatása az balesetmegelőzés kezében van, az oktatás az előadások tartása, és ennek fényében számos balesetmegelőzési program.

A Vármegyei Közlekedési Balesetmegelőzési Bizottság mottója a „Balesetmegelőzés gyermekkortól az időskorig”

Hogyan is érhetjük el, mit tudunk tenni annak érdekében, hogy a közlekedők azon útvonalakon, ahol minden nap járnak megismerjék a helyes közlekedést? A válasz egyszerű, segítenünk kell a megértést az eszközeinkkel. pl már óvodás korban szervezünk un: óvodasétákat, aminek a lényege, hogy az óvoda

környékén lévő útvonalat bejárjuk közösen és átbeszéljük a táblákat a forgalmi szituációkat, az úton történő átkelést.

Elengedhetetlen szerepe van a családnak, hiszen a magatartási mintákat innen hozzák a gyermekek, amiket később ők is továbbadnak.

Vármegyénkben az elmúlt években egyedülállóan foglalkoztunk a közlekedési képességeiben korlátozott közlekedőkkel, kiemelve a mozgássérülteket, mivel egy tolószékekben ülő egyedül közlekedő ember teljesen más szögől látja a világot, és ezzel egyidejűleg a forgalmi szituációkat, a táblákat is.

A balesetek elemzése folyamatos, okokra, résztvevőkre, időszakokra, járművekre, életkorra és más egyéb tényezőkre bontva. Amennyiben egy vállalat környékén több baleset történik, (kerékpáros, gyalogos) felkeressük őket és olyan előadásokat tartunk, amivel érzékenyítjük őket annak érdekében, hogy lehet a hasonló baleseteket elkerülni.

A statisztika elemzések alapján kiemelt kockázatot jelentő helyszíneken áttekintjük (akár közutat bevonva) forgalomtechnikai bejárásokat végzünk, majd megpróbáljuk baleseti kockázatot csökkentő megoldásokat alkalmazni. A halálos balesetek helyszínén minden esetben végzünk ilyen bejárásokat.

A legnehezebb a turizmusra hatni, mivel ők legtöbbször csak egyszer járnak azon az útszakaszon, egyszer találkoznak azokkal a forgalmi helyzetekkel, tehát részükre a legnehezebb kitalálni balesetmegelőzési eszközöket. Maradnak az utak mellett elhelyezett balesetmegelőzési táblák, szórólapok.

A gyermekeket és a tanulókat el tudjuk érni könnyebben és az időseket idősothonokban, idősklubokban. A gyermekeknek folyamatosan tartunk közlekedési felmenő rendszerű versenyeket, és „Az iskola rendőre” program keretében folyamatos előadásokat tartunk részükre. 2022. évtől „KEVE Program” is elindult. Cél, hogy olyan közlekedő réteget neveljünk, aki felelősségteljesen megy ki majd a közútra akár gyalogosan, akár majd az élet további szakaszában valamilyen járművel.

A középkorúak elérése már nehezebb feladat pedig ők teszik ki a közlekedők nagy részét. Itt jönnek be a cégek, vállalatok megkeresése, egyéb programok rendezvények, illetve a „Közlekedik a család” vetélkedő.

Többek között egyik javaslatunk, hogy a cikkünkben bemutatott körgeometriás jelzőlámpás csomópontokra a forgalmi sávokat villogó led fénnel (kifutópálya effektus) megvilágítani, amely a járművezetőt egy sávban végig vezetné, így csökkentve a téves sávváltások és konfliktushelyzetek számát.

Ezen felül gyalogosként a zöld idő fázis idejének növelése egyes gyalogátkelőhelyeken a csomópontban.



5. ábra: Szeged, körgeometriás jelzőlámpás csomópont

## Konklúzió

Publikációnkban áttekintettünk a hazai baleseti adatokat, amelyeket fel tudunk osztani okozókra (ember, jármű, út- és környezete). A közlekedők (legfőképp járművezetők) magatartását szignifikánsan befolyásolja a kialakított infrastruktúra, amely ha megfelelő, a közlekedő magától tudja fogja a helyes viselkedést, nem szükséges a közlekedési jelzésrendszerre támaszkodnia. Amennyiben egy út és/vagy kereszteződés nem felel meg az önmagát magyarázó út fogalmának, a tévesen feldolgozott információ közlekedési konfliktushelyzetekhez vezethet, amely kiindulópontja a közlekedési baleseteknek.

Példaként a győri körgeometriás jelzőlámpás csomópontokat mutattuk be, ahol közlekedési sémák találkoznak (első információ feldolgozás során körforgalomnak tűnik, azonban jelzőlámpás csomópont). Ezen sémák keveredése a közlekedőket megzavarja, és hirtelen döntésekre kényszeríti. Az elmúlt 5 évben (2018-2022 között) a két csomópontban összesen 30 anyagi káros baleset következett be, ezen felül megfigyelésünk során óránként legalább 3-5 konfliktushelyzet alakul ki.

Javaslatunk több irányból közelíti meg a balesetsökkentési lehetőségeket. Elsősorban infrastrukturális megoldásokat tudunk felsorakoztatni, megfelelő (térben és időben) táblakihelyezéssel, illetve led fény vezetéssel segítve a csomópontba érkezőket. Ezen felül már a nevelésben és oktatásban is kritikus szerepet kell kapnia a közlekedésnek, abban minden példát bemutatva.

Összességében elmondható: Célunk, hogy „Mindenki Hazaérjen” és ne történjenek balesetek.

## Irodalomjegyzék

- [1] Jankó D. – Kőfaly Gy.: Közúti közlekedésbiztonság, Novadat Bt., 1997
- [2] Koren Cs.: Biztonságosabb közúti infrastruktúra, Universitas Győr, 2014
- [3] Siska Tamás.: A közlekedésben résztvevők viselkedése ([https://www.fomterv.hu/mmk/sites/default/files/9\\_Kozlekedesben\\_reszvevok\\_viselkedese\\_Siska\\_Tamas.pdf](https://www.fomterv.hu/mmk/sites/default/files/9_Kozlekedesben_reszvevok_viselkedese_Siska_Tamas.pdf)) 2023.07.10.
- [4] Győr, Árkád körgeometriás jelzőlámpás csomópont: [//www.youtube.com/watch?v=JFL\\_MXgm2ms](https://www.youtube.com/watch?v=JFL_MXgm2ms) 2023.07.10.
- [5] Győr, Ipar u. – Szigehy Attila u. körgeometriás jelzőlámpás csomópont: [maps.google.com](https://maps.google.com) 2023.07.10.
- [6] Szeged, körgeometriás jelzőlámpás csomópont: <https://www.youtube.com/watch?v=QqBho0JGJsA> 2023.07.10.

# Tavaszi „porviharok, hófúvások” és vasúti felsővezetéki sérülések közös időjárási háttere, s előreláthatóságuk kérdései / Weather background of blowing dust or snow as well as failures related to railway overhead lines, and issues of preparedness

Sárközi Szilárd

nyugalmazott közlekedés-meteorológus  
kozlekmeteor @ freemail.hu

**Kivonat:** A címben sorolt, a közúti és vasúti közlekedést egyaránt veszélyeztető időjárási tényezők hátterében ugyanaz a jelenség áll: az ún. alacsonyszintű vagy talajmenti szélcsatornák. Ezek a földi légáramlásoknak részben belső sajátosságai, másrészt domborzati és terepi kényszerek alakítják tovább avagy ki őket. Utóbbiakból kifolyólag - s főként a Kárpát-medencében - helyhez kötött, ismétlődő jelenségek, melyek jól ismert hidegbetöréseknél lépnek fel, ezért előrelátásuk - a meteorológiai előrejelzéstől kezdve a műszeres követésükig - az egyszerűbb szakfeladatok közé sorolható. Az írás foglalkozik a megelőzés szerteágazó kérdéskörével is, az összehasonlító térinformatikai elemzések szerepétől kezdve a célszerűbb műszerezésen át a közlekedők felkészítéséig.

**Abstract:** Weather factors, listed in the title, endangering highway traffic as well as the railways are rooted in exactly the same phenomena – the so called low-level or surface jet(stream)s. They are genuine features of the Earth’s atmospheric circulation, while either orography and terrain influences or could induce ones. Therefore, especially in the Carpathian Basin of Europe, occur regularly at the same scenes and arise at certain well-known cold-air-incursions, so thus forecasting and monitoring them matters a quite obvious task. The paper covers the widespread topic of preparedness from the role of GIS analysis via effective monitoring measurements to public awareness.

**Kulcsszavak:** porátfúvás, látásromlás, hófúvás, hóátfúvás, vasúti felsővezeték-szakadás, alacsonyszintű szélcsatorna, autonóm szélmérő

**Keywords:** blowing dust, low visibility, blowing snow, drifting snow, railway overhead line breakage, orographical low-level jet, autonomous anemometer

## Bevezetéképp

Szükséges lenne tisztázni a címben sorolt elnevezéseket, melyek manapság a médiából kerülnek a közbeszédbe; s nem csak a tudományos ill. anyanyelvi igényesség végett, hanem alapvető félreértéseket elkerülendő.

*Vihar* alatt - helyesen - a *zivatarok*, azaz a villám-tevékenységet szülő gomolyfelhőtornyok heves kíséreléseit (pl. *szélroham*, *felhőszakadás*), ill. azok együttesét szoktuk (voltage) érteni – ezek jellemzően 1-2 óra alatt lezajlanak vagy/és átvonulnak. Ugyanakkor egy markáns, zivatar- ill. frontmentes légbetörésben is fújhat „viharos erősségű” szél – s ez viszont tartósan, akár napokig is fennállhat. (Ritkábban „orkán erejű” is, amit meg nem „hurrikán”, azaz *egyenlítői légörvény* okoz (elnevezése a maja Hurakán - szélisten -vagy az angol *hurricane*-ből torzult) – ezek a mi földrészünkig nem jutnak el; legalábbis egyelőre..) Igaz, hogy egy magányos, nyári *zivatar* ún. *kifutószele* is felkavarhatja a kiszáradt talajt, pl. egy learatott termőföldről - a *porvihar* az ez -, de ráfutásos balesetsort okozó látásromlást egy tartósabb szélmező tud kialakítani. Mint mindjárt látni fogjuk, ezekben is lehetnek éles határok, így a beléhajtó járműben a látásromlás hirtelen, s váratlan mértéke tapasztalható – mintha a körülmények egy viharral érkeztek volna. Az ilyen tartós, s a közlekedés útját keresztező *porfüggöny* viszont - helyesen - *porátfúvás*.

( Zivatarokkal kapcsolatban - s mert szintén közúti tényező - érdemes tisztázni egy még zavarosabb kortárs elnevezést: a „villám-árvíz” - ti. az angol *flash-flood* - inkább *hirtelen kiöntés*; s bár emezt

sokszor zivatar okozza, de egyszerű vízgyűjtés nyomán – ezért nem *árvíz*, ami összetett hullámjelenség.)

Szintén szokás keverni a *hófúvás* és a *hóátfúvás* fogalmát – előbbi a hóesés széllel párosulása (akár hózivatarban); míg utóbbi a már leesett, általában porhó felkavarodása. Ezek szintén rontják a látásviszonyokat - az első jobban -, de legfőképp *hótorlaszt* építenek ott, ahol az áramlás megtörik-meglassul, és lerakja a havat. Mindezt a hóesés megszűnte után is, és a körülvevő hótakarónál akár nagyságrenddel(!) vastagabban, amíg csak fúj a szél. Elkotrása mindaddig hasztalan; hanem helyismeret birtokában, áramlástörők telepítésével a lerakódás helyét lehet befolyásolni.

## 1. Futóáramlás, szállítószalagok és talajmenti szélsatornák

A földi légmozgások egyik belső sajátosága a *kavargósság* (a ném. *turbulenz*-ből „turbulencia”), s ezzel az örvényesedés; de ugyanúgy a szélsatornásodási hajlam, áramlási akadályok nélkül is. (Mindezek oka kizárólag a levegőgáz hígsága és az ahhoz képesti nagy sebességek.) Ez a fő légkörzési rendszerekben is megnyilvánul: pl. a közepes földrajzi szélességeink szabad magassági szelei - amit csak egy ~10 km-es magasságban húzódnó záróréteg határol - szintén egy nagy szélsatornába, ún. *futóáramlásba* rendeződnek (ang. *high-level-jet*), mely körbehullámozza a féltekét. (A hullámzás oka már a Föld forgása.) Ld. *1.ábra*. De az alacsonyabb szintű légbeáramlások („advekción”), melyek az időjárás megváltozásának szereplői - pl. amikor meleg, fűledt adriai levegő érkezik -, szintén ún. *szállítószalagokban* zajlanak; jóllehet ezeket már nehezebb elkülöníteni a domborzati hatásoktól. [1]

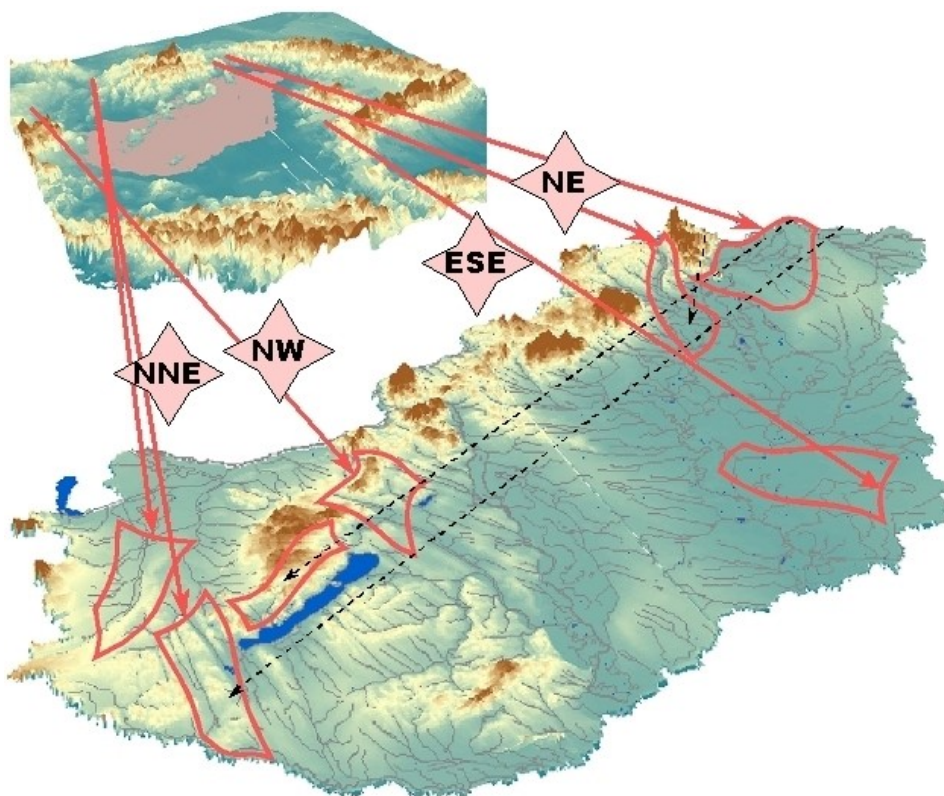


*1. ábra: Mindennapos szélsatorna a szabadlégkörben: az ún. futóáramlás egyik kanyarulata; csak ezt kivételesen ritkán festi meg így a fátyolfelhőzet (a szerző körfelvétele, ~90°-nyi átfogással; 2023 júl. 25., Vértesalja)*

Ha vizsgálódásunkat leszűkítjük a *téli félév* - késő ősztől kora tavaszig - *alacsony szintű hidegbetöréseire*, akkor azokban a hidegebb, s ezáltal nehezebb levegő csaknem folyadékszerűen áramlik *a felszín mentén*. (Ez egy markáns nyáriban is megjelenik, csak a Nap kisütésével hamarabb, ill. erőteljesebben zavarja meg az ún. „termikesség”, azaz *hőfelkavargás*.) Amikor a Kárpát-medence ilyen nagyléptékű, stabil légáramlásnak van kitéve, akkor a hideg először a magashegységi hágókon bukik át, ill. szorosokon fúj be - a nagyobbak Dévény (A), az Odera-mente (Cz), Dukla (Pl) és az Ojtoz-Almaros tengely (Ro) - mintha víz spriccelne be egy romos körgát foghijain [ld. *2.ábra*]; s nyilvánvalóan a szélirányba esőkön. A medence belsejében aztán két jelenség mérhető be: 1. a leszűkült keresztmetszetekben felgyorsuló légáramlás azokat elhagyva is együtt marad, mint egy *szélsatorna*; 2. a belső, középhegységi domborzat tovább vezetheti azokat - akár az irányukon is alakítva -, avagy újakat is gerjeszthet belőlük.

Iméntiekre a legtisztább, csonkaországi példa, amikor a sarkvidéki hideg északias irányból, a Duklai-hágón tör be a medencébe (Keleti-Beszék, Lengyelország), amit aztán az Eperjes-Tokaji-hegylánc két oldalán a *Hernád* ill. az *Ondva völgye* vezet tovább; s a szélsatorna a sík Bosodi-Mezőségre ill. a Bodrogekbe is kifúj. A legismertebb pedig az uralkodó északnyugati szélé, ami a Dévényi-szoroson át

dudál be; s bár a csatorna a Kisalföldre kiérve szétesik (ettől a térség még szeles!), ám a keresztben álló Vértes két oldalán, a szintén ÉNy-DK irányú *Tatai-* és *Móri-árokban* újak gerjednek, s a 40-es vasútvonalig is kifújnak (Ercsi-Sárbogárd szakasz).



2. ábra: Hófúvások területek a Kárpát-medence belsejében, mo.-i polgári védelmi jelentések feldolgozásával [alul] – megegyeznek a nagy hágók-szorosok [felül], ill. a belső domborzat keltette szélcsatornákkal  
( a szerző munkája ArcGIS-szel; Helyreáll. és Újjáép. Korm.bizottág, 1999 )

## 2. Közlekedésbiztonsági khatások

Az alacsony szintű és talajmenti szélcsatornák a repülés és a hajózás területén régebb óta vannak nagytű alatt [2, 3]; jóllehet a nagygépes repülés is elsősorban a magasszinti futóáramlásokra összpontosít. Veszélyes khatásaik a közút és a vasút számára sem voltak ismeretlenek, legfeljebb a jelenség mibenléte és egyes sajátosságai maradtak azok – remélhetőleg eleddig.

### 2.1 Hóátfúvások

A fogalmat a bevezető fejezetben már tisztáztuk. Az érintett útszakaszokról és szélirányokról a szakasz-ill. üzem-mérnökségek, megyei igazgatóságok szakembereinél értékes gyakorlati tapasztalatok gyűlnek össze az idők során - főként az állam északkeleti és egyes Dunántúli megyéiben -, ezeknek közreadásáról azonban nincs tudomás. Aki viszont nem jártas ilyen térségekben, annak a tény is hihetetlen, hogy egyes völgyszakaszokban, szélzugokban **sík területen is több méter magas(!) hótorlaszok épülhetnek**; pedig ilyen vastag hótakaró mo.-ra szélsőséggként sem hullik – ld. 3. ábra.

E tárgy körben érdemes még visszapillantani a más okból emlegetett, 2018 márc.15-i, kisalföldi hóhelyzet-re; főként, mert a térség, ill. az érintett pályaszakasz nem számít hófúvásoknak. A történetek meglehet, hogy a 4. ábra segítségével magyarázhatók - ld. a képaláírást -, és figyeljük meg, hogy a cm **vékony hólepelből is dm-es, azaz nagyságrenddel magasságabb(!) hófúvás** emelkedik ki. Az eredetileg más okból **veszteglő járművek** ugyanígy áramlási akadályt képeznek, s **köréjük tökéletesen sík terepen is hóakadály épülhet** – ilyenkor tehát **alapvető fontosságú a mozgásban tartásuk!** A 3. ábra jobb oldali képén is megfigyelhető a jelenség, de ott a fő tényező az 1. fejezet végén ismertetett móri-árki, eleve hófúvások szélcsatorna.



3. ábra: hótorlaszok Sátoraljaújhely-Károlyfalván, 1999 febr.-ban [balra]; és a 29-es vasútvonal Polgárdi-Csajág szakaszán, 2010 febr. 13-án [jobbra] ( a B.A.Z. megyei PVP, ill. Kappán Viktor, MTI felvételei )



4. ábra: hófúvány szögletes tárgy körüláramlásakor – a szél (bár elsőre hihetetlen, de) a kép bal felső sarkának az irányából fúj ( a szerző felvétele )

## 2.2 „Porviharok” vagyis porátfúvások

Ugyanazok **a szélcsatornák**, melyek télen a porhót kavarják fel, **tavasszal** - amikor a termőföldek már kiolvadtak a talajfagyból, de a felszínüket még nem köti meg növénytakaró; és amit súlyosbíthat a szárazság vagy/és a talaj fellazítása - **a port emelhetik fel** magasan levegőbe. Mivel a szélcsatornáknak minden léptékben van éles a határa [ld. rögtön 1.ábra], **a keresztező közlekedés útjában függönyként** állnak; s behajtva egy sivatagi homokviharral vagy bozóttűz füstjével megegyező - tehát a sűrű ködfoltokét felülmúló(!) látásvesztést, és ráfutásos balesetsort okozhatnak. Ilyenekről korábban is lehetett hallani a híradásokban – s onnan visszatérően, ahol a tatai- és móri-árki szélcsatornák kifúvásai keresztezik az M7-es autópályát.

Megjegyzendő, hogy **kisebb** - azaz keskenyebb, de ettől **nem feltétlen gyengébb(!)** - **szélcsatornákat** nem csak a 2.ábrán jelölt területeken ill. szélirányok esetén találhatunk – erős szélben **a helyi terepviszonyok** másutt **is kialakíthatnak** ilyet; ezek feltárásához átfogó helyismeret vagy/és gondos felmérés szükséges – ld. 5.ábra. Másrészt pedig, ha az olyan markáns szélcsatornákat, mint pl. a Hernád menti, nem keresztezi gyorsforgalmi út - mivel kisebb sebességeknél nem történnek olyan ráfutások, mint autópályán -, nem jelentkezik a veszély. (A Hernád völgyében futó M30 pedig végig párhuzamos vele, így azon nincsenek keresztbefúvások. Nem úgy, mint pl. a Vilmány-Hejce bekötőn: azt rendszeresen ’lezárta’ a hófúvás.)



5. ábra: helyi szélcsatorna felderítése egy patak völgy talpában (H, K és F szélmérési pontok), párhuzamos és megszakadó árnyékoló fasoroknál – ami egy veszélyes útkanyarulatra fúj keresztbe ( a szerző munkája bírósági szakvéleményhez, GoogleEarth-ben - a domborzat kiemelése 3x-os! )

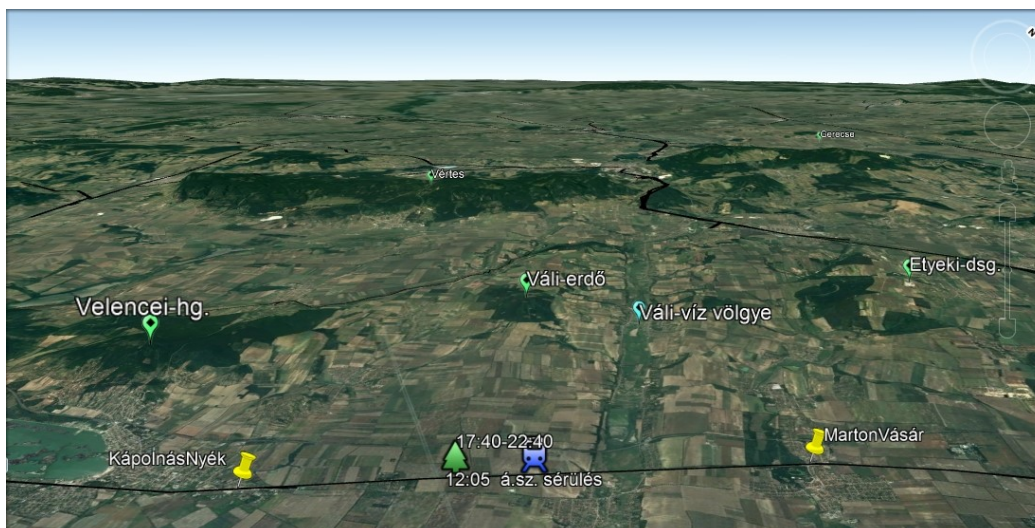
### 2.3 Vasúti felsővezeték- ill. áramszedő-sérülések – vagy ’csak’ fadőlés az úrszelvénybe

Ilyen események is túlnyomórészt tartósan erősebb, lökéses **kereszt szélben** történnek – vagyis amikor ahol szélcsatorna fúj át a vonalon. Leggyakoribb esete, amikor **a szellőkések a munkavezetékét kilendítik a szedőfej** csúszó, vezetőanyagú palettája **föliül**; vagy akár túl a szarván is (a fej lefelé hajló széle), s a vezeték **alája akad**, majd a meneti mozgások ill. a kigyózó függesztés miatt **elszakítja**, hogy **maga a szedő is sérülhet**. Itt egyébként számít a szellőkések üteme is – ezzel a meteorológia gyakorlata sosem foglalkozott. Elkerülni csak **a menetsebesség csökkentésével** lehet: a szedőfej szélességének a munkavezeték kifúvására szánt tartalékát a jármű oldalmozgásaira szánt részének rovására növelni; jóllehet ilyenkor az oldalszélnyomás növeli a szerelvény keresztirányú lengését is...

A felsővezetékkelést - amibe bele tartozik a tartó-, függesztő, táp-, stb. részek is - **leszakíthatja egy rádőlő fa is**. (Kiváltképp, hogy egy vonalmenti fasor helyzete számos élettani szempontból hátrányosabb, mint állományban - a szárazabb környezettől a pálya vegyszerezéséig -, valamint szélcsatornában anyagfáradáshoz hasonló törést szenvedhet.) Ha **a pályára** dől rá ilyen, **vagy ’csak’ úrszelvénybe lóg**, az a jármű menetét **nemkülönben veszélyezteti**.

Mindkettőre van példa a 6. ábrán, ill. hogy **az ilyen események-károk pontosan ugyanott ismétlődnek**: a térképen felismerhető a Gerecse és a Vértes között húzódó Tatai-árok, mely a Dévényi-hágón belépő északnyugati áramlást erősíti újra; majd helyben, kisléptékben a Váli-víz völgye is megvezeti. – Ez a Kárpát-medencét érő ÉNy-i szélmezőnek három szinten is tetten érhető, ún. önhasonló lebomlása, melyben megjelenik a szélcsatornás jelleg. [4] – Tehát a 30-as fővonalon délben, pontosan(!) a Tatai-árok kifúvásá-ban a felsővezeték **kifúvása** miatt sérül egy mozdony áramszedője, és ún. **lassújel**, azaz sebesség-korlátozás kerül bevezetésre. (Utóbbi a nap folyamán, csak ezen a vonalon közel 100 szerelvényt érintett, mindösszesen ~15 óra késéssel.) Egy órán belül azon a vonalon is, melynek hóátfúvásosságát a 3. ábrán ill. a 2. fejezetben mutattuk, szintén áramszedő törik, s a felsővezeték is sérül; a Móri-árok kifúvásában pedig tartós zárlatok jelentkeznek. Mire a 30-ason elkezdené helyre állni a forgalom, este csaknem ugyanott dől fa a pályára, éjszakáig kitolva a mentesítést-helyreállítást.

**Ugyanazon napon** a Dunántúlon **tucatnyi ilyen(!)** felsővezetékes ill. rádőléses esemény történt; és a bő évtizedes balesetvizsgálati tapasztalatunk azt mutatja, hogy **ilyen országos „rendkívüli helyzet” la. ~3 évenként ismétlődik**, ugyanazokkal a kárhelyekkel.



6. ábra:ismétlődő felsővezeték-sérülések ugyanazon a napon és vonalon, mindössze ¼ nap és 15 hm szelvény eltéréssel ( a szerző munkája, eseményvizsgálathoz, GoogleEarth-ben )

### 3. Előreláthatóság

A fejezetcímre feltett kérdés megválaszolása - ahogy azt alább gyakorlati példákkal kibontjuk - rögtön háromfelé bomlik; s ezek több ágazatot, és azokon belül is más-más területeket érinthetnek:

- előrejelezhető-e a szélcsatornák helyzetek?
  - ebben természetesen az időjárási szolgálat avagy szolgáltató az illetékes
- követhető-e a 2. fejezetben sorolt eseménysorok?
  - ebben a kitett közlekedési ágazatok üzemvitele is érdekelt
- megelőzhető- vagy legalábbis csökkenthető-e az ilyen balesetek ill. kártételek?
  - ebben pedig szakmai háttérstruktúrák (is) szokás támaszkodni

#### 3.1 Előrejelezhetőség

Ahogy azt az 1.fejezetben, ill. a 2.ábrán keresztül mutattuk, a Kárpát-medencében megjelenő talajmenti szélcsatornákat **nagyméretű külső szélmezők** indítják be. Ilyen léptékben az **időjárás előrejelzése meglehetősen megbízhatóvá vált, több nappal előre is**: ez az időjárási alapelemek - úgy mint légnyomás, hőmérséklet, szél és párateltség - földrajzi rácshálózatra végzett számítógépes „modellezésével”, azaz előreszámolásával történik; és az ehhez szükséges kiindulási adatokat ilyen léptékben elegendően sűrűen mérik. (E megbízhatóságára jó példa, hogy a kimenő számítási eredményhalmazt a földrésnyi területre kiterjedő légiirányítási szolgálatok - pl. EuroControl - „készpénzként” építik be a légiforgalom áramlásszervezésébe.) Előfordul persze, hogy egy model-futtatás úm. „bukik”, de az ügyes előrejelzők egyszerre több központ eredményeit elemzik, ill. azok 6 óránkénti frissítéseit folyamatában, így van lehetőségük kiszűrni az ilyen bizonytalanságokat.

A folyamatok kisebb léptékű lebontásához - mint pl. hogyan zajlanak le a Kárpát-medence belsejében - a nemzeti időjárási szolgálatok többsége saját, kisebb területre kiterjedő, térben és időben finomabb számításokat futtat – bár ehhez a léptékhez, ill. számos előrejelzési feladathoz a bemenő adatok elegendősége már kérdéses. Ugyanakkor - mint láttuk - a legjelentősebb szélcsatornáink annyira bizonyos szélirányokhoz, máskülönben pedig helyhez kötöttek (ellentétben pl. a zivatarokkal, hóesésekkel), hogy **a nagyléptékű előrejelzések alapján tapasztalati úton is meg lehet mondani, milyen helyzetben melyik csatornák fognak úm. „megszólalni”** – ebben a nagy helyi tapasztalattal bíró közútfelügyelők is szoktak (volt) jeleskedni.

Az időjárási szolgáltató(k) főként a célelőrejelzések körét-számát igyekeznek bővíteni - ami a költségvetési-piaci kényszerek miatt persze vitathatatlan szükséglet -, de **fontos lenne hangsúlyt fektetni** (ismét és nagyobb) **e sajátos célfeladatot megalapozó kutató-elemzésekre; pl. az Országos Meteorológiai Szolgálat mérőhálózatában működő, több száz(!), viszonylag egyenletesen eloszló**

szélmérő adatmezejének a felszíni szélcsatornákat feltáró, térinformatikai alapú, akár csak esettanulmányi feldolgozására. S mindig lehet szorosabbra fűzni az együttműködést **a kitett ágazatokkal** - nemcsak a gyakorlati eljárásokban, hanem az ott összegyűlt időjárási tapasztalatok-adatbázisok alkalmazásával [ld. pl. a KOMVIR-t a 3.3.-ban] -, **ill. háttérintézményeivel** (KBSz, KTI, MKBB), a tárgyban már tapasztalattal bíró szakemberek **bevonásával**.



7. ábra: útidőjárási műszer-együttes a Megyeri-hídon (eredetileg a hajózás számára): a keresztkar bal szárán a látástávolság-érzékelő, a jobbon pedig az alapelemeknek egy egyesített mérőfeje  
(forrás: GoogleMaps, StreetView)

### 3.2 Követhetőség (=„monitorizálhatóság”)

Ennek kapcsán a következő **ágazati érdekeket** lenne jó meglátni és felkarolni: egy közúti szakasz- vagy üzemmérnökség ne csak egy értékekből álló szélelőrejelzést kapjon, ugyanakkor - a túlsó oldalon - ne csak az elakadásokból vagy egy ráfutási balesetből értesüljön a hó- vagy porátfúvásról. Legutóbb a vasútnál is az volt a gyakorlat, hogy a felsővezeték veszélyes kilengésekor [ld. részl. 2.3.] a forgalomirányítás az ún. *lassújelet* a mozdonyvezetők **észlelése alapján** „vezeti be” ill. „mondja le”. Előbbi az először áthaladó nagysebességű szerelvény esetén **már késő lehet**, és fél nap menetrendjét ’írhatja át’, akár a teljes fővonalra; utóbbi pedig - gyérebb forgalmú időszakban - feleslegesen hosszú ideig tarthatja fent a késéseket. (Ugyanez egyébként megtörténik a légiközlekedésben is: pl. az Eyjafjallajökull 2010-es nagy kitörése után, a forgalom újraindításánál.)

#### 3.2.1 A köz- ill. gyorsforgalmi utakon [...]

[...] persze lehet álmodozni a nemzetközi repülőterek, vagy egyes autópálya-szakaszok műszerezettségéről – ám az nem csak a költségvetés, de az elérendő cél tekintetben is hasztalan.

( Jóllehet a repülés műszerei már a hajózásban is megjelentek: pl. a rotterdami kikötőcsatornáknál hasonló sűrűséggel, mint a futópályák mentén; és nem csak a tengerparti ködök végett, hanem mert az erős kereszt szél a rakatlan bárkák oldalfelületére is veszélyes fordító erőt fejt ki. [5] A szerző kezdeményezésére ill. felmérései alapján a Duna mo.-i szakaszára, a leginkább ködfoltos és kereszt szeles helyekre is telepítettek ~tucatnyi hasonlót – más kérdés, hogy a felszerelési helyek mennyire jellemzik a víziutat [ld. 7.ábra].)

Viszont, az elmúlt ~2½ évtizedben a hazai úthálózat mellé folyamatosan **telepítettek időjárási műszereket**; s a **gyorsforgalmi utak mellé** a kérdéses feladatra is alkalmasakat: az eredetileg kisrepülőterekre fejlesztett készülék-együttesek az alapelemek mellett **képesek a látástávolság távadására is**; sőt, bizonyos csapadék-fajták megkülönböztetésre – ld. 7.ábra. Más kérdés, hogy számukat, sűrűségüket és felszereltségüket az egyes szakaszok kiépítésének ill. felújításának anyagi lehetőségei határozták meg; eloszlásuk pedig nagyjából egyenközü - de szakaszonként eltérő -, és

kevésbé tapasztaltuk az időjárási sarokpontok figyelembe vételét. (A szerző ezen tapasztalatai a balesetvizsgálati adatkérések során gyűltek össze, ~1½ évtized során.)

Megfogalmazódhat tehát egy feladat, miszerint **a leginkább por- ill. hóátfúvásos helyekre** a már meglévő műszerek **belső átmozgatásával kerülhetnének szél- és látástávolság-mérők** – amit persze gondos felmérésnek célszerű megelőznie, hogy ne csak egy egyedi esetnek állítson emléket. A jelenségek távkövetése pedig csak akkor lehet sikeres, ha a mért **adatok a megfelelő szolgálati helyen** gyűlnek ill. jelenítődnek meg (nemkülönbön **beszédes megjelenítéssel**) aminek jelen állása - akár pl. a szolgálat-szervezés történetisége miatt - meglehet, hogy nem illeszkedik célhoz.

Aztán fel szokott vetődni az adatok nyilvános, élő közreadása – azonban ezt nem csak a média kattintásva-dász, világvége-hangulatban érdekelt része teszi kérdéssé, hanem a szolgálati munka védelme is.

### 3.2.2 Vasútvonalaink mentén [...]

[...] az időjárás-mérés kimerül a forgalmi szolgálattevő helyeken, s nem mindegyikükön végzett házi hőmérő-leolvasással, meg kézi sínhőmérséklet méréssel. A 3.2.1.-ben ill. a 7.ábrán mutatott műszerek pályamenti telepítése pedig bajos (tápfeszültség és adatközlés kifejtés, úrszelvényi hely, stb.) Ilyen környezetbe inkább az **ún. „autonóm”, azaz napelemes és GSM-adatközlésű kisállomásokat lehetne telepíteni**, melyek mérete és súlya is elegendően kicsi ahhoz, hogy pl. jelző- vagy felsővezeték-oszlopokra is fel lehessen szerelni – ld. 8.ábra. (Hazai kisvállalkozás fejlesztése és gyártmánya; s működik már belőle távvezeték-oszlopon, magashegységi csúcson, stb. és Norvégiától Ausztráliáig.)

Ezek segítségével egy **tanulói időszakban** ki lehetne **mérni a veszélyes kilengést okozó szellőkésértékeket** - beleértve akár azok ütemét -, **utána** pedig az élő adatok alapján **önműködő figyelmeztetést** is kaphatnának a felek – még az első áramszedő-sérülés vagy/és vezeték-szakadás előtt.

A nagyobb, nehezebb és m<sup>2</sup>-nyi napelemtáblákat fogyasztó látástávolság-mérőt (ami nemkülönbön sok MFt-ba kerül), azt itt egy on-line fényképező helyettesítheti: az ún. **távolbalátás mértéke** azon keresztül, pl. a látható tartóoszlopok leszámolásával, oszlopköznyi felbontással határozható meg.

(Máskülönbön ilyen pályamenti, autonóm telepítésekre a pályafenntartó szolgálat felől is lenne igény, ti. a nyári forróságokban, a kivetődés-veszély pontosabb követésére.)



8. ábra: napelemes és GSM-adatközlésű időjárási kisállomás, légoltalmi szirénaoszlopra szerelve - a szél- és az esőmérő eltartására csak a hangkupola árnyékolása miatt volt szükség (a szerző felvétele ill. telepítése, 2018-ból)

### 3.3 Megelőzés

A hótörleszok útra rakódása elleni **hóvédművek** - a kerítésrács-elemektől kezdve a narancssárga műanyag-hálókon át a cserje-sávokig (utóbbiakat egyes helyeken már a 2000-es években elkezdtek

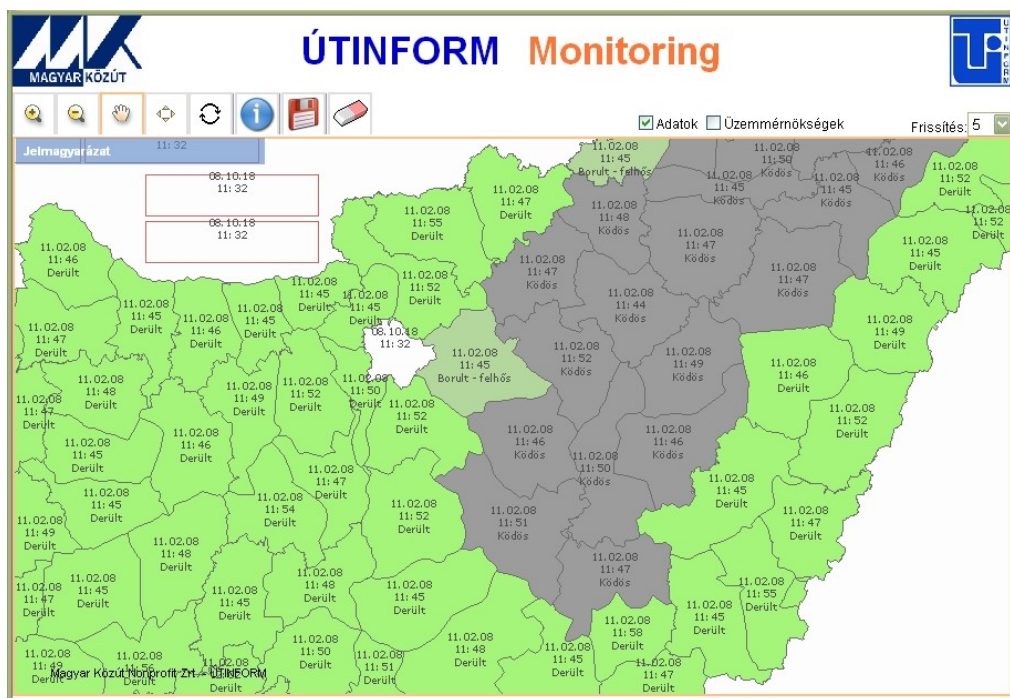
telepíteni) - folyamatosan fejlődtek; és a szakemberek az utóbbit említik a legalkalmasabb megoldásnak (ti. állékonyság, tartósság, a kihelyezés-beszedés megtakarítása, és nemkülönben a közbiztonság szempontjából is). Ám a *porátfúvások esetére alighanem magasabb, sűrűbb erdősávokra* lenne szükség.

Hogy a védművet igénylő, ill. sikeresen mentesített útszakaszok nyilvántartása mennyire mutat túl az üzemmérnökségek ill. megyei igazgatóságok szakszolgálatainak feljegyzésein, az meglehet, hogy nyitott kérdés. Amiről tudomásunk van, hogy *útidőjárás-jelentések* - melyek az időjárás-előrejelző számára is hiánypótlóan értékesek voltak! - már *az egykori ún. KOMVIR-ban* is gyűltek (az MK és az ÚTI országos, élő térinformatikai gyűjtése volt, ld. 9.ábra); ezek a 3.1.-ben felvetett, *a hatékony előrejelzést megalapozó közlekedés-időjárás-tani elemzések alapja lehet.*

Aztán felvethetjük a kérdést *a gépjárművezetők oldalán* is: a találomra megkérdezettek közül vajon *hányaduk van tisztában a helyzetek veszélyességével*, miszerint egy porátfúvás-függönybe belehajtani nem „jó buli lesz”, hanem „belerongyol” a benne „lesatuzottakba” ill. „bebecskázottakba”? – Az alapján, amikor egy tarlóút az útra füstöl, és hogy a kirendelt forgalomirányító nem győzi csuklóval a „lassíts!” kézjelet, nem sokan... Itt viszont visszadobódhat a kérdés közlekedésbiztonsági szervek térfelére: hány gépkocsivezető-képzési segédletben találkoztunk ezzel, ill. hasonló útídjárási ismeretekkel, mint pl.

- ugyanez a nyári felhőszakadások záporfüggönyeivel
- hogyan viszonyuljanak a felhőszakadásos elárasztódásokhoz – pl. milyen mélységig ill. sebességgel biztonságos az elhagyása, avagy a gépkocsié
- hogyan lehet megbecsülni a látáscsökkenés mértékét a hóesés hevése, ill. pelyhessége alapján?
- milyen a természete az őszi ködfoltoknak – pl. éles határok, mozgás a széllel, közöttük kitűnő látás, bennük pedig sűrű köd, stb.

S végül a vasutat a megelőzés terén sem felejtve: a 2.3. végén említett, *akár csak 3-4 „rendkívüli időjárású” nap térinformatikai feldolgozása* - mivel a szerző már kezdett bele ilyenbe, így meggyőződött róla -, ez is átfogó *képet nyújthatna* nemcsak a kitett vonalszakaszokról, hanem egyrészt a 3.2.2.-ben javasolt autonóm szélmérők helyére; de arra is, hogy *az úrszelvénybe dőlhető pályamenti fák korhadási vizsgálata mely szakaszokon lenne a legfontosabb.*



9. ábra: útídjárási jelentések az MK-nál, az egykori KOMVIR-ban (ld. részl. a 3.3.-ban) – a ködös terület kiterjedése ilyen pontossággal sem az időjárás-i szolgáltatók térképein, de a műholdképeken sem rajzolódik ki mindig így (pl. magasabb szintű felhőtakarás esetén)

## Végkövetkeztetések helyett

[...] a tárgyalás kiemelési úgy kerültek megszerkesztésre, hogy a mondanivaló sarokpontjai, ill. a főbb megállapítások és javaslatok összeolvashatók azokból.

## Irodalomjegyzék

- [1] Bodolai I. - Jakus, E.: Low-level jet streams in the Carpathian Basin / Alacsonyszinti jet-ek a Kárpát-medencében; Időjárás, 1971/75(-), 158-171
- [2] Sárközi Sz. - Bottyán Zs.: Az alacsonyszinti „orkáncsatorna” mint a repülésre veszélyes időjárási tényező; Repüléstudományi közlemények 1999/26(11), 53-62
- [3] Sárközi Sz.: Solutions for supplying meteorological information to inland waterways; Proceedings of the European Inland Waterway Navigation Conference (BME/RHT), 2010
- [4] Fujita, T. T.: Tornadoes and downbursts in the context of generalized planetary scales; Journal of the Atmospheric Sciences, 1981/38(8), 1511-1534
- [5] Sárközi Sz.: How to tailor a riverside weather monitoring system for the needs of navigation on a certain inland waterway reach; European Inland Waterway Navigation Conference, Budapest 2014. szept. 10-12.
- [6] ill. ld. részl. a hivatk. írások irodalomjegyzékét

# Tömeges turisztikai forgalmú megállóhelyek utasbiztonsága a regionális vasútvonalakon / Passenger safety at stops with significant tourist passenger traffic on regional railway lines

Trexler Máté

Széchenyi István Egyetem  
trexler.mate@sze.hu

**Kivonat:** A hazai turizmus fejlődésével egyre többen keresnek fel hazánkban olyan természeti vagy épített látványosságokat, melyek megközelítése sok esetben személygépkocsival nehézkes vagy egyáltalán nem lehetséges. A fenntartható közlekedés megteremtésének feltétele pedig az, hogy törekedni kell a környezetbarát utazási módszerek előnyben részesítésére. A MÁV-Start Zrt. az elmúlt években felfigyelve erre a tendenciákra elkezdett bevezetni olyan turisztika szempontjából fontos termékeket, melyek támogatják a vasúti közlekedés igénybe vételét. Megemlíthető ezek között a Bakony napijegy, a Dunakanyar napijegy vagy a Balaton napijegy. Ezek igénybevételével kedvező áron érhetőek el ismert, vagy kevésbé ismert látványosságok, zömmel úgy, hogy a közlekedési alágazatok kombinált igénybevételére is lehetőség adódik. Ezek közül több regionális, alacsonyabb forgalmú és infrastruktúrájú vasútvonal mentén fekszik. Egyik jó példa erre az utóbbi években egyre népszerűbbé váló bakonyi Cuha-völgy, melynek bizonyos túraútvonalai csak vonattal közelíthetőek meg. Kiemelhető az országos kéktúra is, amely számos regionális vasútvonalat keresztesz. Ezek a vasútvonalakon az egyes megállóhelyek kialakítása nem alkalmas a hirtelen megjelenő tömeges utasforgalom lebonyolítására. Alacsony, vagy hiányzó peronok, működésképtelen térvilágítás, hiányzó fedett várakozóhely, melyek nem csak az utasok komfortját csökkentik, de utasbiztonsági szempontból problémát jelentenek. Külön meg kell említeni a kerékpárszállítás emelkedő tendenciáját, amit szintén nem könnyít meg az elavult, kiépítetlen infrastruktúra. A cikkben néhány ilyen megállóhely bemutatásával szeretném érzékeltetni, hogy az utasbiztonság szempontjából milyen hiányosságok fedezhetőek fel, melyek a biztonságot jelentősen csökkentik, majd bemutatom, hogyan lehet alacsonyabb költségekből ezekre a hiányosságokra megoldást találni.

**Abstract:** With the development of tourism in Hungary, more and more people are visiting natural or built attractions that are often difficult or impossible to access by car. The creation of sustainable transport requires that efforts are made to promote environmentally friendly travel methods. In recent years, the MÁV-Start Zrt. has responded to these trends by introducing tourism-related products that promote the use of rail transport. These include the Bakony daily ticket, the Danube Bend daily ticket and the Balaton daily ticket. These offer access to well-known or less well-known attractions at a reasonable price, usually by combining the use of transport sub-sectors. Several of these are located along regional railway lines with lower traffic and infrastructure. One good example is the Cuha-valley in the Bakony, which has become increasingly popular in recent years, with some hiking trails accessible only by train. The national blue trail, which crosses several regional railway lines, is also noteworthy. On these lines, the design of some of the stops is not suited to the sudden surge in passenger traffic, with low or missing platforms, inoperable lighting, lack of covered shelters, which not only reduce passenger comfort but also pose a safety problem. A particular mention should be made of the upward trend in the use of bicycles, which is not helped by the outdated and unimproved infrastructure. In this article, I would like to illustrate some of these stops, highlighting some of the shortcomings in passenger safety that significantly reduce safety, and then show how these shortcomings can be addressed at lower cost.

*Kulcsszavak: közlekedés; utasbiztonság; fenntarthatóság; vasút; megállóhely; kialakítás; látványosság*

*Keywords: transport; safety; sustainability; railway; stops; design; attractions*

## Bevezetés

A COVID járvány utáni időszakban újra növekedésnek indult a hazai turizmus. A KSH adatait áttekintve 2022 évre 8%-os növekedést mutattak a vendégéjszakák számának növekedésében, a

vendégek számának növekedése pedig még ennél is nagyobb mértékű [1]. A belföldi utazásaik során egyre többen veszik igénybe a közösségi közlekedést is, ahogy ez látható több turisztikai szempontból frekventált vasútvonal megugró utasszám-adataiból. A tavalyi, 2022-es évben közel 3 millió utas választotta a vasúti közlekedést a Balaton felé [2]. Mint frekventált üdülőhely a Balaton térsége azonban egy valamiben különbözik több az ország elrejtettebb részeiben található turisztikai látványosságoktól. A déli és északi partokon futó vasútvonalak az elmúlt években jelentős mértékű fejlesztéseken mentek át, zömmel új, nagyobb áteresztőképességű pályák mellett a megállóhelyek és állomások infrastruktúrája is felújításra került. Ezek kialakítása a mai kor követelményeinek megfelel, ezáltal utasbiztonsági szempontból is kielégítő az állapotuk. Számtalan olyan turisztikai látványosság került kiemelkedőbb szerepbe az elmúlt években, ahová viszont nem biztosított a hasonló színvonalú közösségi közlekedés. Többek között érdemes megemlíteni a Bakonyban, Zirc térségében található Cuha-völgyet, a Bükk-hegység fennsíkjai és hegyvonulatai között megbújó Szilvásváradot, a romjaiból új életre keltett Boldogkő várát, mely a Hernád völgyében található, vagy a szintén egyre jobban kiépülő Drégely várát, mely szintén közel esik a vasúthoz. Egy a közös ezen látványosságokban, mindegyik megközelíthető vasúton, és mindegyik érintett vasútvonal egy szerényebb infrastruktúrával kiépített regionális vasútvonal, melyen messze nem találhatóak olyan elemek, mint a nemrégiben felújított Balaton-menti állomásokon és megállóknál. Ezekon a vonalakon az akadálymentesítés nem ismert, a megállóknál sok esetben mindössze egy murvával leburkolt keskeny peronból állnak, esőbeálló, és egyéb utaskomfort növelő elemek nélkül.

A MÁV-Start Zrt. az elmúlt évek folyamán reagálni tudott ezekre a növekvő utazási igényekre, így több regionális vasútvonalon napijegyzendert vezetett be, amely a turisták részére nagyon jó áron biztosít kombinált utazási lehetőségeket vonatra és buszra egyaránt. A növekvő utasszám látványosan meg is figyelhető ezeken a vasútvonalakon, azonban az infrastruktúra terén nem történt érdemi változás. Az élénkülő forgalom, a gyakrabban megjelenő csoportok, osztálykirándulások nem csak a járműpark megerősítését kellene jelentsék. Sok esetben ugyanis a megállóhelyek kiépítettségük okán nem bírnak el akkora, hirtelen jelentkező forgalmat, ami az utóbbi időszakban gyakran megjelent. A megerősített szerelvényekről az utasok gyakran a pálya-menti kiépítetlen területekre tudnak csak leszállni, ami nehezíti a bőröndök, kerékpárok leemelését és felrakását a vonatokra. Ilyen esetekben az utasok biztonsága jelentősen csorbul, hiszen több baleseti veszélyforrás is körül veszi őket. A meginduló szerelvényhez túl közel állva, vagy haladva megnő az esélye az elsodrásnak, a magasról kiépítetlen, egyenetlen talajra leszállás közben bárki megsérülhet. A vonat beérkezésekor az utastömeg a keskeny és rövid peronokra feltorlódva túl közel kerül a peron széléhez, hiszen kijelölt elsodrési határ nincsen, sőt gyakran a peron szélét jelző fehér festék is teljesen elkopott. Az elmúlt évek során a bakonyi Vinye és Porva-Csesznek megállóhelyek utasforgalmát kísértem figyelemmel. Előbbi helyen gyengén kiépített, utóbbi helyen lényegében állomási színvonalú infrastruktúra áll az utasok rendelkezésére. Míg Porva-Csesznek esetében nem jelent semmi problémát, ha hirtelen 100-200 fős tömeg érkezik, Vinyéről ez nem mondható el, ráadásul a megálló elhelyezkedésének okán még a közúti forgalmat is akadályozza a feltorlódó utaslétszám.

A cikkben néhány élénk forgalmú megállóhely utasbiztonsági kockázataira szeretném felhívni a figyelmet, és javaslatot kívánok tenni azok alacsony költségvetésből megvalósítható részleges megoldására. Rövidtávon nem várható ezen megállóknál teljes korszerűsítése, így mindenképpen szükségesnek érzem a beavatkozást az infrastruktúra állapotába a balesetek elkerülésének érdekében.

## 1. A meglévő infrastruktúra bemutatása a vizsgált megállóhelyeken

A következőkben a kiválasztott megállóknál jelenlegi állapotát, kiépítettségét kívánom bemutatni. A választott megállóknál közös jellemzője, hogy egy-egy természeti vagy épített látványosság megközelítését szolgálják, melyek népszerűsége az elmúlt években jelentősen megnövekedett, ezáltal pedig a megállóknál forgalma is, és nem feltétlenül csak szezonálisan. A választott megállóknál Vinye, Árpádszállás, Drégelyvár és Szilvásvárad-Szalajkavölgy minimális kiépítettséggel rendelkezik, amik jelentősen befolyásolják az utasbiztonságot egy-egy megnövekedett forgalmú napon, vagy tömeges utasáramlás esetében. Porva-Csesznek egykoron állomás volt, azonban több évtizede megállóhelyként látja el a feladatát. A 90-es években végrehajtottak egy korszerűsítést, így egyfajta mintaként kívánom bemutatni ami például szolgálhat a többi megállóhely esetében. A kiválasztott megállóknál lényegében a

legfrekvenciáltabb turisztikai forgalmat lebonyolító megállóhelyek közé tartoznak a MÁV Zrt. pályahálózatán. Több hasonló megálló is vizsgálható, említésre méltó lehetne például Boldogkőváralja, vagy Kisköre megállója is, a cikk terjedelmébe azonban nem fér bele minden vizsgálandó megálló bemutatása.

### 1.1 Vinye

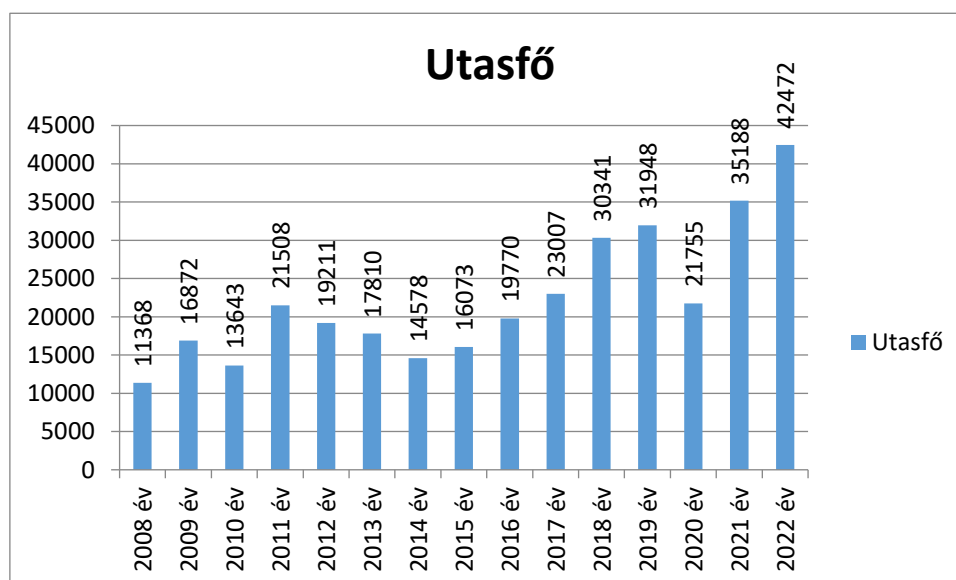
Vinye megállóhelye 1898 novemberében lett átadva a közforgalomnak, akkor Sándormajor néven. Később a Vinyesándormajor nevet viselte, majd 1967. óta mai neve a hivatalos. Bakonyszentlászló község külterülete, szerény lakóközösséggel. A megálló a 11. számú Győr-Veszprém vasútvonal turisztikailag egyik legfrekvenciáltabb célja lett napjainkban. 1912-ben nyílt meg a ma már romos állapotú Esterházy-féle fatelep, mely fénykorában több mint 300 főt foglalkoztatott [3]. A megálló alapfunkciója így lényegében a helyi lakosság és a fűrészüzem dolgozóinak kiszolgálása volt.

Az 1950-es évektől kezdődött meg a térségben akkor még csak minimális szinten a turizmus, ekkor fedezték fel a Cuha-völgyének természeti értékeit, és indítottak először a kirándulók számára közvetlen vonatokat Győrből a Bakonyba. A megálló érdekessége, hogy a fatelepet kiszolgáló keskeny nyomközű vasútvonal itt keresztezte a nagyvasút pályáját. Emiatt és a műszakváltásokkor élénk forgalom miatt még szolgálat is volt a megállóhelyen, ahol szerény épület váróteremmel és mellékhelyiséggel fogadta az utasokat. A fatelep hanyatlásával a forgalom csökkent, az épületet elbontották, a megállót elhanyagolták. A vasút többszöri bezárási kísérlete után a 2010-es évek elejétől tömeges turizmus indult be a térségben, ami gyakran egy időben több száz utas megállóban tartózkodását eredményezi. A bejelentkezett csoportok, kirándulók miatt a szerelvények gyakran kibővítve közlekednek, a megálló adottságai viszont nehezzé teszik a biztonságos használatot. Civil kezdeményezésre ugyan kiépült egy sínkorona fölé 15 cm-rel megmagasított murvázott peron, ez azonban 3 kocsis hosszban került csak kiépítésre, így a kibővített szerelvényeken utazók gyakran nem itt, hanem a keresztező közút túloldalán kiépítetlen korábbi épületbontás miatt balesetveszélyes területen kénytelenek leszállni. Az 1. képen látható a megálló a karbantartási munkák megkezdése előtt. Jellemzően a hétvégi időszakban feltorlódhat akkora tömeg, hogy a megálló területén nem férnek el, így a közúti forgalom akadályozása mellett újabb biztonsági kockázat merül fel. Az utaskomfort is hagy maga után kívettni valót, hiszen fedett várakozásra alkalmas hely nincs, a padok száma pedig túl kevés. A többi bemutatott megállóhellyel ellentétben Vinyén a keresztülhaladó út esetén nincs biztosítva a vasúti átjáró. A rálátási háromszög csökkent mértéke miatt ugyan a vonatok 20 km/h-s sebességkorlátozással haladhatnak át az átjárón, a megnövekedett forgalom igényelné a biztosítás kiépítését. Míg korábban néhány autó haladt csak át az átjárón, egyes forgalmasabb napokon ez a mennyiség a több százat is eléri, beleértve különjáratú autóbuszokat, tehergépjárműveket. A fatelep korábbi áruterítő területe parkolóvá alakult, ahol, például 2022. október 23-án több mint 600 gépjárművet számoltunk meg. Nem könnyítik meg a közlekedést a vonat előtt átszaladó kirándulók sem, hiszen a buszforduló a peron másik oldalán található, biztosítás nélküli átjárón ugyanis a menetrend szerinti autóbuszjárat nem haladhat át.

A 2. számú ábra jól szemlélteti, hogy hogyan változott meg az utasszám. Mivel a térségben a hálózati hiányosságok miatt akadozik a jegykiadás, ez az utaslétszám feltételezhetően még nagyobb mértékben is nőtt. Míg a 2000-es években mindössze néhány 1000 fős utas közönség jelentkezett a megállóban, napjainkban ez meghaladja a 40-50 ezer fős szintet is, amit a meglévő kiépített infrastruktúra már sok esetben nem képes megfelelően elvezetni.



1. ábra: Vinye megállóhely 2004 évben [4]



2. ábra: Az utaslétszám alakulása a MÁV-Start Zrt. értékesítési adatai alapján

## 1.2 Szilvásvár-Szalajkavölgy

Szalajkavölgy megállóhely Szilvásvár község második megállója a 87. számú, Eger-Putnok vasútvonalon. A megálló nem a vonal építésétől kezdve létezik, 1967-ben turisztikai céllal hozták létre. A Bükk-hegységet behálózó és a vasútvonalat érintő közel 100 km hosszú kisvasúti hálózat ekkorra teljes felszámolás alá került, egyedül a Szilvásváradról induló ág maradt meg turisztikai célból, ennek jobb megközelíthetősége érdekében épült ki a megálló. Az építés óta az infrastruktúra érdemi változáson nem ment át, nem hajtottak végre peronmagasság-emelést, a világítás sem került korszerűsítésre. Vinyéhez hasonlóan szintén út keresztezi a pályát a megálló szélénél, ami meghatározza a bővítési lehetőségeket. A helyszínen látható, hogy a meglévő sínkorona szintű peron szegélye szétcsúszott, egyes szakaszon akár a leszállásnál botlást is okozhat. Mivel a megálló a mellette kezdődő töltésoldal miatt szűkebb területre van beszorulva, egy tömeges utasforgalom hirtelen megjelenése okozhat problémákat. Jelenleg ugyan kis kapacitású 117. sorozatszámú motorvonatok szolgálják ki a megállót, melyek bővíthetősége korlátozott, mégis népszerű megállója a messziről érkező nagyobb méretű

különvonatoknak is, amik 5-6 kocsi hosszúságában a 150 méter kiépített hosszúságú peronon már nem férnek el a megállóhely területén. A megálló peronmagasítás nélkül megnehezíti az érkezők dolgát, hiszen a fel- és leszállás még a fiatalabbak számára is megerőltető és balesetveszélyes, ha csomagokkal, kerékpárral együtt érkeznek.



3. ábra: Szétcúsúzott, egyenetlen peronszegély hiányzó védőkorrálltal [5]

### 1.3 Árpádszállás

Árpádszállás megállóhely egy érdekes jellemzővel rendelkezik az előző két megállóhoz képest. Itt ér ugyanis egymás mellé a 145. számú Szolnok- Kiskunfélegyháza és a 146. számú Kecskemét-Kunszentmárton vasútvonal. A megálló így gyakorlatilag egyszerre szolgálja ki a két vasútvonalat, úgy, hogy azok között átjárási lehetőség nincsen, csak a szomszédos Lakitelek állomáson. Árpádszállás megálló Lakitelek Töserdő településrészén található, a közelben számtalan szálláshely várja az érkező kirándulókat. A Lakiteleki- Holt- Tisza mentén számtalan látnivaló, tanösvény és kemping található, ezek mellett található meg a megállóhoz viszonylag közel a helyi termálfürdő, ami olcsó áraival sokakat vonz a térségbe. A megálló területén a korábbi romos épületet lebontották, helyette nagyobb létszámot befogadni képes esőbeálló épült. A megálló érdekessége, hogy míg a 145. számú vonalról érkező vonatoknak burkolatlan 15 cm magas emelt peron áll rendelkezésre, a 146. számú vonal felől érkező vonatoknak semmilyen kiépített infrastruktúrája nincsen. Mivel a két vonal között nincs átjárás, avatatlan szemek számára az sem egyértelmű, melyik vágányról induló szerelvényre kell felszállniuk úti céljuk eléréséhez. Vágányszámozás nincs, a 2. vágányhoz mindössze egy átjáró van kiépítve, semmilyen peron nincs kialakítva. A helyismerettel nem rendelkező kirándulók részére így adódik a balesetveszélyes helyzet, hogy az utolsó pillanatokban döntenek el, melyik vágányra érkező szerelvényt kell választaniuk. A két vágány közötti terület szűk, így ha a 2. vágány szerelvényére nagyobb létszámú utas áramlat indul, az első vágányon áthaladnak, sőt azon megállnak, főleg, hogy Lakitelek irányában a második vágányon 2023 márciusában nem volt elhelyezve a megállás helyét jelző tábla sem. Peron hiányában értelemszerűen eleve adódik a fel- és leszállás közbeni balesetek lehetősége, ami a megállót utas biztonsági szempontokból értékelhetetlenné teszi. Annak ellenére, hogy a megállóhely itt is útátjáró mellett található, a második vágányhoz egyáltalán nincsen kijelölt megközelítési lehetőség.



4. ábra: Árpádszállás megállóhely második vágánya peron nélkül [6]

#### 1.4 Drégelyvár

Drégelyvár megállóhely a 75. számú Vác-Balassagyarmat vasútvonalon helyezkedik el, Nagyoroszi külterületi részén. A megállóhelyről számtalan túraútvonal indul, többek közt a közeli Drégely várához, ahol az országos kék is elhalad. A megállóhely a többi bemutatott megállóhoz hasonlóan útátjáró mellett fekszik, infrastruktúrája mindössze egy romos órház előteréből kialakított váróhelyiség, néhány pad, és egy bazaltzúzalékkal burkolt sk+0 cm magasságú peron. A peronhoz használt kőaprólék az évek alatt elporladt, elfogyott, így a peron széle botlásveszélyes. Habár a peron hosszúsága megfelelő, a kiépítetlensége itt is nehezíti a fel- és leszállást, a kerékpár- és a poggyászszállítást. A megállóhely hosszanti terjedelme, és a kerítésig tartó peronterület viszont képes lenne a tömeges utasforgalom kezelésére is, ha megfelelő szinten karban lenne tartva.



5. ábra: Drégelyvár megálló Billa Péter fényképén

## 1.5 Porva-Csesznek

Porva-Csesznek megállója üdítő kivételt képez az előzőekben bemutatottakhoz képest. A megálló a 11. számú Győr-Veszprém vasútvonalon, Vinye szomszédságában helyezkedik el. 1907-ben egyszerű táblás megállóként lett megalapítva, majd a II. világháború elejére 2 vágányos állomás épült ki. A 90-es évektől kezdve forgalmi szolgálat nincs, azóta megállóhelyként funkcionál, a 2. vágány pedig használaton kívül van. A megálló területén a 90-es évek elején fejlesztést hajtottak végre, ennek során a korábbi sk+0 cm-es dunakavicsos peront egy korszerűbb, megemelt (sk+30 cm), betonlapokból kialakított peron váltotta. Készülvén a 2. vágány esetleges beüzemelésére, a betonlapokat olyan mennyiségben tették le az első, átmenő vágány helyére, hogy azok egy része szükség esetén áthelyezhető. Mivel erre nem került sor, maradtak az átmenő vágány helyén. Így viszont egy megfelelő hosszúságú kiépített peron került kialakításra, amin a botlási zóna, az elsodrési határ kiválóan látható, jelzett. A peronra a szerelvényekről való lelépés sokkal könnyebb, a kerékpárok fel- és lerakása is sokkal biztonságosabb. A peron szélessége az azt határoló biztonsági korlátokig megfelelő, így 200-300 utas együttes megjelenése sem jelent problémát, amire egyébként nem is olyan ritkán, szokott is példa lenni. A megállóhely területén vasúti infrastruktúrából adódó baleset nem történt eddig. A peron kialakítása ékes példája annak, hogy alacsonyabb költségekből is megteremthető az utasok biztonsága. Az elmúlt évek egyetlen észrevételévé az vált, hogy az elektronikusan záródó ajtók gyakori meghibásodása miatt itt és Vinyén is gyakran a peron nélküli oldalt választják leszálláshoz másik ajtó helyett, így viszont több ízben is leszállás közben indult el a szerelvény, hiszen azt a vonatszemélyzet nem érzékelhette.

Mik tehát azok az előnyök, amik itt megtalálhatóak, a többi megállóban pedig nem, és befolyásolják az utasok biztonságát:

- megfelelően kiépített peron
- megfelelő peronvilágítás
- megfelelő peronszélesség
- megfelelő peronhossz
- megfelelő biztonsági lehatárolás
- peron terjedelmének teljes kihasználása
- érthetően jelzett veszélyes zónák.

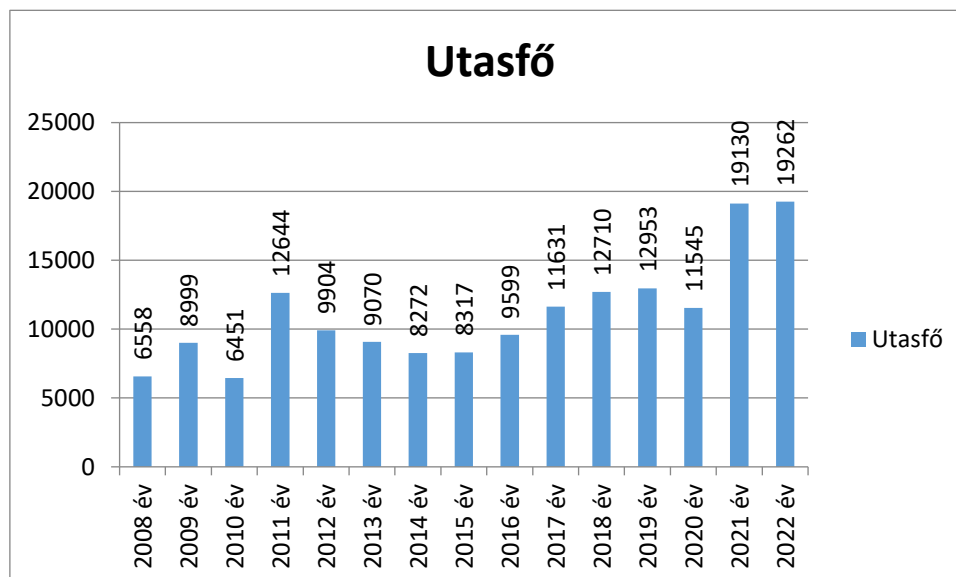


6. ábra: Porva-Csesznek megállóhely idén júniusban készült fényképemen

A 7. számú ábrán az utasforgalom alakulását láthatjuk a MÁV-Sart Zrt. értékesítési adatai alapján. Az, hogy itt az emelkedés mértéke nem olyan szembeöltő, mint Vinye esetében, arra vezetendő vissza, hogy

a Cuha-völgy és az állomás teljes területén nem áll rendelkezésre internet és mobilhálózat sem, így az állomás rövidtávú utasai, akik például csak Zircig, vagy Vinyéig utaznak, jegyváltás hiánya miatt nem szerepelnek a statisztikában. Online elérhetőség nélkül a fedélzeti jegykiadó-gépek ugyanis nem működnek, jól, sok esetben pedig egyáltalán nem, így a menetjegy váltása az utasok nagy részénél elmarad.

Drégelyvár, Szalajkavölgy és Árpádszállás esetében az értékesítési adatok nem álltak rendelkezésre.



7. ábra: Utasforgalom alakulása Porva-Cseszneken a MÁV-Start Zrt. adatai alapján

## 2. Az utasok viselkedése a peronon, biztonsági kockázatok

Látni kell, hogy az utazóközönség jelentős része nem ismeri mélyrehatóan a vasúti közlekedést, éppen ezért nem ismer fel minden olyan kockázati tényezőt, ami az épségét veszélyeztetheti. Kiemelten igaz ez a turisztikai forgalomra, hiszen ilyenkor sok esetben olyan utasok ülnek fel a vonatra, akik adott esetben évtizedek óta nem utaztak vele, vagy nincs meg a megfelelő napi rutinjuk. Az elmúlt évek saját tapasztalatai alapján a Porva-Cseszneken felszálló utasok jelentős része alkalmi utas az ország számos részéről, és sokan fejtik ki, hogy nem használják a vasúti közlekedést. Nem szabad elfelejtenünk azt sem, hogy egy megállóhelyen nem csak akkor következhet be baleset, ha ott éppen vonat halad, vagy áll bent. A peron helytelen kialakítása esetén a kirándulókkal tartó gyermekek megfelelő felügyelet hiányában könnyen a sínekre eshetnek. Ugyanez igaz a felnőttekre is, ha a megfelelő biztonsági határok nincsenek jól láthatóan feltüntetve.

Ahogy Árpádszállás esetében is megemlítettem a vágányok nem megfelelő kijelölését, ugyanezt Porva-Csesznek esetében is le lehet írni. Habár a 2. vágány használaton kívül van, ezt a laikus utas nem tudja, és sokan úgy értelmezik a menetrendet, hogy az egyik irány az első, a másik irány a második vágányon halad, ezért gyakori az ellentétes oldalon történő felszállás is, ami szintén jelentős biztonsági kockázatokat hordoz magában. Balesetet eredményezhet az is, ha valaki nem megfelelő fizikumú egyén túlsúlyos poggyászt vagy kerékpárt kíván a szerelvényre segítség nélkül fel- vagy leemelni. Gyakori, főleg a több kocsis szerelvények esetében, melyek nehezebben átláthatók a vonatszemélyzet számára, hogy az ismeretlen terepen járó utas későn kezdi meg a leszállást, és ezt a vonatszemélyzet nem, vagy késve veszi észre.



8. ábra: Tömeges utasforgalom Vinyén egy különvonat érkezésekor 2012-ben készült fényképemem

Mivel a kirándulók között nagy létszámban vannak a gyermekekkel érkező családok, akik sok esetben sokkal lassabban mozognak, ezek az eshetőségek ilyen megállóknál sokkal nagyobb valószínűséggel következnek be. Sokszor pont az ellenkezője, a sietség teremt balesetveszélyes helyzeteket. A túl korán kinyitott ajtókon bárki kieshet, a peront el nem érő kocsikból inkább kiépítetlen felületre lépnek le, mint másik ajtót válasszanak. Ez például azért is veszélyes, mert Vinye esetében az átjáró másik oldalán, ahol sokszor a bővített szerelvények első kocsijai megállnak, korábban lebontott őrház romjai, félig beszakadt picéje miatt egyenetlen a terület és fokozottan balesetveszélyes a leszállás, amit néhány kiálló beton darab és vascső az egykori kerítés maradványaiból tovább fokoz.

Tömeges forgalom esetén az utasok egy része gyakran türelmetlen a fel- és leszállásnál, az előrenyomott utastárs pedig könnyedén a vonat alá csúszhat, vagy léphet félre a peron végénél. Nem minden megálló esetén, de problémát okoz a perontól ellentétes oldalú oldalon való fel- és leszállás, ami a vonatszemélyzetnek csakis a lelkiismeretén múlik, hogy eddig nem következett be baleset, csak utas-fennmaradás. Az utasok biztonságát ronthatja továbbá a nem megfelelő tájékoztatás és információáramlás. Porva-Csesznek esetében hiába van egyértelmű hangalapú utastájékoztató, a vágányszámokat nem mondják hozzá az információhoz, így sokaknak nem jelent egyértelmű segítséget. Ugyanez állhat fent Árpádszálláson is. Vinye esetében az egy vágány mellett szerencsésebb a helyzet. Ezekhez hasonló tapasztalatot írt le egy utasok viselkedését vizsgáló spanyol tanulmány is [7].

További problémákat okoz a sokszor helytelen forgalmi szempontú táblázás is. Porva-Csesznek esetében a megállás helyét jelző tábla a kiépített peron szélén van, aminek egy részét így a mozdony foglalja el a 4. kocsival helyett. Mivel sok esetben pontosan ez a kerékpárszállító szerelvény, fokozottan kellemetlen, hogy az átjárót kettészelő úton, a kiépítetlen részen kell sokkal nehezebben levenni a kerékpárokat.

### 3. Megoldási javaslatok az utasbiztonság növelése érdekében

A cikk folyamán bemutatott problémákkal, hiányosságokkal foglalkozó hazai publikációkból nem találtam érdemi mennyiséget. Nemzetközi példákat számtalan számra mutathatnék be, hogy hasonló jellegű megállókat hogyan építettek át Ausztriában vagy Svájcban. A megállóknak modern és korszerű kiépítés egyelőre álmunk marad, hiszen számos, sokkal nagyobb forgalmú fővonalai megálló és állomás

infrastrukturális korszerűsítése is várat még magára. A különbség az, hogy ezek a felsorolt megállók zömmel valamilyen civil közösség, vagy turisztikai egyesület gondozásában állnak ma is, akik sok esetben így is saját vagy önkormányzati keretekkel fejlesztették a megállókat. A minimális, sk+15 cm-es peronmagasítás bontott betonalkjából és murvából például ilyen összefogásból született meg Vinye esetében is. Habár a napjainkban elvárttól ez továbbra is igen messze van, mégis számtalan utas utazását könnyíti meg. Ilyen összefogásokkal, helyi szervezetekkel megoldhatóak lennének ezek az utasbiztonsági tényezők is, melyeket feljebb bemutattam. Értelemszerűen ezek az utasok viselkedését nem fogják érdemben befolyásolni, itt inkább a megfelelő tájékoztatás biztosítására lenne szükséges. Hosszabb távon természetesen tervezni lehet ezen megállók teljes mértékű, kor viszonyának megfelelő rekonstrukciójával, ehhez számos nemzetközi minta áll rendelkezésre. Ez esetben a beruházás jóval nagyobb tétel, egy megálló teljes felújítása nagyságtól és a kiépítés szintjétől (egy vagy két peron, egy vagy két szélfogó stb.) 200 és 500 millió forintba is kerülhet. Szép példa a felújításra az ausztriai Almtalbn néhány megállóhelye, melyek közül egy a 9. számú ábrán látható. Az Almtalbn az ÖBB 153. számú Grünau- Wels vasútvonala, mely a cikkben említett vasútvonalakhoz hasonlóan egy alacsonyabb infrastruktúrájú és kiépítettségű villamosítatlan mellékvonal. Itt a kiépített emelt peron úgy került kialakításra, hogy az biztonsági határ jelzése mellett már taktilis jelekkel is el lett látva. A biztonság növelése végett a peron megközelítése szabályozott úton történik, az üzemi területektől a peront kerítés határolja, illetve megfelelően ki lett világítva, valamint kitáblázva.



9. ábra: Felújított megállóhely a 153. számú Grünau- Wels vasútvonalon Ausztriában [8]

### 3.1 Peronok, biztonsági zónák kialakítása

A bemutatott megállóhelyek peronkiépítettség és a biztonsági zónák szempontjából lényegében minimális kiépítettségűek, kivétel Porva-Csesznek megálló. Itt az sk+30 méteres peron megfelelő hosszúságban van kiépítve beton elemekből, a biztonsági zónák pedig megfelelően fel vannak festve. Ez egy mintául is szolgálhat a többi megálló esetében is. Vinye megállóban a civil és önkormányzati támogatással kialakított sk+15 cm-es, murvával burkolt peron állapota jó, de a kiépítés hossza nem megfelelő. A megálló kezdőpont felőli, Bakonyszentlászló felőli végén a magassítás nem került kiépítésre, itt további szakaszon szükséges lenne a kialakítása. Tekintetbe véve, hogy bontott betonalkjak a peronszegélyhez korlátlanul állnak rendelkezésre, a költség itt a munkadíjakat figyelmen kívül hagyva lényegében a murvára korlátozódik, mely jelenleg nagyságrendileg 10 000 Ft/m<sup>3</sup> áron beszerezhető. A peron az erdészeti rakodó fedezőjelzőjének ismétlőjelzőjéig, nagyjából egy kocsihosszal tovább építhető, az alap peron ezen a szakaszon rendelkezésre áll, ahogy a peronvilágítás is. Ebben az esetben az útátjáró után egy megállás helyét jelző tábla kihelyezése esetében már 3-4 kocsi is kényelmesen

elférne a megállóban. A peronszegélyen a fehér felfestés ugyan jelzi a botlási zónát, nem utal azonban semmilyen jelzés az elsodrési határra. Habár a vonatok a megállót maximum 40 km/h-s sebességgel közelítik meg, mégis szükség lenne ennek jelölésére, hiszen nagy tömeg esetén gyakran túl közel állnak meg az utasok a peron széléhez, amit a mozdonyvezetők rendszeres hangjelzéssel kénytelenek jelezni. Mivel a murvázott peronon lényegében nem lehetséges a sárga zóna felfestése, érdemes elgondolkodni milyen alternatív megoldás lenne kialakítható, ami a többi megálló esetében is működhet. A többi bemutatott megálló esetében az sk+15 magasságú, murvázott peron kiépítése alapvető elvárás lenne, amit lokális szinten minimális költségből meg lehet valósítani. Drégelyvár, Árpádszállás és Szalajkavölgy esetében, mivel a megálló szélessége közel sem olyan terjedelmű és tájba illő, mint Vinyén, lehetséges lenne a peronok aszfaltburkolattal történő ellátása. 4-5 cm vastag kézi aszfaltozás kivitelezési ára négyzetméterenként 10 000 Ft körül alakul áfástól, így szintén nem képez jelentős költséget, ellenben a biztonságot, a leszállás kényelmét megerősíteni, főleg, hogy megfelelő jelzésekkel lehet ellátni a kiépített burkolatot. Szalajkavölgy ilyen módon történő kiépítése nagyságrendileg 3 millió forintot igényelne, amit akár helyi támogatásokkal is lehet csökkenteni.

Azokon a helyeken, ahol az aszfaltozás egyéb okok miatt nem megvalósítható, vagy nem célszerű, javasolnám a peronszegélytől fél méter távolságig a fő burkolóanyagként használt közettől eltérő színű és méretű burkolóanyag használatát, ami tulajdonképpen kijelölné a szabadon hagyandó zónát, megfelelő tájékoztatás mellett. Ez lehet például bazalt zúzalék, ami a fehér murvától jelentősen eltér.

### **3.2 A megállók megfelelő utastájékoztatásának kialakítása biztonsági szempontokból**

A bemutatott megállóhelyek biztonsági szempontból kialakított utastájékoztatása egyértelműen hiányzik. Árpádszállás és Porva-Csesznek esetében szükséges lenne a két vágány megkülönböztetésére, a megfelelő utastájékoztatás kialakítására. Árpádszállásnál iránytáblákat lenne célszerű a megállókban elhelyezni, hogy utazás előtt egyértelmű legyen, pontosan hol kell várakozni. Porva-Csesznek esetében a hangalapú utastájékoztatás során egyértelműen ki kellene hangsúlyozni, hogy a vonatok az első vágányra érkeznek. A figyelmetlen utasok ugyanis sokszor a második vágány túoldalán vagy a két vágány között várakoznak, ami szerencsére eddig csak osztálykirándulások szétválását eredményezte, nem pedig súlyos baleset bekövetkezését. Mindegyik megálló esetében a peronnal ellentétes oldalon javasolnám olyan figyelemfelhívó tábla kihelyezését, mely egyértelműen jelzi, hogy a leszállás a túlsó oldalon történik. Mivel a vonatok lassulva érkeznek a megállókba, az ajtóknál álló, vagy leszálláshoz készülődő utasok ezt könnyedén el tudják olvasni, megfelelően kivitelezett táblák esetében. Lehet akár a szabvány MÁV stílusban is kialakítani. Ezzel jobb esetben megelőzhető, hogy a vonatszemélyzet figyelme nélkül kezdődjön meg a leszállás a rossz oldalon.

## **Konklúzió**

A cikk apropóját a hazai turizmus élénkülése adja. A regionális vasútvonalakkal kevés irodalom foglalkozik, annak ellenére, hogy számtalan olyan turisztikai látványosság vagy üdülőkörzet található alacsony kiépíttségű vasútvonalak mentén, melyek egy-egy megállója a turizmusnak köszönhetően gyakran tömeges utasforgalmat bonyolít le. Az alacsony színvonalú infrastruktúra egyértelműen képtelen a szükséges biztonsági szintet nyújtani. A nagy forgalmat ezek a megállók jelen kiépíttségükkel így nem tudják lebonyolítani úgy, hogy az utasok ne legyenek feleslegesen veszélyeknek kitéve. A cikk folyamán bemutattam öt olyan hazai megállóhelyet, melyek regionális vonal mentén helyezkednek el, a turisztikának hála pedig egyre növekvő, nagyobb mértékű utasforgalmat látnak el. Az öt említett megálló, Vinye, Árpádszállás, Szilvásvár-Szalajkavölgy, Porva-Csesznek és Drégelyvár, egy valamiben közös, kiépítettsége jelenlegi szintjén nem képes a növekvő forgalom biztonságos lefolyását biztosítani. Bemutatásra került a felsorolt megállók jelenlegi infrastruktúrája, az alacsony, nem kiépített, nem megfelelő hosszúságú peronok, a hiányos utastájékoztatás, a hiányzó biztonsági jelölések. A cikkben néhány egyszerű, és költségtakarékos javaslatot írtam le a biztonsági kockázatok csökkentése érdekében. Mivel ezen megállók komplett, mai igényeknek való felújítása 200-500 millió forintos tételekbe kerülne, nem várható meg, míg talán egyszer sorra kerülnek, alacsonyabb keretösszegekből szükséges a meglévő infrastruktúrát minél biztonságosabbá alakítani. Ennek egyszerű módja a minimális szintű sk+15 cm magasságú peronok kiépítése, és aszfalt vagy murvás burkolattal történő ellátása (10 000 Ft/m<sup>2</sup>), a biztonsági jelzések

egyértelmű kialakítása a megfelelő utastájékoztatással egybekötve, például leszállás helyét konkretizáló támogató táblák elhelyezésével. A javasolt sürgősebb beavatkozások költsége akár önkormányzati vagy civil források bevonásával is csökkenthető, ahogy erre a cikkben konkrét példát is hoztam. A megálló szilárd burkolattal történő ellátása megállónként 3 millió forint körül alakul, lényegében egy árban van az aszfaltos burkolat kialakítása a murvás burkolatével. A tájékoztató táblák és a felfestések ehhez képest minimális, néhány százezer forintos költséget jelentenének csak. A javaslatok kialakítása így megállónként nagyságrendileg 4 millió forintba kerülnének, kivétel Porva-Csesznek, ahol nincs szükség új peron építésére, itt mindössze a hiányzó utastájékoztatás pótlandó, mely 100-200 ezer forintból kivitelezhető. A projekt összes költsége így az öt vizsgált megállóra levetítve nagyságrendileg szám szerint 16,5, maximum 20 millió forintot igényelne, ami a helyi felajánlásokkal tehát tovább csökkenthető lenne.

### **Irodalomjegyzék**

- [1] <https://novekedes.hu/utazas/eledezik-a-hazai-turizmus> (2023.07.05.)
- [2] <https://www.mavcsoport.hu/mav-start/rekordszamu-utas-vonatozott-balatonhoz> (2023.07.05.)
- [3] Márkusné V. H. (szerk.): Az Esterházy család cseszneki ága, Veszprém Megyei Levéltár, 2013.
- [4] [www.bakonyszentlaszlo.hu](http://www.bakonyszentlaszlo.hu) (2023.07.05.)
- [5] [www.flickr.com](http://www.flickr.com) (2023.07.05.)
- [6] [www.google.com/maps](http://www.google.com/maps) (2023.07.06.)
- [7] <https://www.leedeo.es/l/risks-associated-station-platforms-behavior-passengers/> (2023.07.06.)
- [8] [https://www.meinbezirk.at/salzkammergut/c-lokales/cityjet-eco-prototyp-startet-in-oberoesterreich\\_a3664917#gallery=null](https://www.meinbezirk.at/salzkammergut/c-lokales/cityjet-eco-prototyp-startet-in-oberoesterreich_a3664917#gallery=null) (2023.08.29.)