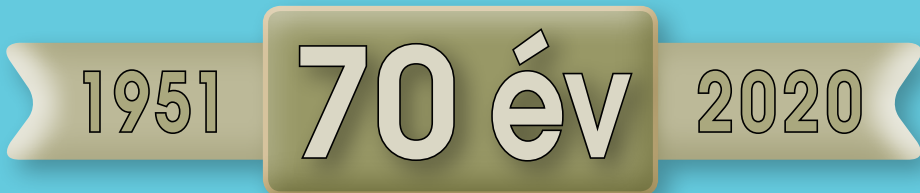


LXX. ÉVFOLYAM 5. SZÁM
2020. OKTÓBER

KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI SZEMLE



A KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI EGYESÜLET SZAKLAPJA
ALAPÍTVÁ 1951-BEN



A NÚSZ is csatlakozott a STRATOSZ-hoz

Budapest, 2020. június 11. – A Nemzeti Útdíjfizetési Szolgáltató (NÚSZ) Zrt. is csatlakozott az infrastruktúrát képviselő és közszolgáltatást nyújtó állami tulajdonú vállalatok egyik legerősebb munkaadói szövetségéhez, a STRATOSZ-hoz. A Stratégiai és Közszolgáltató Társaságok Országos Szövetsége a legnagyobb magyar állami vállalatokat tömöríti egy szervezetbe, és érdekképviseleti tevékenységét a hazain túl nemzetközi terepen is aktívan végzi.

„A NÚSZ Zrt. nemzetstratégiai szempontból kiemelt jelentőségű vállalatként különösen fontosnak tartja a koronavírus miatti veszélyhelyzet után a gazdaság szereplői közötti bizalom, valamint a közpénzből fenntartott ellátórendszerek erősítését, a folyamatos párbeszédet nemcsak a közlekedési szakma képviselőivel, hanem általánosságban a közszolgáltatást nyújtó szervezetekkel, amihez kiváló fórumot biztosít a STRATOSZ” – nyilatkozta a csatlakozásról szóló dokumentum aláírásakor *Bartal Tamás*, a NÚSZ Zrt. vezérigazgatója. „Az együttgondolkodás a lehetőségek körét szélesíti, a közös fellépés pedig a megvalósítást segíti, legyen szó bármilyen fejlesztési, innovációs kérdésről” – tette hozzá a vezérigazgató.

„Szövetségünk alapvető célja a magyar gazdaság fejlesztése mellett elkötelezett társaságok szakértelmének és tettekézségének koncentrációja. Érdekegyeztető és érdekképviseleti tevékenységünk mellett aktívan részt veszünk különböző hazai gazdasági tanácsadó szervezetek munkájában, és koordinációs szerepet vállalunk a háromoldalú bértárgyalásokban is. Erősségünk a tagjaink által hozzá adott értékekben rejlik, ezért különösen nagy öröm, hogy a NÚSZ Zrt. is csatlakozik hozzánk” – mondta *Dávid Ilona*, a STRATOSZ elnöke.

A STRATOSZ 1994-ben jött létre a stratégiai jelentőségű és közszolgáltató vállalatok országos gazdasági érdekképviseletként. Tagvállalatai a gazdaság olyan szektorait képviselik, mint a távközlés, közúti, vasúti és légi közlekedés, energia- és vízgazdálkodás. Jelenleg 21 tagszervezete van, köztük például a MÁV, a GYSEV, a HungaroControl, a Magyar Villamos Művek, vagy a Volánbusz Zrt., és most már a NÚSZ Zrt. is.

A STRATOSZ tagja a Nemzeti Gazdasági és Társadalmi Tanácsnak (NGTT), a Közszolgáltató Vállalkozások Konzultációs Fórumának (KVKF), valamint a Nemzeti ILO Tanácsnak, és komoly szerepet vállal a szakképzés tartalmi és esetleges strukturális átalakításában az Ágazati Készség Tanácsok (ÁKT) keretében. Emellett részt vesz a Nemzetközi Munkaügyi Szervezet (ILO – International Labour Organisation) munkájában.

KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI SZEMLE

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

Megjelenik kéthavonta
www.ktenet.hu

ALAPÍTOTTA:
a Közlekedéstudományi Egyesület

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

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

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

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

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

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

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

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

ISSN 0023 4362

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



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

TARTALOM

Erdősi Ferenc DSc

A világtörténelem legnagyobb nemzetközi közlekedésfejlesztési projektje 4

Dr. Tettamanti Tamás, Varga Balázs, Dr. Varga István

Budapesti sebességkorlátozások változtatásának hatásvizsgálata forgalomszimulációval 20

Mika Péter

Giroszkóppal kompenzált gyorsulás szenzoros járműtrajektória mérés 34

Pályázat 48

Kiegészítés 49

Melléklet

Közlekedésbiztonság -

Közlekedési környezetvédelem

Dr. Jankó Domokos

Közúti baleseti sérülések kockázata Magyarországon 50

Tisztelt Előfizető! Tisztelt Olvasó!

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

A világtörténelem legnagyobb nemzetközi közlekedésfejlesztési projektje

A szerző gondosan válogatott angol és német szakirodalmi háttéranyagra támaszkodva ismerteti a – közismert angol néven Belt and Road – közlekedési gigaprojekt megszületésének történelmi előzményeit, majd részletekbe menően elemzi az európai gazdasági szakértők szerint elsősorban Kína gazdasági expanzióját szolgáló "Új Selyemút" megvalósításának tengeri és vasúti közlekedési alternatíváit és eszközrendszerét.

DOI 10.24228/KTSZ.2020.5.1

Erdősi Ferenc DSc

professor emeritus
e-mail: erdosi@rkk.hu

1. BEVEZETÉS

Korábban a legrangosabb infrastruktúra-hálózat fejlesztések létesítményei (az észak-amerikai óceánok közötti pacific vasutak, az oroszországi Transzszibériai Vasút, a német autópálya-hálózat, a Kieli-csatorna stb.) az adott ország területén épültek és döntően a belföldi közlekedést, a tartományok közötti közlekedési kapcsolatokat szolgálták. Funkcionális szempontból kivételt képezett a világ-részek közötti tengerhajózás és kereskedelem érdekében megépített Szezei- és Panama-csatorna, azonban ezek is csupán egyetlen ország (Egyiptom, illetve Panama) területén allokálódtak. A 20. sz. elején az Oszmán Birodalom német segítséggel ugyan formálisan létrehozta a (Berlin)–Isztambul–Bagdad vasúti összeköttetést, de teljes hosszban nem közlekedtek rajta vonatok, a világháború után pedig az új államhatárok felszabdalták [1].

A lényegében kontinens nagyságú *Kínai Népköztársaság*, miközben a saját területét gazda-

gította a világ leghosszabb nagysebességű vasút és gyorsforgalmi úthálózatával, 2013-ban meghirdette a *több kontinensre kiterjedő „Egy út, egy övezet”* (One Road, One Belt) közlekedési infrastruktúra programját, amelynek elnevezése közben egyszerűsítve B&R-re (Belt and Road) módosult. Ezen belül az *Új Tengeri Selyemútra* vonatkozó rész az MSR rövidítés megnevezést vette fel. Médiumokban gyakran csupán „Új Selyemút” elnevezéssel illetik a tengerekre és szárazföldekre egyaránt kiterjedő teljes projektet [2].

2. A B&R ELŐZMÉNYEI

A középkori Selyemútnak nagy jelentőséget tulajdonítottak a 19/20. századi európai földrajztudósok is, többek között Ferdinand von Richthofen, aki 1877-től többször bejárta a belső- és közép-ázsiai selyemutat. Ma is többen visszautalnak a történelmi (valóság-ra) gyökerekre. Kínában és újabban Európában is sokszor emlékeztetnek a szerzők arra, hogy a 15. sz.-ban a Ming-dinasztia idején

Cseng (Zheng) tengernagy az európaiaknál nagyobb hajóival eljutott Kelet-Afrikába és kolóniákat is létesített. Gyakoriak az olyan vélemények, hogy Kína ma nem tesz mást, mint csupán visszaállítja egykori, az országhatárain túlra terjeszkedő hatalmát. A valóságban azonban a középkorhoz képest összehasonlíthatatlanul nagyobb területre kiterjedő, tartós és határidőhöz (2049-hez, a Kínai Népköztársaság kikiáltásának centenáriuma) kötött tervszerű expanzióról van szó.

A nosztalgikus „Új Selyemút” erős utalás és egyben romantikus reminiscencia a régmúlt értékeire, elmélyítve az irántuk érzett tiszteletet, miközben az utódja (többféle funkcióval felruházva) egy újfajta célrendszerben elhelyezkedve a mai Kína számára már mást jelent (még a jelentőségében is). Ezért csak bizonyos vonatkozásban és értelemben beszélhetünk a Selyemút reneszánszáról. Nobis [3] szerint ma is erős a historizáló politika által sugallt kölcsönkapcsolat hangsúlyozása az egykori és mai kreáció között, ezért nincs értelme firtatni, hogy „...az „Új Selyemút” lett-e tradicionálisabb, vagy az egykori Selyemút lett modernebb a mai nézetrendszerünkben” (p. 209).

A B&R legújabb kori előzményének tekinthető az ENSZ által már az 1960-as években kezdeményezett (Szingapúr–Isztambul viszonylatú) „Trans-Asian Railway (TAR)”, majd a Hillary Clinton-féle „Új Selyemút” [4].

Az amerikai álmokkal szemben (amelyekből nem sok minden valósult meg) Fardella [5] úgy látta, hogy a B&R maradt az egyetlen létező és működőképes, széles horizontú, nemzetközi kezdeményezés. *Kína először szűkebb körű regionális fejlesztési projektekkel* indította el 2000-ben nyugati irányban a gazdasági expanzióját. A „Western Development Strategy” célja az ország elmaradottabb nyugati tartományainak fejlesztése volt a közép-ázsiai országokkal való együttműködéssel. A vasúthálózatok összekötése, közös fejlesztése képezte a stratégia legfőbb eszközét [6].

3. A B&R CÉLRENDSZERE, ESZKÖZEI ÉS A KÍNA ÁLTAL VÁRT EREDMÉNYEI

Kína új kormányzata a születőben levő gazdasági/politikai szuperhatalom léptékeivel arányos mértékben újfajta globalizáció és világkormányzás megvalósítására törekszik [6]. Ebben megfelelő részvételt kell, hogy kapjanak az általa patronált elmaradott és feltörekvő országok [7]. Ugyan Kína generális céljának ilyenfajta megközelítésű interpretációját Noesselt [8] inkább csak intuitív terméknek véli, de ennek ellenére szerintünk az igazságtartalma jóval nagyobb a pusztá spekulációnál.

Kína globális ambícióját érthetővé teszi a világról alkotott „sinocentrikus” szemléletmódja, ami nem valamiféle túlhaladott történelmi örökség, hanem ma is érvényes, amikor a világ vezető hatalmának elnyerésére jó esélye van [9].

A B&R külső indítéka, hogy egyfajta alternatív módot érvényesítsen (a maga által kreált szabályrendszer alapján) a nemzetközi gazdasági/kereskedelmi kapcsolatrendszerben a „nyugati országokkal (az Egyesült Államokkal, Európával, sőt Oroszországgal) szemben az első-sorban Dél- és Közép-Ázsiában működtetett üzleti tevékenységében. Kínai hivatalos dokumentumok a szerteágazó célrendszert (és a különböző elemeit) természetszerűen diplomátikus narratívával adják elő. A legáltalánosabb megfogalmazásban a B&R célja a regionális és globális integráció elősegítése, magasabb szintre emelése, és ezzel Kínában és a vele kapcsolatban levő országokban a makrogazdasági növekedés, illetve a jólét elősegítése [10]. Ezért a B&R koncepciója pluralista – mivel célja a multipoláris világrend – és egyben nyitott minden ország csatlakozására.

Kína hangsúlyozza, hogy a kezdeményezésnek nincsenek politikai vagy katonai céljai, hanem a békés gazdaságfejlesztés a cél a kölcsönös tisztelet, a be nem avatkozás, az egyenlőség és a kölcsönös haszon (a win-win elv betartása) alapján [11].

Kína ugyan valóban ügyel arra, hogy a B&R kezdeményezés ne utaljon valamiféle katonai terjeszkedési törekvésre, azonban nyilvánvaló, hogy az interkontinentális gazdasági kapcsolati háló biztonságának megőrzése nem mindig sikerülhet bizonyos szintű katonai jelenlét nélkül.

Steck [12] úgy látta, hogy a B&R nem stratégia, de még csak vízió sem (pedig némelykor ilyen műfajnak nevezik a hivatalos kínai dokumentumok is), hanem folyamat. A *célok megvalósításának fő eszköze* a nemzetközi infrastruktúrákból és a velük kapcsolatos egyéb (társadalmi, gazdasági) komponensekből álló *komplex fejlesztőrendszer* létrehozása nagyszabású beruházásokkal, tudományos és kulturális együttműködéssel.

A B&R projekt természetesen nem választható el Kína erőteljes gazdasági szerkezetváltozásával és szociális problémáival kapcsolatos kényszerhelyzetektől sem. A hazai távolsági közlekedési infrastruktúra-hálózat és lakásépítési program befejeződésével kialakult építési/járműgyártási kapacitásfelesleg lekötéséhez piacokat kellett találni külföldön [13].

A kezdeményezés eredményes megvalósítása Pekinget a globális nemzetközi rendszer középpontjává teheti, mert a kínai gazdasági és politikai modell az elmaradott országokban a szegénység enyhítésében, gazdasági támogatásban jóval rugalmasabb és életképebb, mint az eddigi nyugati rendszerek. A *kínai modell érvényesülése* egy olyan új paradigma megvalósulásához vezethet, amely esélyt ad a globalizációs folyamattal járó anomáliák méréséklésére, kiegyensúlyozására [14].

A világ első kereskedő nemzete és második legnagyobb gazdasági hatalma „sarkára állt” az (egyelőre) szuperhatalom Egyesült Államokkal folytatott gazdasági, technológiai és a politikai befolyásolásra is kiterjedő versenyben [15].

4. SZEMIGLOBÁLIS KITERJEDÉS – TRILLIÓ DOLLÁROS FINANSZÍROZÁS

A B&R gigaprojekthez *csatlakozó országok körének alakulásában a távolságnak* (így a szom-

szedságnak) *csupán másodlagos szerepe volt*. A hosszú közös határ ellenére nem terjedt ki a dél-kínai tengeri szigetek hovatartozásával kapcsolatos nézeteltérések miatt Kínával szemben „elhidegült” és ráadásul Délkelet-Ázsiában középhatalmi vezető szerepre törekvő, szuverenitására nagy hangsúlyt fektető Vietnámról, sem a nagyhatalmi ambícióit nem is tagadó Indiára. A B&R kiterjedésének időbeni folyamatában viszont megállapítható bizonyos fokú összefüggés a glóbuszon való elhelyezkedéssel. (Legkésőbb a távoli térségek váltak részeseivé.)

2017-ben a 68 csatlakozott ország a világ népességének 65%-át, de GDP-jének csak a 40%-át képviselte. Tehát túlnyomóan a világátlagnál alacsonyabb jövedelmű országokat kooptált a kezdeményezés. 2019. áprilisig Kína 126 országgal és 29 nemzetközi szervezettel írt alá együttműködési dokumentumot [16]. Akkorra már Ázsián kívül Észak- és Nyugat-Afrika, a Karib-térség és Dél-Amerika több országa is a kezdeményezés részévé vált. Európában Görögország (2018. augusztus) és Olaszország (mint az első G7 tag) csatlakozása (2019. március) keltette a legnagyobb visszhangot, de még kevesebb megértés fogadta Svájc és Luxemburg szerződését [17].

A B&R (az elődeivel ellentétben) *erős finanszírozási háttérre számíthat*. A fél világra kiterjedő, rendkívül szerteágazó beruházási/fejlesztési tevékenységek teljes költségét az OECD csupán a 2017–2027. évi időszakra 1–3 trillió USD-re becsülte.

A külföldi beruházások a (többségükben) *kínai állami pénzüzetek/alapok által nyújtott* hosszú lejáratú kölcsönökből létesülnek, ezért kisebb a kockázaterékenyséjük mint a magántőke-befektetőknek.

A 2015-ben 100 milliárd USD tőkével alapított *Ázsiai Infrastrukturális Fejlesztési Bank* (AIIB) elsődleges rendeltetése az Ázsiában indokolt infrastruktúra-fejlesztési igények felmérése, a regionális integráció és a gazdasági fejlődés elősegítése, a társadalmi szolgáltatások elérhetőségének javítása és ezekhez a megfelelő hitelek biztosítása. Kína részesedése a részvényekből 26,63%. E bank 2016. januártól működik [18].

A *Selyemút Alap* (Silk Road Fund – SRF) bankoktól és az OPEC keretében folyó beruházásoktól független, kifejezetten a B&R-t szolgáló állami szerv, amelyet 2014. novemberben meglehetősen szerény (40 milliárd USD) tőkével alapítottak Pekingben.

Az *Új Fejlesztési Bankot* (New Development Bank – NDB) a BRIC-országok alapították 2014-ben 100 milliárd USD tőkével. *Kína* a többségi (41%-os) részvénytartóval és a bank központjának Sanghajba allokálásával vezető szerepet tölt be a nemzetközi pénzügyben [19]. Egyes esetekben a beruházások hitelezői között olyan rangos nemzetközi pénzügyesek is megjelennek mint az European Bank for Reconstruction and Development (EBRD) és a sanghaji Cooperation Organization Bank [20].

Miután nem csupán fejletlen (sőt kifejezetten szegény) és ráadásul politikailag bizonytalan országokban történik a közlekedési, energetikai és szociális infrastruktúra-beruházások többsége (ahol gyakran váltják egymást a Kínához való viszony tekintetében is különböző rezsimek), a befektetett tőke visszafizetésének (és még inkább nyereség elkönyvelésének) erős a kockázata. Nem csupán a fegyveres konfliktusok, hanem az egy pillérre (pl. olajkitermelésre és -iparra) épült nemzetgazdaságok körében is aggasztó helyzetek alakultak ki a

2010-es években a kínai beruházások számára (Szíria, Irán, Irak, Pakisztán, egyes kelet-közép-európai országok stb.). Az OECD számításai szerint 2017-ben 100 milliárd USD-nél nagyobb volt a kínai beruházókkal szembeni adósság összege, amelynek visszafizetése bizonytalanná vált.

Kína nagyszabású tengeri útvonal fejlesztési projektjének megértéséhez ismerni kell tengerhajózási szektorának teljesítőképességét.

5. KÍNA TENGERI SZÁLLÍTÁSI NAGYHATALOM

Felmerülhet a kérdés, hogy az MSR gigaterv megvalósításához a köztudatban szárazföldi birodalom a tengeri szállításhoz elegendő képességekkel rendelkezik-e?

A „világ ipari műhelyének” sajátossága, hogy (a szén kivételével) fosszilis energiahordozó és ipari nyersanyag szükségletének többségét tengerentúlról (Perzsa-öböl térségéből, Ausztráliából, Brazíliából, Afrikából stb.) kénytelen fedezni.

Kína igyekszik magát függetleníteni a külföldi szállítótársaságoktól, ezért a hajógyártásban az élbolyba küzdötte fel magát. (Kiváltképpen a 20 ezer TEU-nál nagyobb konténerhajók vízre

1. táblázat: A világ első tíz konténerkikötője sorrendjének alakulása, 1975–2017, millió TEU

1975-ben		1995-ben		2008-ban		2019-ben	
New York	1,73	Hongkong*	12,6	Szingapúr	29,9	Sanghaj	43,3
Rotterdam	1,08	Szingapúr	10,8	Sanghaj	28,0	Szingapúr	37,2
Kobe	0,90	Kaohsiung	5,2	Hongkong	24,5	Ningbo	27,5
San Juan	0,88	Rotterdam	4,8	Shenzhen	21,4	Shenzhen	25,8
Hongkong*	0,80	Puszan	4,5	Puszan	13,4	Guangzhou	23,2
Oakland	0,52	Hamburg	2,9	Dubai	11,8	Puszan	22,0
Seattle	0,48	Long Beach	2,8	Ningbo	11,2	Qingdao	21,0
Baltimore	0,42	Jokohama	2,8	Rotterdam	10,8	Hongkong*	18,3
Bréma	0,41	Los Angeles	2,6	Qingdao	10,0	Tiencsin	17,3
Long Beach	0,39	Antwerpen	2,3	Hamburg	9,7	Dubai	14,8

*Hongkong igazgatóság a Kínai Népköztársaság része, kikötője főként Kína külkereskedelmét szolgálja. *Forrás:* [21]

bocsátásával.) Tulajdon tekintetében (dwt-ben számolva) Kína kereskedelmi flottáját csupán Görögország és Japán előzi meg. A világ tíz legforgalmasabb tengeri konténerszállító vonala közül hat Kínából indul.

Az ország tengeri külkereskedelmi forgalma a kikötőiben összegződik. Az 1. táblázat adatai jól érzékeltetik Kína gazdaságának egyedülállóan gyors és óriási méreteket produkáló fejlődését. *Ma a világ tíz legnagyobb konténerkikötőjéből hét kínai.* (A hasonló népességszámú India kikötői közül egy sem szerepel a világ harminc legforgalmasabb konténerkikötője között.)

6. AZ ÚJ TENGERI SELYEMÚT (MSR)

A szárazföldi birodalom szerepre korlátozottan Kína jelenléte az óceánokon az 1980/90-es évekig szerény volt. Ma viszont Kína számára a B&R kezdeményezésen belül a tengeren elérhető (a szárazföldi sokszorosát kitevő számú) *nemzetgazdaságokkal létesíthető kapcsolatoknak azért van különleges jelentősége*, mivel külkereskedelmének több mint 90%-át a tengerhajózás bonyolítja le.

Az M&R két alapvető politikai/gazdasági célja:

- olyan politika folytatása, amely biztosítja a partnerországokkal való biztonságos kereskedelmi kapcsolat fenntartását a legkülönbözőbb tengeri útvonalakon, beleértve a természetes szorosokat és a nagy hajózási csatornákat;
- továbbá, hogy a tengeri útvonalak mentén a lehető legtöbb kikötőben szerezzenek kínai hajózási társaságok üzemeltetési koncessziót, ezzel megkönnyítve a piacok elérését [22].

E két cél ugyan formálisan különböző, azonban időnként a megvalósításukkor geopolitikai gyakorlatként kapcsolódnak össze. Az MSR a *világkereskedelem térbeli áttrendeződését gyorsítja azzal, hogy a tengeri forgalom súlypontja az Egyesült Államok által ellenőrzött Csendes- és Atlanti-óceánról lassan áttolódik a Kína által egyre jobban befolyásolt Indiai-óceánra, illetve a három kontinenst (Ázsiát, Afrikát és Európát) összefűző közlekedési útvonalakra* (1. ábra) [23].

Kína számára valamennyi interkontinentális hajózási útvonal közül az Ázsiát délről megkerülő és Európába vezető vált kiemelkedő fontosságúvá. E főútvonalon azonban több (geostratégiai szempontból érzékeny) szűkület (természetes tengerszoros, csatorna) mintegy „fojtópontként” időnként kritikus helyzetet teremt a tengerhajózás számára.

6.1. Az útvonal kritikus szakaszai, „fojtópontjai”

Az Európával összekötő útvonal része a *Szezici-csatorna* békeidőbeli használatának csupán a hajók mérete szab határt. A történelmi tapasztalatok arra intik Kínát, hogy *diplomáciai eszközökkel és a csatorna közelében logisztikai központok, ipari üzemek építésével jó viszonyt ápoljon Egyiptommal.*

A Vörös-tenger déli bejárata, a *Báb el-Mandeb-szoros* térségét mindaddig komolyan veszélyeztették a somáliai kalózkodók, ameddig nem jelentek meg néhány ország hadihajói. Legsikeresebbnek a kínai kontingens bizonyult [24].

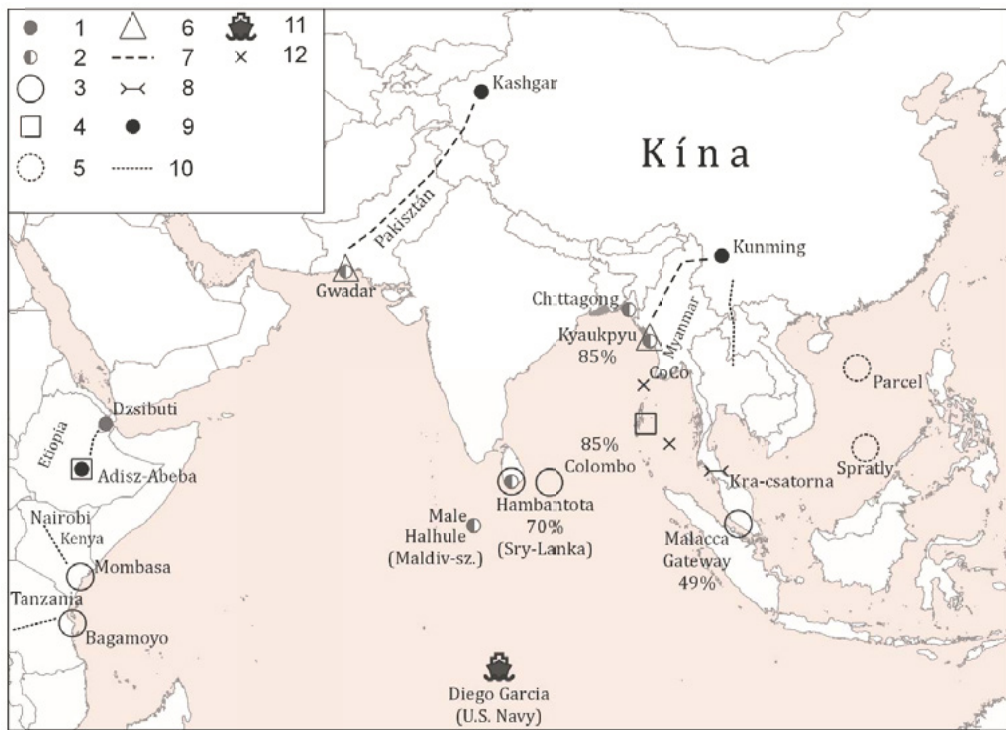
Még érzékenyebb pont Kína számára a *Hormuzi-szoros*, amelyen keresztül áramlik a Kína által importált olaj 80%-a [25].

A *tágabb értelemben vett Indiai-óceán ellenőrzésére* ugyan nem meglepő módon a nagyhatalommá avanzsáló *India tart igényt*, ám a messze legnagyobb erővel az utóbbi időkig az *U. S. Navy* van jelen támaszpontjaival (Diego Garcia-val a központjában) [26].

A globális tengerhajózás fővonalain lévő "fojtópontok" közül a Szingapúr és Indonézia közötti *Malaka-szoros a teljes áruszállítás volumenét tekintve is a legforgalmasabb, ráadásul a Panama-csatornát tizenkilencszer, a szueziti négyszer múlja felül az olajszállításban* [27]. Ezért forgalmi jelentősége és egyben használatának kockázata különlegesen nagy: a 21. századi Új Tengeri Selyemút megvalósíthatósága a tét.

Ugyan Kína a Pakisztánból és Mianmarból belső tartományai felé indított folyosókkal némileg képes csökkenteni a Malaka-szoroson

1. ábra: Kínai jelenlét az Indiai-óceán távolabbi térségében



Jelmagyarázat: 1 – Legális hadikikötő; 2 – Kínai hadihajókat időnként kiszolgáló kikötők; 3 – Kínai többségi tulajdon, százalékarány; 4 – Kínai manőverekhez igénybe vehető sziget; 5 – Kína és Vietnám által vitatott hovatartozású szigetcsoportok; 6 – Kínába vezető korridor kikötője; 7 – Szárazföldi korridor (szénhidrogén-vezeték, autótút, tervezett vasút); 8 – Tervezett hajócsatorna; 9 – Korridorvégpont kínai városok; 10 – Új, működő (Kína által épített) vasút; 11 – USA haditámaszpont; 12 – India haditengerészeti támaszpontjai szigeteken.

Forrás: több tanulmány adataiból szerkesztette a szerző.

áthaladó forgalmát, de radikális megoldást csak a Maláj-félsziget átvágásával létrehozott *Kra-csatorna* hozhatna.

Azonban a *megetarítható úthossz jelentéktelensége* miatt békeidőben a Távols-Kelet által generált forgalomnak csupán kis része venné igénybe a legnagyobb hajók áthaladását is lehető tevő mesterséges vízi utat [28]. Mindezek figyelembevételével a hangzatos és sokféle (politikai, tengerészeti) narratívában fellelhető *Malaka-dilemma tárgyilagosan megítélve tulajdonképpen nem létezik.* (A Szunda- és Lomboki-szoros átmeneti alternatíva lehet.)

Nem lehet megkerülni azt a kérdést, hogy *Kína számára hogyan alakul az általa nagymérték-*

ben előnyben részesített tengeri útvonal jelentősége. Válaszként a helyzet alakulását befolyásoló néhány tényező már felsorakoztatható. Ezek

- Kína gazdaság szerkezetének és exportkontingensének alakulása következtében a jóval kisebb anyagigényű termékek exportja csökkentheti az interkontinentális szállítás iránti igényt;
- A belső fogyasztás növekedése az export mérsékléséhez, de ugyanakkor nagyobb tömegű élelmiszer- és használati cikkek importához vezet immár Afrikából és Amerikából, míg Latin-Amerika a trópusi cikkek behozatalában a mainál rangosabb pozíciót foglalhat el;
- A transzeurázsiai („Új Selyemút”) szárazföldi pályák kapacitásának változása érde-

2. táblázat: A Tengeri Selyemút melletti, Kína számára kulcsfontosságú délkelet-, dél-ázsiai és afrikai kikötők főbb jellemzői

Kikötő (ország)	A bérleti idő hossza	Az érdekeltség részaránya	Megjegyzés
Colombo (Sri Lanka)	35	85	
Hambantota (Sri Lanka)	99	70	tömeges helyi tiltakozás, konfliktus a lakosság és a kormány között, pedig az ipari zóna munkahelyeket teremt
Gwadar (Pakisztán)	40	85	
Kvaukpu (Mianmar)	50	70	
Malacca Gateway (Malajzia)	99	49	
Kuantan (Malajzia)	60	▪	
Dzsibuti/Obock (Dzsibuti)	10	▪	haditengerészeti támaszpont a Báb el-Mandeb-szoros bejárata előtti Ádeni-öbölben
Muara (Brunei)	60	▪	
Feydhoo Finolhu (Maldív-szigetek)	50	▪	

Forrás: [21]

mileg nem befolyásolja az Indiai-óceánon átvezető déli tengeri útvonal jelentőségét. (A tengeri útvonalon esetleg bekövetkező krízis viszont komoly kihívást jelentene a szárazföldi útvonalak teljesítőképessége számára.);

- A jeges-tengeri északi hajóúton a 2020-as évek elején annyi áru mozog Ázsia és Európa között mint a transzázsiai vasutakon. Mindamellett az Arktisz-forgalomnak még sokáig csak gyenge elszívó hatása lehet az indiai-óceánira [28].

6.2. Az MSR kikötőállományának rendeltetése

Az angol világbirodalom a legértékesebb koronagyarmata, India, valamint a kiemelkedő stratégiai/kereskedelmi emporiumai (Szingapúr, Hongkong) eléréséhez vezető tengeri útvonal mellett Gibraltártól kezdve Máltán, Port Szaidon és Ádenen keresztül nem csupán hajóellátási, hanem haditengerészeti/katonai támaszpontokat is berendezett. *Kína most nem tesz mást, mint keleti irányból nyugat felé haladva alakítja ki a (különböző mértékben és módon birtokolt) kikötői láncot, amelynek segítségével hatékonyabbá és megbízhatóbbá teheti a mögöttes területek*

kel való kereskedelmét, vagy hozhat létre árugyűjtő/elosztó csomópontokat, forgalmi „fordítókorongokat”.

Az MSR meghirdetése óta 2018 végéig eltelt időszakban *kínai vállalatok már harminc ország ötven kikötőjében végeztek jelentősebb beruházásokat és vettek részt valamilyen szinten az üzemeltetésükben* [29]. A Sárga-tenger partjától Nyugat-Európáig tartó 13–14 ezer km hosszú tengeri út melletti kikötőláncon belül a hangsúlyt a kínai politika a *Vörös-tenger déli bejáratáig terjedő szakaszon* mindössze 8–10 kulcsfontosságú kikötőre helyezte, amelyekben *magas arányú részesedés* birtokában üzemeltetőként hosszú időre berendezkedett. A Kína által birtokolt (gateway és hub funkciójú) kereskedelmi kikötők általában alkalmasak az időnként megjelenő hadihajók kiszolgálására is.

A tengeri útvonal és kereskedelem védelmére (kalóztól is) a dzsibutibeli Obock hadikikötő és részlegesen a pakisztáni Gwadar rendezkedett be (1. ábra és 2. táblázat).

A kikötőüzemeltetési jogok megszerzésére irányuló kínai expanzió nagy hulláma a 2015–2017-es években söpört végig Ázsiában, Kelet-Afrikában és Európában.

3. táblázat: Kínai cégek részaránya, európai kikötők üzemeltetői társaságainak részvénytőkéjéből

Ország	Kikötő	Tőkerészesedés	Kínai befektető
Görögország	Pireusz	többségi (67%)	COSCO SP
Olaszország	Genova	kisebbségi (49,9%)	COSCO SP
Törökország	Izstambul	kisebbségi	COSCO SP
Spanyolország	Las Palmas	kisebbségi	COSCO SP
Hollandia	Rotterdam	kisebbségi (35%)	COSCO SP
Spanyolország	Valencia	többségi (59%)	COSCO SP
Spanyolország	Bilbao	kisebbségi	COSCO SP
Belgium	Zeebrügge	teljes (100%)	COSCO SP
Belgium	Antwerpen	kisebbségi (28%)	COSCO SP
Franciaország	Marseille	kisebbségi	China Merchant Ports
Málta	Marsaxlokk	kisebbségi	China Merchant Ports

Forrás: [33]

Erre különösen ott volt lehetőség, ahol a kikötő gazdaságilag ellehetetlenedett (nem utolsósorban a teljes műszaki elavultsága, erős forgalomcsökkenése miatt) és a tulajdonos állam nem volt képes a szükséges ráfordítások biztosítására. Ezért a kínai állami cégek az általuk nyújtott hitelből bővítették, korszerűsítették a kikötőket. Gyakran azonban elmaradt a kölcsön visszafizetése, és így a kikötőüzemeltető társaság a részvényeinek nagy részét kénytelen volt a kínai cégnek átadni [31].

Nyugati elemzők a legtöbb esetben „adósságcsapdáról” beszélnek. Ahol nem kerülhetett sor a beruházott tőke visszafizetésére, ott valóban csak ez lehetett a kompenzáció módja. Más kikötőkben pedig a kínai cégek „bevásárolták magukat” a kikötőbe, azaz részvények vételével váltak birtokossá.

E folyamat, Kína birtokhoz jutása a kikötőkben gazdaságilag különböző következményekkel járt. Többségükben növekedett a forgalom, ami nem csupán a vonzóbb berendezéseknek, hanem az óriási kínai tengeri társaságok hajói gyakoribb megjelenésének, a kereskedelem élénkülésének tulajdonítható. A leglátványosabb sikereket azok a kikötők

könnyelhetők el, amelyek forgalmi csomóponttá válhattak, vagy az óceánpartról egyenesen Kína belsejébe vezető, új közlekedési korridorok forgalomtápláló indulópontjainak szerepét tölthették be.

Európában már tucatnyi kikötőben van jelen a kínai tőke. Közülük eddig a legsikeresebbnek Pireusz bizonyult, ahol a 2005. évi 0,9 millióról 2019-re 5,1 millió TEU-ra szökkent fel a konténerforgalom – miután a COSCO (a legnagyobb kínai tengerhajózási társaság) ott rendezte be a kelet-mediterráneumbeli disztribúciós központját (3. táblázat) [32].

6.3. Nemzetközi reagálások az MSR-re

Részben a – közvetett vagy közvetlen módon – közrejátszó érdekektől és más tényezőktől befolyásoltan a kezdeményezés visszhangja a pártoló véleményektől az egészében megértő (ám egyes rész kérdésekben a kockázatokról sem megelégedező kritikus) hozzáállásokon keresztül a veszélyesnek láttató elutasításig terjedő széles skálán rendkívül sokféle.

Az anyagi csődtől megmentett (illetve fejlesztéssel kedvezményezett) aktuális kormányok Délkelet- és Dél-Ázsiában, Afrikában és

Dél-Európában áldásnak élték meg a kezdeményezést. (Utódjaik már gyakran más véleményen vannak.)

Az „Új Selyemút” terv létrehozásával szemben egészében megértő álláspontot képvisel Eszterhai Viktor [34], aki lényegében *lépték-azonosságot lát a globális nagyhatalmi pozícióra törekvő ország és az általa meghirdetett, sok országot felölelő program között*. Ugyanakkor a kockázatok/kihívások közül kiemeli a terv pénzügyi megalapozottságával kapcsolatos bizonytalanságokat, a terrorizmust, és a megfelelő végrehajtó struktúra hiányát.

A Selyemút „románca” kevés szereplőt nyer meg Nyugat-Európában, mert nem látják eléggé bizonyítottnak, hogy Európa is érdemben részesül a Kína által hirdetett, az MSR révén keltett fellendülésből. Ezért az ígéretekkel szembeni „passzív szkepticizmus” a jellemző a fejlett országokban.

Az EU magatartása meglehetősen ambivalens. Egyfelől Pekinget „rendszerbellelnak”, azaz az európai normákat figyelmen kívül hagyónak tekinti, és több európai ország óvatosan elhatárolódik a B&R-től. Ezzel szemben az EU egyes hivatalos dokumentumai világosan kifejezésre juttatják, hogy létfontosságú az infrastruktúra kapcsolatok fejlesztése a Kínával való együttműködés keretében [35].

Az MSR kezdeményezés leginkább az Indo-Pacific térség gazdasági hatalmainak körében tűnik nemkívánatosnak. Békeidőben Kína érdemi külső reakció nélkül tesztelheti gazdasági/katonai terjeszkedésének fizikai és politikai határait. Ebben látható módon nem értékeli különösebb akadálynak az Egyesült Államok, India, Ausztrália és Japán (és az általuk alkotott regionális szövetség) nem titkolt rosszalását. E négy „tengeri demokrácia” ugyan már 2004-ben létrehozta a „Négyszögletes Biztonsági Párbeszédet”; azonban csak évtized múltával jutottak oda, hogy felismerték a veszélyt és egyben a felelősségüket Kína rendkívül gyors terjeszkedésében a számukra is fontos térségben. Ezért immár „Quad 2.0” megnevezéssel szorosabbra fűzték szervezeti kapcsolatukat [36].

Közös céljuk, hogy egyeztetett módon (erősödő konvergenciával) tevékenykedjenek a szabad és nyitott Indo-Pacific régió érdekében. Azonban az általuk képviselt politikai és gazdasági potenciál még a 2010-es évek vége felé is alacsony szinten kihasznált és operacionalizált maradt.

Kína és a „Négyek” tagjai közötti közös problémákon túlmenően különlegesen is bőven adódnak. Így pl. abból, hogy *Délkelet-Ázsia déli szigetvilágán részlegesen átfedi egymást Kína és Ausztrália gazdasági érdekszférája*. Pápua Új-Guinea ásványi kincseire és mezőgazdasági terményeire mindkét fél beruházói igényt tartanak.

Indiát pedig (többek között) az nyugtalanítja, hogy déli térszomszédságában Sri Lankán a külkereskedelmével kapcsolatos disztribúciós feladatot ellátó Colombo és Hambantota kikötőben minden a kínai érdekek szerint történik. Ezért rendkívül gyors konténerterminál fejlesztéssel elérte, hogy 2019-ben Mumbaiban a transshipment aránya (a forgalomáttérelés következtében) már 48%-nál tartott.

Végző soron az MSR projektek nem kizárólag gazdasági/kereskedelmi indíttatásúak, mint ahogyan nem is csupán katonai érdekeket szolgálnak. Valószínű, hogy a rendeltetésük még kínai részről sem kiforrott, kialakulóban van. Ezért egyoldalúnak látszik az olyan megítélés, hogy az MSR a kínai vezetés által koncipiált átfogó nemzeti stratégia részeként – kizárólag a hatalomról és a befolyásolásról szól [37].

7. A VASÚTI KÖZLEKEDÉS HELYE A B&R KEZDEMÉNYEZÉSBEN

Összességében a szállítási volumen alapján a vasút súlya az MSR-hez képest erősen másodlagos szerepet tölt be. A B&R keretében működő és nagy teljesítményűvé fejlesztendő vasutak földrajzi funkcióik alapján három csoportot alkotnak:

- a Kínát (Közép-Ázsián és/vagy Szibérián keresztül) Európával összekötő transzeurázsiai földhid (Landbridge),
- az Indiai-óceán külföldi kikötői és Kína belső tartományai között épülő (a tengeri

útvonalat lerövidítő, a Malaka-szoros elkerülését lehetővé tevő) új vasutak,

- a Kínával földrajzilag összeköttetésben nem levő, de a B&R-hez csatlakozó ország számára kínai segítséggel épülő délkelet-ázsiai és afrikai vasutak.

Az első két csoport és a harmadik egy része a B&R 6 gazdasági folyosójának gerincét alkotja – a nemzetközi főutakkal együtt [38].

E folyosókat a hivatalos B&R koncepció helyi és regionális jelentőségű gazdasági és kulturális központokat felfűző *különböző mértékű fejlesztésre váró nemzetközi övezeteknek* tekinti.

8. A KÍNÁT EURÓPÁVAL ÖSSZEKÖTŐ TRANSZEURÁZSIAI SELYEMÚT

A világtengerektől elzárt közép-ázsiai országok hátrányaik mérséklése érdekében olyan nagy teljesítményű pályát igényeltek, amely a világ-gazdaság fejlett erőközpontjába (a legnagyobb beszerzési és értékesítési piacterületekre), illetve a globális gazdaságban eminens szerepet játszó kínai tengeri kikötőkbe vezet. Szándékuk találkozott az Európai Közösség gazdasági expanziós törekvéseivel, és 1993-ban Bakuban aláírták az érdekelt országok a TRACECA multilaterális egyezményt. Az EU-nak az volt a célja, hogy Oroszország elkerülésével természetesen rövidebb összeköttetést a FÁK-országokkal és a kínai kikötőkkel. Ugyan a közép-ázsiai országok között kisebb vonalkorrekciókkal és kétoldalú szerződésekkel helyenként javult a hálózat teljesítőképessége, a TRACECA nem váltotta be a hozzá fűzött reményt, az EU közreműködése is messze elmaradt az elvárttól.

2011-ben azonban létrejött a második kapcsolat Kína és Kazahsztán között (Khorgas), amely növelte az átrakó kapacitást a különböző nyomtávú hálózatok között.

Az attól délnyugati irányban Üzbegisztánon és Türkmenisztánon át közlekedő tehervonatok az iráni határon ismét nyomvonalváltásra kényszerültek. Iránból Törökországon keresztül Európába normálnyomtávú vasúti összeköttetés állt rendelkezésre. Azonban ezen belül a Van-tavon és a Boszporuszon kompok

igénybevételére kényszerültek a szerelvények. Semmivel sem volt vonzóbb a Türkmenisztán–Kaszpi-tenger–Kaukázus–Fekete-tenger változat a kaukázusi országok közötti harcok miatt. El is jelentéktelenedett Baku szerepe a nemzetközi tranzitban [39].

E helyzetben Kazahsztán megtalálta a modus vivendit azzal, hogy a saját területén keresztül északnyugat irányban vezető felújított fővonalan közlekedtetett nemzetközi tehervonatokkal az Uráltól délre eléri az oroszországi hálózatot.

Egyelőre Ukrajna helyett Belaruszon keresztül érik el a Kínából induló konténeronatok a lengyelországi (normálnyomtávú) hálózatot és azon keresztül Nyugat-Európát.

A 2010-es években ismét vonzóbbá váltak a déli vonalláncok több kulcsfontosságú szakasz megépülésének köszönhetően:

- kínai támogatással 2013-ra elkészült a Baku Kelet-Törökországgal (Kars) Tbiliszin keresztül összekötő (BTK) vasút,
- a Boszporusz alatt pedig 2015-ben a Marmaray-alagút, amely eleinte azonban csak Isztambul helyi és elővárosi kötőtpályás forgalmát szolgálta [40].

A hagyományos és legrövidebb Türkmenbasy–Baku viszonylatú vasúti komp működésének zavarait kihasználva *Kazahsztán Azerbajdzsánnal összefogva* korszerű hajókkal jól működő *kompvonalat szervezett Aktau és Baku között*. Ezzel lehetőség nyílt arra, hogy Kína és a Kaukázus térség/Törökország között konténeronatok közlekedjenek. E vonal értékét igazán az növelte, hogy Törökország a Marmaray-alagutat a transzeurázsiai útvonal szerves részévé léptette elő. Így 2019. októbertől a kínai kikötők és az európai desztinációk (pl. Prága, Lódz, Veneto) között közlekedő tehervonatoknak már nem kell kompokat igénybe venni Isztambulban [41].

Az immár NATO-tag Grúzia periférikus helyzetét új, nagy kapacitású kikötő (Anaklia) építésével igyekszik javítani, arra számítva, hogy közvetítője lehet a Fekete-tengeren keresztül zajló, Dél-Ukrajnát, Moldáviát és Romániát kiszolgáló kínai vonatkozású kombinált szállí-

tásnak [42]. Egyelőre Batumi/Poti-Konstanca viszonylatban a legintenzívebb a B&R transzeurázsiai folyosóba illeszkedő komphajózás [43].

Ugyan a Marmaray-alagú igénybevétele óta a Törökországon keresztül áramló tranzitforgalom többszöröződött, a Kína és Európa közötti vasúti konténerszállítás 68%-a még mindig a jól bevált Kazahsztán–Oroszország–Belarusz–Lengyelország vasúti összeköttetést vette igénybe 2018-ban [44]. Annak ellenére, hogy az Európai Bizottság és a Világbank által létrehozott Indicative Investment Plan Oroszországgal szemben előnyben részesíti a két kaukázusi országot, és hogy a „Baku International Sea Trade Port” társaság egy hatalmas, kialakulóban levő *szabadkereskedelmi zóna* irányítójaként létrehozta Alatban a termelési központját, amely közlekedési kapcsolatban van Törökországgal, az EU-országokkal, Iránnal, Indiával és Oroszországgal.

Kína a B&R szerkesztésekor és továbbfejlesztésekor nem foglalt egyértelműen állást a tekintetben, hogy melyik transzeurázsiai vonalváltozatot preferálja [45]. Ezt a magatartást érthetővé teszi a rendkívül sokirányú és időben változó külkereskedelme mind a tranzit-térsséggel (Oroszország, Kazahsztán, Közép-Ázsia, Irán, Törökország, kaukázusi országok, Belarusz), mind az európai desztinációkkal. Oroszország az ezredfordulón még arra számított, hogy a Kína által keltett forgalom nagyobb részét képes lesz a Transzsziib magához vonzani. (Meg is történt teljes hosszban a villamosítása és a kétvágányúsítása.) Ezzel szemben a transzsziibériai vasúti forgalomnak csupán 10–15%-a áramlik e klasszikus északi vonalon, kevesebb a tranzitból származó bevétele. (Az érem másik oldala, hogy nem nehezíti zsúfoltság a szibériai nyersanyagok, energia-hordozók tömeges exportját, továbbá a lakosság ellátásában egyre nagyobb szerepet játszó áruimportot.)

9. A KÍNA ÉS EURÓPA KÖZÖTTI (KÉTIRÁNYÚ) VASÚTI FORGALOM

Természetes, hogy a szárazföldi szállításra nagyobb gondot kell fordítani, de figyelembe kell

venni a reális lehetőségeket: egy széles nyomtávú, rendkívül hosszú szibériai vonat max. 80–100 TEU konténert képes mozgatni, a nagy hajók viszont 12–20 ezer TEU egységet. A hajóút részarányát radikálisan csak a Szezezi-csatorna használhatatlanná válása csökkentheti átmenetileg. Tehát továbbra is csupán *kiegészítő szerepet játszhat a vasút interkontinentális viszonylatban*; a fajlagosan nagy értékű és érzékeny áruk képezik a stabil tételt a szállítmányok körében.

Bár az eredeti, a szárazföldi közlekedésre alapozott „Új Selyemút” koncepcióban a vasút megkülönböztetett szerepet kapott és a konténeres forgalom századunkban megélenkült, értékalapon így is csak 2,1% a vasút részaránya, de tonnasúlyát tekintve még az 1,0%-ot sem éri el.

A transzeurázsiai nemzetközi vasúti teherforgalom letéteményesei elsősorban a konténerszállításra szakosodott vegyesvállalatok, melyek teljesítménye elérte az évi 370 ezer TEU-t.

A Kína és Európa közötti viszonylatokban az irányvonatok működése igazából századunkban bontakozott ki. 2008-ban a Foxconn indította az első vonatot Shenzhenből Európába. Ezt követően számos kínai kikötőből és a partoktól távoli nagy ipari központokból a német kikötők, sőt Olaszország, Spanyolország és Anglia (!) felé is igény mutatkozott a 12–20 nap menetidő igényű kombinált szállításra. Ebből 4–5 napot még mindig az országhatárokon való várakozás (vámvizsgálat, biztonsági ellenőrzés, mozdonycsere, a vasúti kocsik műszaki átvizsgálása, adminisztráció) veszi igénybe [46].

2018-ban 1470 irányvonat közlekedett 48 kínai és 42 európai desztináció között (azaz naponta átlagosan négy szerelvény) és szervezés alatt volt Vietnám bevonása is [47].

A forgalmi irányok erős egyensúlytalansága (nyugati 60–70%, keleti 30–40% közötti arány) miatt sok üres konténert kell visszaszállítani Európából, ami növeli a teljes szállítási költséget. A költségnövelő egyensúlytalanságot újabban mérsékli, hogy Kína egyre több európai árura tart igényt.

Legújabbban az *európai országok fele igénybe veszi az irányvonalak szolgáltatásait* a magasabb értékű és a szállításra fizikailag érzékeny árú (számítógép, nyomtató, monitor, tévékészülék stb.) *Kínából történő behozatalához*. Ezért e gyorsan bővülő vasúti szolgáltatásfajtának jótékony hatása van az e termékeket előállító, és egyre inkább Nyugat-Kínában (zömmel Csunking térségében) összpontosuló exportorientált iparágakra (pl. laptop gyártás). Ellenben az Európából Kínába irányuló exportra nincs különösebb hatása a vasúti kapcsolatoknak. A meglehetősen szerény tömegű szállítmányok *egyharmadát autóalkatrészek* képezik, miután Kína (jobbára európai és japán autóipari cégektől vett licencekre alapozottan) már a világ legnagyobb gépkocsiiparát működteti [48].

10. KÍNA KÜLFÖLDI NAGYSEBESSÉGŰ ÉS HAGYOMÁNYOS VASÚT-ÉPÍTÉSEI A B&R KERETÉBEN

Kína egyedülálló méretű és minőségű vasúti gerinchálózatának létrehozása közben kiforrott műszaki/építési tapasztalatok és technológiai megoldások birtokában közel 10 ezer km hosszú vasúttal gazdagítja *Ázsia és Afrika fél tucat országát*. Technológiai felkészültségére utal, hogy a Shinkansen-nél nagyobb maximális sebességet érnek el szupervonatai.

Az új, nagyjából már épülőfélben levő *hagyományos és nagysebességű* vasutak orosz-lánrésze a gazdasági nagyhatalomhoz ezernyi szállal kötődő érdekszférájában, *Délkelet-Ázsiában összpontosul*. Az ottani új pályahálózat része az ENSZ Gazdasági Bizottságának támogatását élvező Trans-Asian Railwaynek. A Kínához viszonyított földrajzi helyzetük alapján e vasutak három csoportot alkotnak.

a) A Kínával földrajzilag kapcsolatban nem levő Indonéziában épül az ország első nagysebességű vasútja Dzsakarta (főváros) és a nemzetközi tanácskozások embematikus városa, Bandung között [49]. A világ legrövidebb (140 km) „szóló” nagysebességű vasútjának tenderét Japánnal szemben Kína azzal nyerte el, hogy nem kért állami kezességvállalást.

b) A Kínával szárazföldön összeköttetést létesítő vasutak/pályalánccok

ba) *Malaka-szoros kiiktatását, elkerülését célzó vasutak*

- Mianmarban, a Bengáli-öböl partján kifejlesztett Kyaukpyu kikötőből induló és a periférikus fekvésű kínai Kunming közötti energiakorridorot kiegészítő vasút építéséről kötött szerződést Kína előbb-utóbb valóra váltja.

- A pakisztáni Gwadar kikötőt a nyugat-kínai Kashgarral összekötő vasút tervei is megvalósításra várnak [50].

bb) A *Szingapúr-Malajzia-Thaiföld-Laosz-Kína* (műszakilag egyelőre összehangolatlan) heterogén 3000 km-nél is hosszabb vasúti összeköttetés Kína szempontjából akár csupán presztízs beruházásnak is tűnhet, azonban valójában a kényyszerhelyzet produktuma. A már említett Kunming számára a vietnámi Haiphong kikötő ugyan jóval közelebb van mint Bangkok, azonban a Vietnámmal elhidegült politikai viszony miatt ez az opció kimaradt a tervezésből. Ezért Kínából Laoszon keresztül Thaiföld felé indult el a vasútépítkezés 2016 decemberében (Laosz a kevés vasút nélküli országok egyike volt). A fővárosig (Vientiane) tartó szakasz munkálatai 2021-ben fejeződnek be. Költségének 70%-át Kína állja, míg a többi 30%-ot Laosz ásványi nyersanyagexportból fedezi. Ezzel Kína Mianmar mellett már Thaiföld kikötőit is igénybe veheti Jünnan és Kujcsou tartományok számára. Ezekhez képest a malajziai kikötők és Szingapúr a távolságuk miatt gateway szerepet érdemi mértékben nem játszanak a kínai külkereskedelemben, viszont a kínai mélyépítő vállalatok számára nagy nyereséget ígérő a több országon végigvonuló vasúti összeköttetés tervezése és kivitelezése. Csupán a thaiföldi nagysebességű hálózat hossza eléri a japán 55%-át, de a malajziai új vasutak hossza is meghaladja az 1000 km-t [51].

A Kína által Afrikában tucatnyi országban épített vasutak közül jelentőségében az etióp fővárost Dzsibuti kikötővel összekötő igen gyenge vonal teljes átépítése, Nigériában Abuja és Kaduna között az ország első normálnyom-

távú pályájának 2019. januárban történt átadása, valamint a kenyai fővárost, Nairobót az ország legnagyobb kikötőjével összekötő 470 km hosszú vasút vezet [52].

11. ÚJ HELYZET? (NYITOTT KÉRDÉSEK)

Elterjedt az a nézet 2020 tavaszán, hogy a *pandémia leküzdése* után átalakul a világ gazdaság:

- a globalizációs folyamatok sokat veszítenek hajtóenergiájukból; nevezetesen a távolsági gazdasági/turisztikai kapcsolatok elerőtlenednek, lazul a meghatározó gazdasági erőközpontoktól való függés, miközben
- a helyi, illetve nemzetgazdaságok felértékelődnek ellátási, értéktermelési és foglalkoztatási szempontból is.

Kínára vonatkoztatva ez azt jelenti, hogy igen csak csökken a szerepe a világ iparcikk ellátásában. Drasztikus kivétel visszaesés után a termelés szinten tartása csak a belső fogyasztás lényeges növelésével lehetséges.

Kérdés, hogy a kényszeredett befelé fordulás meddig tart, milyen hatással lehet a B&R projekt 2049-ig történő befejezésére. Úgy gondoljuk, hogy a tengeri export visszaesése csak addig tart, ameddig a világ gazdasági krízis. Feltételezhető, hogy Kína külkereskedelme ugyan hosszabb távon is elmarad a 2019. évitől, de világszintű pozícióját megőrzi.

Nehezen elképzelhető, hogy a B&R-be befektetett óriási összegek megtérüléséről, a több világrészen létesített (kész és épülőfélben levő) hatalmas közlekedési infrastruktúráról Kína lemondjon. Sőt, a gazdasági nehézségeket kihasználva a kínai kikötőüzemeltető és tengerhajózási társaságok tovább terjeszkedhetnek még Európa kikötőállományában is.

A pandémiát a legkisebb veszteség árán maga mögött tudó gazdasági (és legújabbban technológiai) világhatalom tervszerűen dolgozik az amerikai felváltó „sinoglobalizáció” megvalósulásán, amelynek *conditio sine qua nonja* a saját kezben levő globális közlekedési/távközlési hálózat.

12. ÖSSZEFOGLALÁS

Gazdasági szuperhatalomként a globális kereskedelemben Kína megelőzte az Egyesült Államokat. A legnagyobb partnerével, Európával összekötő tengeri útvonal hajózhatóságát időnként különféle történések nehezítik, ahogyan a transzeurázsiai korridorokat is. Exportvezérelt gazdasága Kínát arra készítette, hogy minimalizálja nemzetközi szállítási útvonalai használatának kockázatát. Ezért 2013-ban meghirdette a három kontinensre kiterjedő, 2049-ig tartó „Övezet és Út” szemiglobális infrastruktúra-fejlesztési gigaprojektet trillió dollár nagyságrendű finanszírozási háttérrel.

A tengeri útvonal biztonságát Kína a kikötőkben való masszív gazdasági (szükség esetén haditengerészeti) jelenléttel, az adott ország lojalitását pedig jelentős, a fejlődést elősegítő beruházásokkal segíti elő. Mindemellett a világ legnagyobb működő tőke „exportöréként” gazdasági hatása még Nyugat-Európa kikötőrégióiban is érvényesül.

A transzeurázsiai vasutak több változatban kínálnak konténer irányvonatokkal összeköttetést félszáz kínai és ugyanennyi európai desztináció között. A széles és normálnyomtáv váltakozásából adódó gondok ellenére a gazdasági struktúraváltás nyomán növekszik a nagy értékű és időérzékeny műszaki cikkek vasúti forgalma. Új fejezet kezdődhet, ha Kína létrehozza a tervezett nagy teljesítőképességű normálnyomtávú vasutat Közép-Európaig.

A pandémia után a globalizáció hajtó ereje gyengülhet, és Kína gazdasága (a belföldi fogyasztás növekedése mellett) már kevésbé lesz exportorientált. Azonban Kína nem mond le a B&R gigaprojekt befejezéséről, mert az amerikai felváltó sinoglobalizáció nélkülözhetetlen eszköze a saját kezben levő globális közlekedési hálózat.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Erdősi F. (2017): A Közel-Kelet közlekedése. Publikon Kiadó, Pécs.
- [2] Kuo, L., Kommenda, N. (2008): What is China's Belt and Road Initiative? The Guar-

- dian, július 30. <https://www.theguardian.com/cities/ng-interactive/2018/jul/30/what-china-belt-road-initiative-silk-road-explainer>
- [3] Nobis, A. (2017): The New Silk Road, Old Concepts of Globalization, and New Questions. *Open Cultural Studies*, 1. p. 203–213.
- [4] Clinton, H. (2011): Remarks on India and the United States: A Vision for the 21st Century. <https://2009-2017.state.gov/secretary/20092013clinton/rm/2011/07/168840.htm>
- [5] Fardella, E., Prodi, G. (2017): The Belt and Road Initiative Impact on Europe: An Italian Perspective. *China & World Economy*, Vol. 25. No. 5. p. 125–138. DOI: <http://doi.org/d7gf>
- [6] Miller, T. (2017): China's Asian Dream: Empire Building along the New Silk Road. Zed Books, London.
- [7] Frankopan, B. (2019): Die neuen Seidenstraßen: Gegenwart und Zukunft unserer Welt. Rowohlt, Berlin.
- [8] Noesselt, N. (2018): Die „Neue Seidenstraße“ zwischen Mythos und Geopolitik. *Budrich Journals*, 2. p. 191–202. DOI: <http://doi.org/d7gg>
- [9] Woetzel, J., Seong, J., Leung, N., Ngai, J., Manyika, J., Madgavkar, A., Lund, S., Mironenko, A. (2018): The relationship between China and the world. McKinsey & Company.
- [10] Vision and Actions on Jointly Building Silk Road Economic Belt and 21st-Century Maritime Silk Road. Issued by the National Development and Reform Commission, Ministry of Foreign Affairs, and Ministry of Commerce of the People's Republic of China, with State Council authorization, March 2015, II. Principles. http://en.ndrc.gov.cn/newsrelease/201503/t20150330_669367.html
- [11] Wang, Y. (2018): The Belt and Road: What Will China Offer the World in Its Rise. New World Press, Peking
- [12] Steck, G. (2018): China's Belt and Road Initiative is Neither a Strategy, Nor a Vision. It is a Process. European Institute for Asian Studies, Brussels.
- [13] China and the world: Inside the dynamics of a changing relationship. McKinsey Global Institute, July 2019.
- [14] Fardella, E., Prodi, G. (2017): i. m.
- [15] Lee, F. (2019): China: Hinter der Seidenstraße steckt Geopolitik. *Südkurier*, 02. Mai. <https://www.suedkurier.de/ueberregional/politik/Hinter-der-Seidenstrasse-steckt-Geopolitik;art410924,10135531>
- [16] Eszterhai V. (2016): Az „Új Selyemút” terv. *Eszmélet*, 28. évf. 109. sz. p. 116–131.
- [17] Stephens, T. (2019): Swiss president strengthens economic ties with China. *swissinfo.ch*. 28 May 2019. https://www.swissinfo.ch/eng/state-visit_swiss-president-strengthens-economic-ties-with-china-/44926898.
- [18] YU, H. (2017): Motivation behind China's 'One Belt, One Road' Initiatives and Establishment of the Asian Infrastructure Investment Bank. *Journal of Contemporary China*, Vol. 26. No. 105. p. 353–368. DOI: <http://doi.org/gfwnkx>
- [19] Klemensits, P. (2017): China and the 21st Century New Maritime Silk Road. Belt & Road Center, 23 October <http://beltandroadcenter.org/2017/10/23/china-and-the-21st-century-new-maritime-silk-road/>
- [20] van der Putten, F-P., Meijnders, M. (2016): China, Europe and the Maritime Silk Road. Clingendael Institute, Hague. https://www.clingendael.org/sites/default/files/pdfs/China_Maritime_Silk_Road.pdf
- [21] ISL Shipping Statistics Yearbook – Bremen 1975–2019. évi kötetei.
- [22] Green, M. J. (2018): China's Maritime Silk Road: Strategic and Economic Implications for the Indo-Pacific Region. CSIS, 2 April. <https://www.csis.org/analysis/chinas-maritime-silk-road>
- [23] Seidler, F. (2013): Maritime Machtverschiebungen im Indo-Pazifischen Raum: Geopolitische und strategische Trends. *Kieler Analysen zur Sicherheitspolitik* Nr. 33 Januar. Institut für Sicherheitspolitik an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- [24] Szechenyi, N. (szerk.) (2018): China's Maritime Silk Road. Strategic and Economic Implications for the Indo-Pacific Region. Center for Strategic & International

- Studies.
- [25] Erdősi F. (2013): A közeledő Távol-Kelet. Publikon Kiadó, Pécs.
- [26] Axe, D. (2019): Diego Garcia: Why This Base Is About To Get Much More Important to the U.S. Military. *The National Interest*, February 26. <https://nationalinterest.org/blog/buzz/diego-garcia-why-base-about-get-much-more-important-us-military-45682>
- [27] Petróczki M. (2019): A Malaka-szoros és a Thai-csatorna geopolitikai harca. *Biztonságpolitika*, április. 3. <https://biztonsagpolitika.hu/egyeb/a-malaka-szoros-es-a-thai-csatorna-geopolitikai-harca>
- [28] Schröder, B. (2018): Wie China das Malakka-Dilemma umschiffen will. <https://www.heise.de/tp/features/Wie-China-das-Malakka-Dilemma-umschiffen-will-4038728.html?seite=all>
- [29] Data Tell: Ports light up the 21st Century Maritime silk Road. <https://www.hellenicshippingnews.com/data-tells-ports-light-up-the-21st-century-maritime-silk-road/>
- [30] Unraveling the Maritime Silk Road. Belt and Road, New January 5, 2019. <https://www.beltandroad.news/2019/01/05/unraveling-the-maritime-silk-road/>
- [31] China Unveils Action Plan on Maritime Silk Road. <https://www.marinelink.com/news/maritime-unveils-action388448>
- [32] China's COSCO Plan: Make Piraeus Europe's Biggest Port. *The National Herald*, November 18, 2019. <https://www.thenationalherald.com/268879/chinas-cosco-plan-make-piraeus-europes-biggest-port/>
- [33] Pandya, S., Tagliapietra, S. (2018): China's strategic investments in Europe: The case of maritime ports. <https://www.bruegel.org/2018/06/chinas-strategic-investments-in-europe-the-case-of-maritime-ports/>
- [34] Eszterhai V. (2016): i. m.
- [35] Investment Plan for Europe (2015). European Investment Bank. https://www.eib.org/attachments/thematic/investment_plan_for_europe_en.pdf
- [36] Gale, J. B., Shearer, A. (2018): The Quadrilateral Security Dialogue and the Maritime Silk Road Initiative. In: Szechenyi, N. (ed.): *China's Maritime Silk Road*. Center for Strategic & International Studies, p. 30–33.
- [37] Mohan, G. (2018): Gefährliches Spiel um die Vorherrschaft im Indischen Ozean. *Neue Zürcher Zeitung*, 26. Mai. <https://www.nzz.ch/meinung/gefahrlisches-spiel-um-die-vorherrschaft-im-indischen-ozean-ld.1382515>
- [38] Derudder, B., Liu, X., Kunaka, C., Robers, M. (2014): The connectivity of South Asian cities in infrastructure networks. *Journal of Maps*, Vol. 10. No. 1. p. 47–52.
- [39] Erdősi F. (2013): i. m.
- [40] Erdősi F. (2017): i. m.
- [41] Calabrese, J. (2019): Setting the Middle Corridor on track. <https://www.mei.edu/publications/setting-middle-corridor-track>
- [42] Welt, C. (2019): Georgia: Background and U.S. Policy. CRS Report for Congress. <https://www.hsdl.org/?view&did=830625>
- [43] Grampet partners with ASCO to open Constanta-Batumi shipping route. *Ship Technology*, October 24. <https://www.ship-technology.com/news/grampet-asco-constant-batumi-shipping/>
- [44] Kazakhstan expects more containers from China. *Rail Freight.com*. 23.01.2020. <https://www.railfreight.com/beltandroad/2020/01/23/kazakhstan-expects-more-containers-from-china/>
- [45] Knowler, G. (2019): Maersk ocean-rail service adds new wrinkle to Asia-Europe. *Journal of Commerce*, August 7. https://www.joc.com/rail-intermodal/maersk-ocean-rail-service-adds-new-wrinkle-asia-europe_20190807.html
- [46] Rodemann, H., Templar, S. (2014): The enablers and inhibitors of intermodal rail freight between Asia and Europe. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 4 (3) p. 70–86. DOI: <http://doi.org/d7gh>
- [47] China-Europe Freight Train Service Extended Southwards to Vietnam. *Xinhua Net*, 18 March 2018. http://www.xinhuanet.com/english/2018-03/18/c_137047977.htm
- [48] Hoefler, C. (2019): Die stählerne Seidenstraße wächst rasant. <https://www.manager-magazin.de/lifestyle/artikel/>

seidenstrasse-gueterzugverkehr-aus-china-nimmt-deutlich-zu-a-1272676.html

- [49] Jakarta-Bandung railway project won't meet target, Minister. (<https://www.thejakartapost.com/news/2018/02/19/jakarta-bandung-railway-project-wont-meet-target-minister.html>)
- [50] Kanwal, G. (2018): Pakistan's Gwadar Port: A New Naval Base in China's String of Pearls in the Indo-Pacific. CSIS, April 2. <https://www.csis.org/analysis/pakistans-gwadar-port-new-naval-base-chinas-string-pearls-indo-pacific>

- [51] Back on track: ECRL to resume at RM 44 billion. New Straits Times, 12 April 2019. <https://www.nst.com.my/news/nation/2019/04/478726/back-track-ecrl-resume-rm-44-billion>
- [52] Xinhua Headlines: One year on, Chinese-built railway revitalizes regional trade in Kenya. Xinhua Net. 1 June 2018. http://www.xinhuanet.com/english/2018-06/01/c_137223294.htm



The largest international transport development project in the world history

The article introduces to Hungarian readers the semiglobal transport infrastructure development giga project (until 2049) announced by China (2013), the economic superpower, and its expected effects. For its export-oriented economy and other reasons, it is vital for China to minimize the risk of using the sea route to Europe and to the trans-European railways. Therefore, the author has mostly a permissive attitude toward the Chinese ownership of many port in the Indian Ocean and Europe that are occasionally servicing warships as well.

Although the acquisition of some ports is not in conflict with international law, but its non-ethical approach also generally brings economic benefits to the countries concerned. Due to their lack of interoperability, rail corridors are in need of the container transport of high-value technical goods. The author presumes (as opposed to many "predictions") that the coronavirus epidemic will not bring about a substantial change is freight transport between China and Europe in the medium term (due to interdependence). As the main patron of underdeveloped countries, China endeavors to create a robust infrastructure in Asia and Africa.

It can be assumed that China will not give up on Sino globalization, which will replace American-type globalization, even in the post-pandemic changing world economy. It is therefore completing its global transport network.



Das größte internationale Verkehrsentwicklungsprojekt der Weltgeschichte

Der Artikel stellt den ungarischen Lesern das von China (2013) angekündigte semiglobale Giga-Projekt zur Entwicklung der Verkehrsinfrastruktur (bis 2049), die wirtschaftliche Supermacht und ihre erwarteten Auswirkungen vor. Wegen der exportorientierten Wirtschaft und aus anderen Gründen ist es für China von entscheidender Bedeutung, das Risiko der Nutzung des Seewegs zu Europa und zu den transeuropäischen Eisenbahnen zu minimieren. Daher hat der Autor größtenteils eine freizügige Haltung gegenüber dem chinesischen Besitz vieler Häfen im Indischen Ozean und in Europa, die gelegentlich auch Kriegsschiffe bedienen.

Der Erwerb einiger Häfen steht zwar nicht im Widerspruch zum internationalen Recht, aber sein unethischer Ansatz bringt den betroffenen Ländern im Allgemeinen auch wirtschaftliche Vorteile. Aufgrund ihrer mangelnden Interoperabilität benötigen Eisenbahnkorridore den Containertransport hochwertiger technischer Güter. Der Autor geht (im Gegensatz zu vielen „Vorhersagen“) davon aus, dass die Coronavirus-Epidemie mittelfristig (aufgrund der gegenseitigen Abhängigkeit) keine wesentliche Änderung des Güterverkehrs zwischen China und Europa bewirken wird. Als Hauptpatron der unterentwickelten Länder strebt China an, eine robuste Infrastruktur in Asien und Afrika aufzubauen.

Es ist davon auszugehen, dass China die chinesische Globalisierung nicht aufgeben wird, die die Globalisierung nach amerikanischem Vorbild ersetzen wird, selbst in der sich durch die nach der Pandemie verändernden Weltwirtschaft. Damit vervollständigt es sein globales Verkehrsnetz.

Budapesti sebességkorlátozások változtatásának hatásvizsgálata forgalom-szimulációval

A közúti közlekedési torlódások mára gyakorlatilag mindennaposá váltak a nagyvárosok útjain a világ minden táján. A jelenség magyarázata egyértelmű: a közlekedési hálózatok kapacitása csúcsidőben telítődik, így a fokozódó igények nem szolgálhatók ki megfelelően még akkor sem, ha pl. forgalomfüggő jelzőlámpás irányítás működik. A helyzet javításán többféle módszerrel kísérleteznek, többféle módszerrel kísérleteznek, pl. sebességkorlátozás alkalmazásával. A cikk ezen intézkedési lehetőség hatásvizsgálatával foglalkozik.

DOI 10.24228/KTSZ.2020.5.2

Dr. Tettamanti Tamás – Varga Balázs – Dr. Varga István

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar, Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék
e-mail: tettamanti@mail.bme.hu, varga.balazs@mail.bme.hu, ivarga@mail.bme.hu

1. BEVEZETÉS

A városi közúti forgalom és az externáliák csökkentésére számos intézkedés áll rendelkezésre: parkolásszabályozás, behajtási korlátozás, közösségi közlekedés előnyben részesítése, forgalomtechnikai beavatkozások, sebesség-szabályozás. A cikk ez utóbbi vizsgálatával foglalkozik.

Az elmúlt évtizedekben a világ több nagyvárosában vezettek be speciális intézkedéseket, amelyek célja a megengedett maximális sebesség csökkentése a városok közúthálózatán (vagy a részhálózatokon). Az intézkedéseket a közlekedésbiztonság növelése, a környezettudatosság és a módváltások ösztönzése motiválta [1], [2], [3], [4]. Ezen intézkedések általában a fő- és gyűjtőút-hálózati szerepkört betöltő

útvonalak esetében az alábbi sebességkorlátozások bevezetését jelentette:

- 50 km/h-ról 30 km/h-ra történő csökkentés belvárosi/lakóövezeti területeken;
- 80 vagy 70 km/h-ról 60 vagy 50 km/h-ra történő mérséklés városi főutakon (pl. autópálya bevezető szakaszok).

A megengedett sebességhatár módosításától a döntéshozók általában az externáliák csökkenését és közlekedésbiztonság növelését várják, ugyanakkor fontos a lehetséges intézkedések kimenetelét komplex szemléletben – közlekedésmérnöki eszközökkel - is megvizsgálni. Azaz a várható baleseti statisztika változása mellett objektív módon kell megvizsgálni a sebességcsökkentés légszennyezésre, zajterhelésre, eljutási időre (átlagsebességre), forgalmi kapacitásra, ill. torlódásra vonatkozó hatásait is.

Mivel ezen paraméterek változása – egy adott forgalomtechnikai intézkedés után – jellemzően nem egy irányba történik, több kritériumot és társadalmi/gazdasági szempontokat is érdemes figyelembe venni egy esetleges sebességsökkentési intézkedés foganatosítása előtt.

A cikkünkben ennek megfelelően a városi sebességhatár csökkentésének hatásait értékeljük validált, mikroszkopikus forgalomszimulációs szoftver (PTV VISSIM) alkalmazásával. A vizsgálatokat két városi teszhálózatra végeztük el:

- Jellemző belvárosi úthálózat forgalomszimulációja (Nagykörút): 50-ről 30 km/h-ra történő csökkentés hatásvizsgálata.
- Jellemző városi gerincút forgalomszimulációja (Nagykörösi út): 70-ről 50 km/h-ra történő csökkentés hatásvizsgálata.

A szimulációs analízis során alapvetően arra kerestük a választ, hogy a megengedett legnagyobb sebesség csökkentése milyen hatással lehet a közúti forgalomtechnikai és emissziós paraméterekre. A vizsgálatokat különböző forgalomnagyságok mellett végeztük el, de az egyszerűség kedvéért a változó forgalommiatti módváltási hatásokat elhanyagoltuk. Ugyanakkor a módváltásra gyakorolt hatást érdemes a későbbiekben modellezni, hiszen annak is fontos ösztársadalmi hatása van.

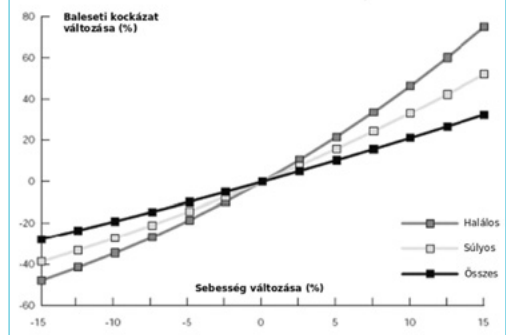
2. A SEBESSÉGHATÁR CSÖKKENTÉSÉNEK HATÁSAI, TAPASZTALATAI A NEMZETKÖZI TANULMÁNYOK TÜKRÉBEN

A nemzetközi szakirodalmat áttekintve egyes kép rajzolódik ki a városi sebességsökkentés hatásait illetően. A terület rendkívül széles spektruma és sokszor némileg egymásnak ellentmondó szakirodalma miatt, a releváns irodalomból az alábbiakban csak néhány jelentősebb szakcikk legfontosabb eredményeit emeljük ki egyfajta lényegi betekintésként a témába.

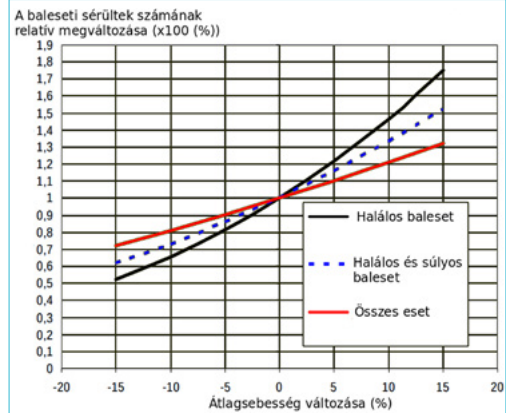
A sebességsökkentés és a balesetek közötti összefüggés egyértelmű a szakirodalmi tapasztalatok alapján. Nilsson [2] tanulmánya töb-

bek között a sebességsökkentés és a balesetek súlyossága közötti kapcsolatot vizsgálta svéd statisztikai adatok alapján. Az eredmények – más szakirodalommal összhangban arra mutatnak, hogy erős korreláció van a baleseti kockázat, ill. a baleseti súlyosság és a sebességkorlátozás értéke között (lásd 1. és 2. ábrák).

1. ábra: Az átlagsebesség változása és a baleseti kockázat közötti összefüggés (forrás: [2])



2. ábra: Az átlagsebesség változása és a balesetben megsérült személyek száma közötti összefüggés (forrás: [1])



Az előző összefüggést támasztja alá egy ideiglenes szakcikk is Brazíliából [6], ahol 2015-től São Paulo városában a városi autópálya-szakaszokon 90 km/h-ról 70 km/h-ra és a városi főúton pedig 60 km/h-ról 50 km/h-ra csökkentették a megengedett legnagyobb sebességet. Az eredmény magáért beszél: a sebességkor-

3. ábra: 3D-s Vissim pillanatkép (www.ptvgroup.com)



látozási program – másfél évet tekintve – 21,7% -kal csökkentette a balesetek számát, ami a gyakorlatban 1889 darab „elhárított” balesetet jelent a korábbi évek statisztikájához képest.

A [7] tanulmány az 50-ről 30 km/h-s korlátozásra való átállás tapasztalatait vette számba. A vizsgálatuk alapján a klasszikus városi 50 km/h-s korlátozás 30 km/h-ra való csökkentésével a NO_x és PM szennyező anyagok emissziója egyértelműen növekszik. Ugyanakkor a növekedés mértéke nagyban függ a hálózat topológiájától, a forgalom és járműpark összetételétől és jellegétől.

Az [1]-ben az osloei sebességsökkentés tapasztalatait ismertették. A cikk a helyi légszennyezésre és az átlagos utazási időre gyakorolt hatásokat mutatja be Osloban a 2004–2011 közötti időszakban, miután a városi főutakon a korábbi 80 km/h-ról 60 km/h-ra csökkentették a sebességkorlátozást. A vizsgálat legfontosabb eredménye, hogy a sebességkorlátozás csökkentése átlagosan 5,8 km/h-val redukálta az utazási sebességet. Az emisszió tekintetében pedig az eredmények nem igazolták egyértelműen, hogy a 60 km/h-s alacsonyabb

sebességkorlátozás kevesebb nitrogén-oxidot (NO₂ és NO_x) eredményezne (amely amúgy a motorok átlagos emissziós tulajdonságai alapján elvárható lenne). Hasonlóképpen a cikk szerint nincs bizonyíték arra sem, hogy a 60 km/h-s alacsonyabb sebesség kevesebb részecskeanyag kibocsátáshoz vezetne (PM2.5 és PM10).

A bemutatott irodalom vegyes eredményei azt jelzik, hogy a sebességsökkentés témájával mindenképpen érdemes részletes szimulációs vizsgálatokon keresztül foglalkozni.

3. A FORGALOMSZIMULÁCIÓS KÖRNYEZET ÉS A VIZSGÁLT KÖZÜTI HÁLÓZATOK

Az alábbiakban a szimulációs környezetet és a vizsgált teszthálózatokat mutatjuk be részletelesen.

3.1. Mikroszkopikus forgalomszimuláció

Mikroszkopikus forgalomszimulációról akkor beszélhetünk, ha a szimuláció minden egyes járművének (hosszirányú) dinamikája pontosan meghatározott. Ezen individuális dinami-

kák aggregálásával a közúti hálózat modellje felett a forgalom részletesen vizsgálható. A tanulmányban használt VISSIM mikroszkopikus forgalomszimulátor (www.ptvgroup.com) segítségével a közlekedési hálózat könnyedén modellezhető különböző beállítások (forgalomnagyság, útvonalválasztás, jelzőlámpa programok stb.) mellett.

Kutatásunk során két hálózatot vizsgáltunk meg. Az első a Nagykörút Blaha Lujza tértől a Nyugati pályaudvarig terjedő szakasza az Andrassy úttal kiegészülve (4. ábra). A hálózat ezen szakasza egy forgalmas városi főútvonalnak tekinthető sok jelzőlámpás kereszteződéssel, ahol a sebesség 50 km/h-ról 30 km/h-ra mérséklését vizsgáltuk. A másik útvonal a Nagykörösi út Határ út és Hoffner Albert utca közti 3 km-es szakasza (5. ábra). Itt a sebességhatár 70 km/h-ról 50 km/h-ra történő változtatását vizsgáltuk meg a városból kifelé tartó irányon.

3.2. HBEFA3 mikroszkopikus emisszió modell

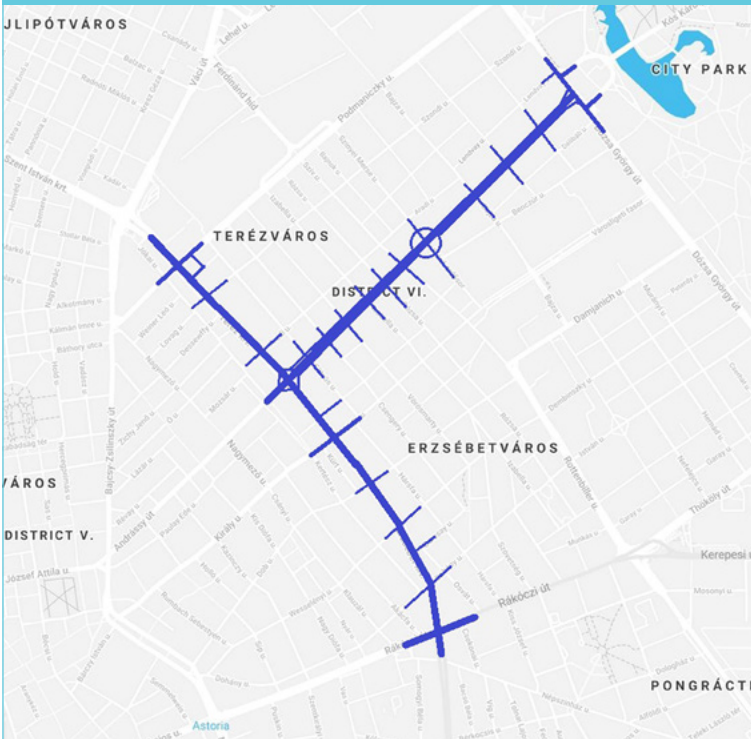
A károsanyag-kibocsátás a HBEFA3 mikroszkopikus emissziós modell [8] segítségével került kiszámításra. A modell az egyes járművek pillanatnyi sebességéből és gyorsulásából képzett polinomok segítségével számítja az egyes járművek pillanatnyi károsanyag-kibocsátását. A modell különböző járműtípusokat és emissziós kategóriákat különböztet meg. A polinomok az alábbi alakúak:

$$e = f_1 + f_2 \cdot a \cdot v + f_3 \cdot a \cdot a \cdot v + f_4 \cdot v + f_5 \cdot v \cdot v + f_6 \cdot v \cdot v \cdot v$$

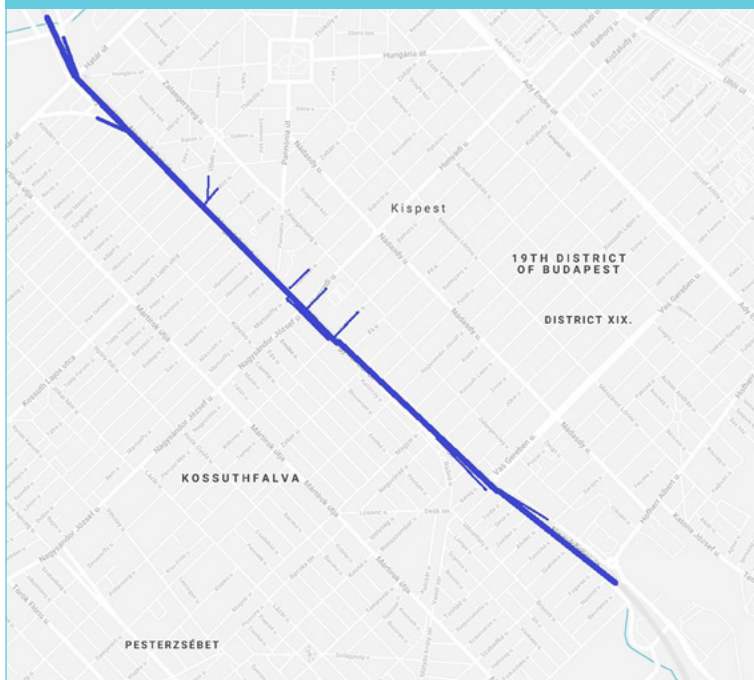
Ahol e az adott káros anyag, a a jármű gyorsulása és v a jármű sebessége, f_1, \dots, f_6 a modell paraméterei. A szimulációkban emisszió szempontjából a három legjellemzőbb járműtípust vettük figyelembe: személyautó (benzin, Euro 4), teherautó (dízel, Euro 3), autóbusz (dízel, Euro 5). A vizsgálatot két káros anyagra folytattuk le: CO_2 , NO_x .

A polinomok görbéi U alakot vesznek fel a sebesség függvényében. A görbék minimuma 30 km/h és 70 km/h között van, szennyezőtől függően 0 m/s² gyorsulás mellett. Nagy sebességnél a menetellenállás (légellenállás, gördülési ellenállás) leküzdése miatt jóval nagyobb teljesítményre van szükség. A nagyobb teljesítményigényből magasabb üzemanyag-fogyasztás és nagyobb emisszió következik. Alacsony sebesség esetén a járműmotorok hatásfokát is figyelembe véve a további sebességcsökkentés nagyobb pillanatnyi emisszióhoz vezet.

4. ábra: Vizsgált belvárosi hálózat (Budapest, Nagykörút és Andrassy út)

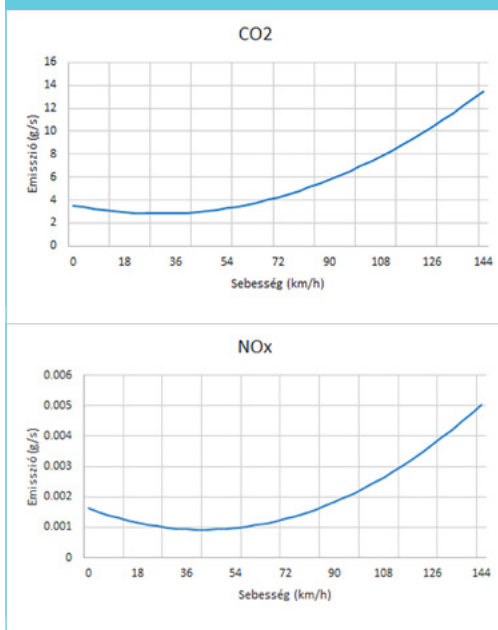


5. ábra: Vizsgált városi autópálya (Budapest, Nagykőrösi út kivezető)



A szimulációk során két ellentétes hatásra számítottunk az emisszió kapcsán. A sebességcsökkentéssel az egyes járművek pillanatnyi emissziója csökkenhet abban az esetben, ha a sebességcsökkentés magas sebességről történik. A másik hatás indirekt módon következik a sebességből: alacsonyabb sebesség esetén a járművek hosszabb időt töltenek a hálózaton, így hosszabb ideig is szennyeznek. A két hatás eredőjét csak szimulációk segítségével állapíthatjuk meg. Személygépjárműre az emissziós görbéket az 6. ábra szemlélteti.

6. ábra: HBEFA3 emissziós görbék személygépjárműre



3.3. A nagykörúti teszthálózat

A nagykörúti teszthálózattal forgalmas városi útszakaszokat modelleztünk jelzőlámpás kereszteződésekkel és mellékutcákkal. A sebességhatár jelenleg itt egységesen 50 km/h. A forgalmi jellemzők változását a sebesség 30 km/h-ra csökkentésével vizsgáltuk három forgalmi intenzitás mellett. A három különböző forgalomnagyságra azért is volt szükség, mert a kutatásnak nem volt célja a sebességcsökkentés miatt bekövetkező esetleges (modális váltás miatti) forgalomcsökkenés mértékének vizsgálata. Ennek megfelelően a három forgalmi intenzitás makroszkopikus jellemzők alapján került megválasztásra: telítetlen, telített és túltelített hálózati állapotok szerint¹. Itt a telítetlen és a túltelített hálózat a telített forgalomnagysághoz képesti $\pm 30\%$ -os eltérést jelenti. A hálózatban

¹ **Telítetlen forgalom** (angol nyelvű szakirodalomban: undersaturated) esetén a forgalom a jelzőlámpánál mindig kiürül egy zöld jelzés alatt. A forgalom gyér, kevés interakció van a járművek között, minden jármű a saját maga által megválasztott sebességgel tud közlekedni. ➤

levő jelzőlámpák a jelenleg érvényben levő 90 másodperces ciklusidővel rendelkező jelzőlámpaprogram szerint működnek. Az ideiglenesen kialakított kerékpársávokat nem vettük figyelembe. A nagykörúti hálózaton a szimulációk során a forgalom járműtípusok szerinti eloszlását az 1. táblázat szemlélteti (Budapest Egységes Forgalmi Modell (EFM) alapján).

1. táblázat: Járműkategóriák eloszlása a nagykörúti hálózaton

Személyautó	80%
Teherautó, kisteherautó	15%
Busz	5%

A járművezetők elvárt sebessége a sebességkorlátozás függvényében egyenletes eloszlást feltételezve a 2. táblázat szerint alakul (az eloszlás mértékét a Vissim szimulátor alapbeállításai alapján határoztuk meg).

2. táblázat: A járművezetők elvárt sebessége a nagykörúti hálózaton

Sebességhatár (km/h)	Minimum (km/h)	Maximum (km/h)
30	28	45
50	45	60

Három különböző forgalomnagyságot feltételezve Az egyes irányokból az óránkénti forgalomnagyság a 3. táblázat alapján. A telített forgalom az EFM alapján került meghatározásra. A telítetlen és túltelített forgalom pedig +/-30%-os eltérést modellez a telítetthez képest.

Fontos megjegyezni, hogy ebben a modellben nem csak a Blaha Lujza tér és Nyugati tér viszonylaton mozognak a járművek, hanem rövidebb pl. mellékutcaiból kiinduló vagy azokba végződő célforgalom is modellezésre került.

Telített forgalomnál annyi jármű jelenik meg a csomópontban, mint amire a jelzőlámpa program tervezte van. A csomópont kiürülésének ideje pontosan egy zöld jelzésnyi idő. Ez az eset jelenti azt, amikor a csomópont kapacitásmaximumon üzemel.

Túltelített forgalom esetén adott ágban a csomópont nem tud kiürülni egy zöld jelzés alatt. Ilyenkor gyakorlatilag a járműveknek legalább két jelzőlámpaciklust várniuk kell a kihaladáshoz.

3. táblázat: Óránkénti forgalomnagyságok a nagykörúti hálózaton

Bemeneti útszakasz	Telítetlen (0,7*Telített, jármű/ óra)	Telített (jármű/ óra)	Túltelített (1,3*Telített, jármű/ óra)
Andrássy út	317	453	589
Hősök tere	179	255	332
Wesselényi utca	143	204	266
Király utca A	238	341	443
Erzsébet körút	358	511	665
Király utca B	238	341	443
Dob utca	143	204	266
Rákóczi út	465	665	865
Podmaniczky utca A	179	255	332
Szondi utca A	107	153	199
Aradi utca	107	153	199
Dohány utca	143	204	266
Vörösmarty utca	143	204	266
Izabella utca A	107	153	199
Dózsa György út A	358	511	665
Izabella utca B	143	204	266
Szinyei Merse Pál utca A	71	102	133
Bajza utca	107	153	199
Dózsa György út B	191	273	354
Teréz körút	358	511	665
Podmaniczky utca B	358	511	665
Szondi utca B	179	255	332
Dózsa György út C	23	34	44
Podmaniczky utca C	179	255	332
Szinyei Merse Pál utca B	71	102	133
Szondi utca C	179	255	332
Izabella utca C	107	153	199

A járművek a Wiedemann 74 járműkövetési modellt használják, amely a járművezetők városi forgalomban történő viselkedésének leírására alkalmas [9].

3.4. A Nagykőrösi úti teszhálózat

A Nagykőrösi úton jelenleg egységesen 70 km/h a sebességhatár. Ebben a szimulációban ennek 50 km/h-ra való csökkentését vizsgáljuk. Az útszakasz specialitása, hogy néhány fel- és lehajtón kívül egy egyenes, 2+1 sávós (buszsáv) útszakasz, tehát a topológia hatása itt kevésbé hangsúlyos. A járművek kategóriánkénti megoszlása a 4. táblázatban összefoglalva:

4. táblázat: Járműkategóriák eloszlása a Nagykőrösi úti hálózatban

Személyautó	75%
Teherautó, kisteherautó	20%
Busz	5%

A járművezetők elvárt sebessége a sebességkorlátozás függvényében egyenletes eloszlást feltételezve az 5. táblázat szerint alakul.

5. táblázat: A járművezetők elvárt sebessége a Nagykőrösi úti hálózatban

Sebességhatár (km/h)	Minimum (km/h)	Maximum (km/h)
50	45	60
70	60	90

Három különböző forgalomnagyságot feltételezve Az egyes irányokból az óránkénti forgalomnagyság a 6. táblázat alapján:

6. táblázat: Óránkénti forgalomnagyságok a Nagykőrösi úti hálózatban

	Telítetlen (0.7*Telített, jármű/ óra)	Telített (jármű/ óra)	Túltelített (1.2*Telített, jármű/ óra)
Nagykőrösi út	1470	2100	2500
Felhajtó A	245	350	400
Felhajtó B	49	70	70
Felhajtó C	49	70	70

4. SZIMULÁCIÓS EREDMÉNYEK

Az alábbiakban a két vizsgált teszhálózaton kapott szimulációs eredményeket ismertetjük. A szimulációkat az alábbi metrikák szerint értékeltük:

- Utazási idő: egy jármű által a hálózatban töltött átlagos idő.
- Átlagsebesség: a hálózatban levő össze jármű időbeli átlagsebessége (1 órás átlag).
- Megállások száma: a szimuláció során az összes jármű megállásainak száma.
- Járműszám: szimuláció során a hálózatot elhagyó járművek száma, a hálózat átbo-csátóképessége.
- CO₂ kibocsátás: HBEFA3 modell alapján az összes jármű kumulált CO₂ kibocsátása 1 órás szimuláció alatt.
- NO_x kibocsátás: HBEFA3 modell alapján az összes jármű kumulált NO_x kibocsátása 1 órás szimuláció alatt.

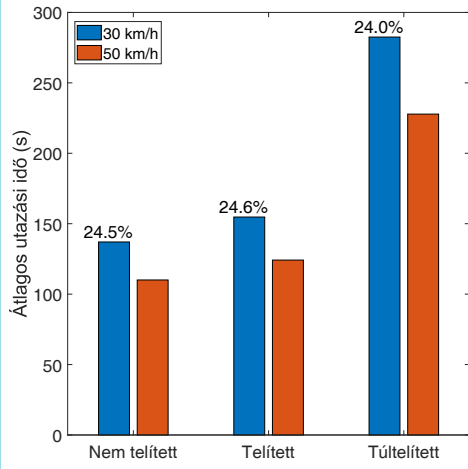
A fenti kvantitatív eredményekből következtetni lehet a balesetek számának és a zajterhelésnek a változására is. A szimulációk minden esetben 1 órát foglalnak magukba és állandósult állapotból (előre feltöltött hálózatból) indulnak.

4.1. Nagykörút

Utazási idő: Az eljutási idők a sebességkorlátozás hatására növekednek, lassul a forgalom a vizsgált útszakaszokon. A sebességhatár egységes 30 km/h-ra való csökkentése mellett 24%-kal (7. ábra). Az utazási idő növekedésének két összetevője van. I) Az 50 km/h-ra tervezett jelzőlámpaprogram mellett a járművek többször megállásra kényszerülnek alacsonyabb sebességhatár mellett. II) Két jelzőlámpa között még telítetlen útszakaszon is csak alacsonyabb sebességre gyorsíthatnak fel.

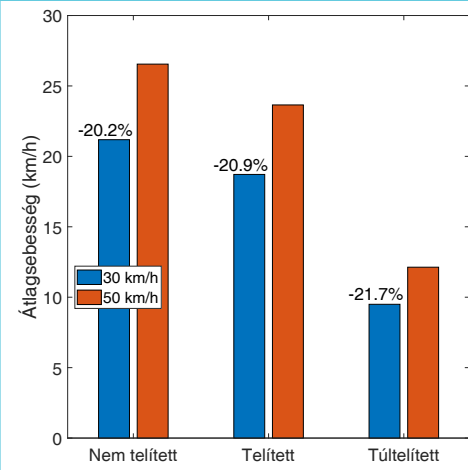
Átlagsebesség: A járművek átlagos sebessége 20%-kal csökken a sebességhatár 30 km/h-ra csökkentésével (8. ábra). Ez a hatás kis forgalom mellett kevésbé jelentős, ami inkább a járművek közötti interakciók számával indokolható. A diagramból még az is kiolvasható, hogy az átlagsebesség sebességhatártól függetlenül egyik esetben sem érte el a 30 km/h-t.

7. ábra: Átlagos utazási idő a nagykörúti hálózatban



Ez a jelzőlámpáknál történő megállásokkal magyarázható. A sebességkorlátozás hatására a lámpák között a járművezetők kevésbé gyorsíthatnak fel, valamint több időt állnak a járművek piros lámpánál, ami a megállások számából is kiolvasható.

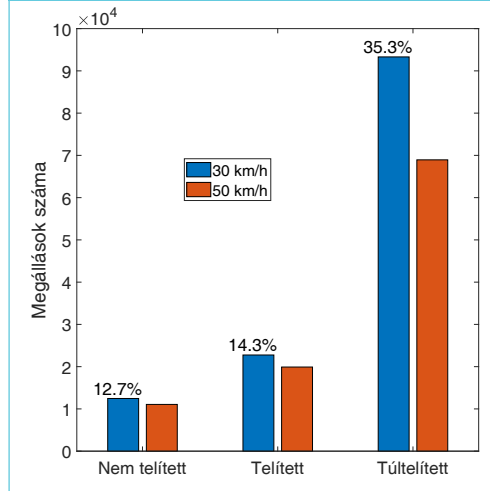
8. ábra: Átlagsebesség a nagykörúti hálózatban



Megállások száma: Egy városi útszakaszon a megállások számát elsősorban a jelzőlámpaciklusok határozzák meg. A megállások száma jelentősen megnő a sebességkorlátozás hatásá-

ra azonos forgalom nagyság mellett (9. ábra). Ennek oka, hogy a jelzőlámpákat a jelenlegi, 50 km/h-s sebesség határra hangolják be. A megállások száma alacsonyabb sebességnél is mérsékelhető a jelzőlámpaprogram újrahangolásával. A megállások száma több jármű esetén (túltelített eset) értelemszerűen jelentősen növekszik.

9. ábra: Megállások száma a nagykörúti hálózatban

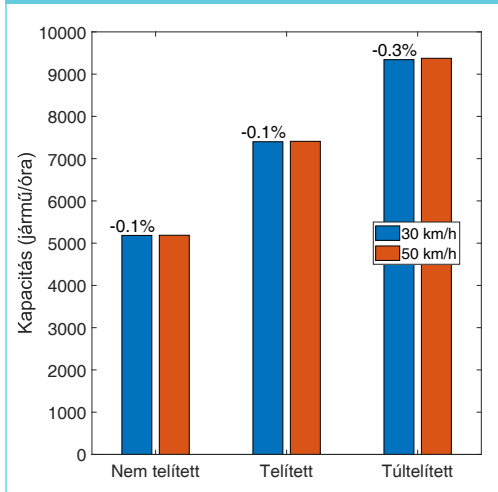


Járműszám: Az útszakasz átlagos járműszáma elhanyagolható mértékben változik a korlátozás bevezetésével (10. ábra). A változatlanág két oknak köszönhető. Egyrészt városi forgalomban a jelzőlámpák zsilipszerűen engedik ki a járműveket a hálózatból, így a jelzőlámpák közötti sebességnek nincs nagy jelentősége. Másrészt, a szimulációk során a hálózat (a feltöltési szakasz miatt) már állandósult állapotban van. A bemelő forgalom nagyság minden sebesség mellett azonos, a sebesség pedig felülről korlátos. Ekkor a járműmegmaradás elvének² betartása mellett az egyetlen szabad változó a forgalomsűrűség (jármű/km) lesz. Áramlástani hasonlattal élve, a forgalmi hálózat egy csöként fogható fel, amelybe állandó

2 A járműmegmaradás elmélete szerint az adott útszakaszon található járművek száma $x(k+1)$ a következő mintavételi időtartamban az alábbi alapegyenlet szerint alakul: $x(k+1) = x(k) - x_i(k) + x_{in}(k)$, ahol $x(k)$ a k -adik lépésben az adott szakaszon sorban álló járművek száma, $x_i(k)$ a kihaladó járműszám, míg $x_{in}(k)$ az érkező járműszám.

tömégáramú gázt fújunk. Ha a kimenő gáz sebességét korlátozzuk (vagy akár lezárjuk a cső végét – 0 km/h sebességkorlátozás) a csőben levő gáz sűrűsége tud csak növekedni. Hasonló történik, ha a gáz áramlási sebességét korlátozzuk. Ekkor állandósult állapotban kialakul egy állandó sűrűség.

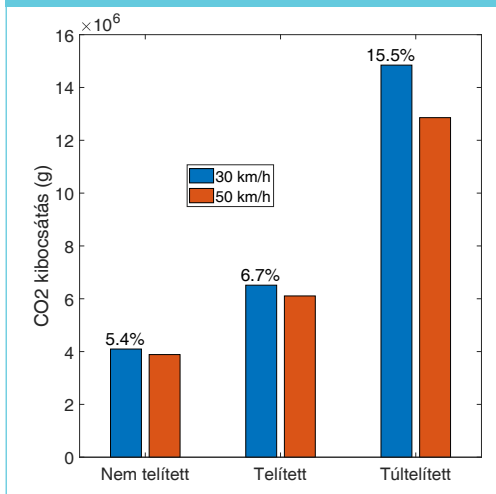
10. ábra: Forgalm nagyság változása a nagy körüti hálózatban



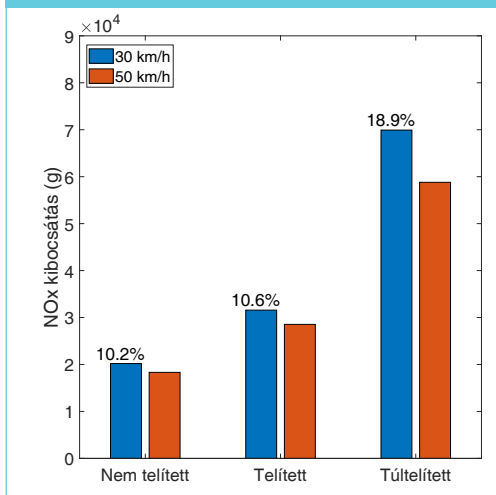
Emisszió: A hálózat egészére nézve a HBEFA modell alapján az emisszió 20 km/h-s sebességcsökkenéssel káros anyagtól és forgalm nagyságtól függően 5-19%-kal növekszik. Ennek oka, hogy a járművek átlagsebessége alacsonyabb, többet kell állniuk a jelzőlámpáknál (azok rossz hangolása okán) és több időt töltenek a hálózatban – tovább szennyeznek. Ezen túl a megállások száma is jelentősen megnő, több gyorsítást okozva. Alacsony sebesség mellett az alapjárat emisszió hatása a jelentős. A 11-12. ábrák az 1 óra alatti összes károsanyag-kibocsátást mutatják.

Balesetek száma: a sebességcsökkentés eredeti motivációja a közlekedésbiztonság javítása, ill. a balesetek számának és súlyosságának csökkentése. Külföldi sebességcsökkentési tanulmányok és a szimulációs eredmények tükrében elmondható, hogy az átlagsebesség csökkenésével a balesetek száma és súlyossága

11. ábra: CO₂ kibocsátás a nagy körüti hálózatban



12. ábra: NO_x kibocsátás a nagy körüti hálózatban



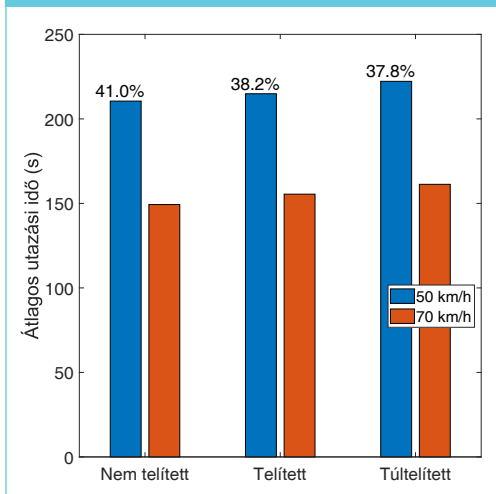
jelentősen csökken. Ugyanakkor a forgalm sűrűség (kisebb sebesség mellett kisebb követési távolság) és a megállások számának növekedésével a kevésbé súlyos („koccanásos”) balesetek számát némileg növelheti. Összességében azonban egyértelműen kijelenthető, hogy a balesetek súlyosságára nézve a sebességkorlátozó intézkedések mindig pozitív hatással vannak.

Zaj: Szimulációs eredmények alapján kvalitatív következtetéseket tudunk levonni a zajról. A közlekedési zajnak két fő összetevője van: a motorzaj és a gördülési zaj. Alacsony sebességnél ezek közül a motorzaj jelentős, a sebesség csökkenésével a gördülési zaj csökkenni fog. Mivel a szimulációk alapján a megállások száma növekszik, a gyorsításokból származó motorzaj (különösen buszok és teherautók esetén) jelentősen megnőhet.

4.2. A Nagykőrösi út kivezető szakasza

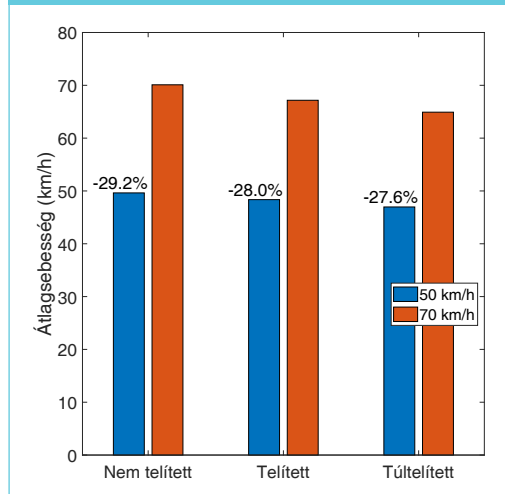
Utazási idő: A sebességcsökkenés hatására értelemszerűen a járműveknek tovább tart elhagyniuk a várost. A sebességhatár 70 km/h-ról 50 km/h-ra csökkentése kis forgalom esetén jelentős, 41%-os átlagos eljutási idő növekedést eredményez (13. ábra). A sebességkorlátozás e szempontú negatív hatása mérséklődik nagyobb forgalom esetén, hiszen az interakciók számának növekedésével az átlagsebesség is csökken.

13. ábra: Átlagos utazási idő a Nagykőrösi út kivezető szakaszán



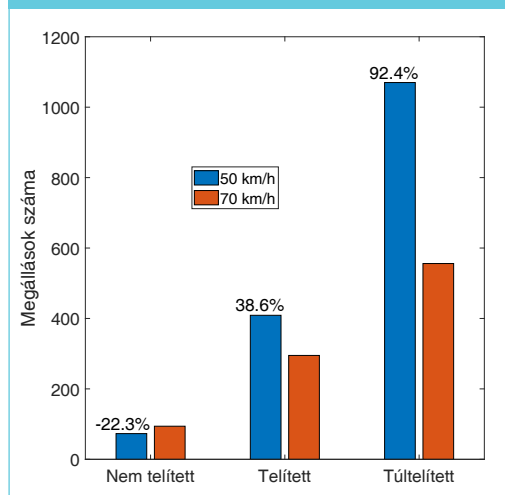
Átlagsebesség: A járművek átlagsebessége a sebességkorlátozás mellett értelemszerűen csökken (14. ábra). A forgalom nagyságának növekedésével is csökken az átlagsebesség, így a sebességkorlátozás hatása nagyobb forgalom mellett az átlagsebesség változására kisebb.

14. ábra: Átlagsebesség a Nagykőrösi út kivezető szakaszán



Megállások száma: Egy városi autópálya-szakaszon, mint amilyen a Nagykőrösi út a járművek csak jelentős torlódás, forgalmi dugó esetén kényszerülnek megállásra. Telítetlen hálózat esetén a járművek a nagyjából megengedett sebességhatár szerint közlekednek, és nem kényszerülnek sem lassításra sem megállásra. Túltelített esetben azonban a járművek közti interakciók száma megnő, lökeshullá-

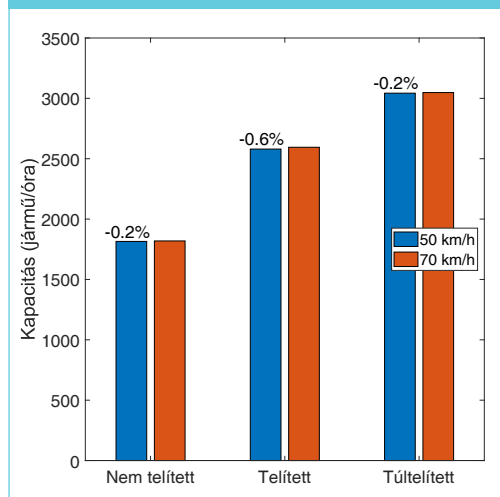
15. ábra: Megállások száma a Nagykőrösi út kivezető szakaszán



mok alakulnak ki és több fékezésre kerül sor. Ezen hatások mind lassítják vagy akár megállásra is kényszeríthetik a járműveket, ezért a késések és az utazási idők megnövekednek. A megállások száma telítetlen hálózatban csökken, az áramlás sokkal egyenletesebb lesz. Telített és túltelített hálózat esetén a megállások száma sebességkorlátozásnál növekszik (15. ábra). Az alacsonyabb sebesség miatt megnövekedett forgalomsűrűség (jármű/km), a kisebb követési távolságok okán jóval több interakciót eredményez, és ez kisebb zavar esetén is akár megálláshoz vezethet. Kis forgalomsűrűség és alacsonyabb sebesség mellett a járművezetők időben képesek reagálni az előttük levő jármű fékezésére, így a lökeshullámok kevésbé alakulnak ki és a megállások könnyebben elkerülhetők.

Forgalomnagyság: Az útszakasz forgalomnagysága a korlátozás hatására nem változik jelentősen (16. ábra).

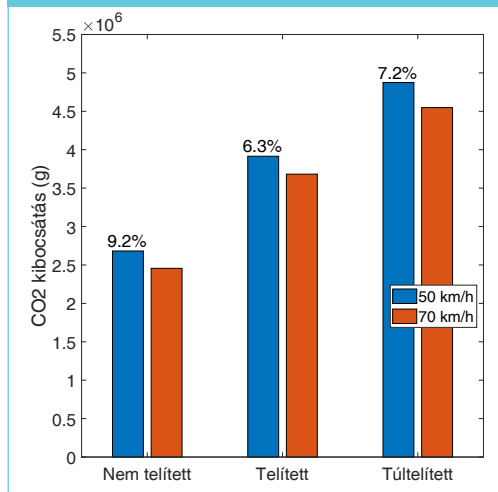
16. ábra: Forgalomnagyság változása a Nagykőrösi út kivezető szakaszán



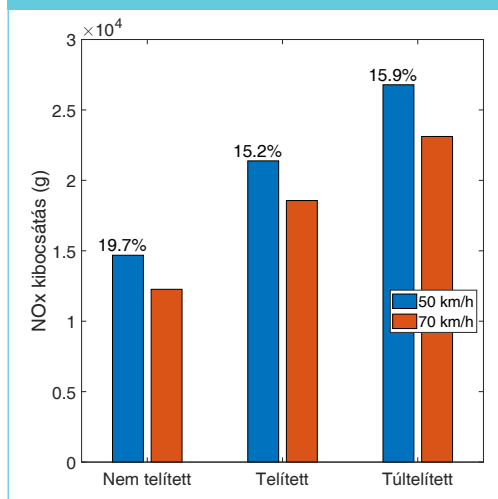
Emisszió: Az emisszió, mivel erősen függ a sebességtől, jelentősen változni fog. 20 km/h-s sebességcsökkentésnél átlagosan (minden forgalomnagyságot figyelembe véve) a CO₂ kibocsátás 8%-kal (17. ábra), míg a NO_x átlagosan 17%-kal növekszik (18. ábra). Ezzel szemben a CO kibocsátás 14%-kal növekszik. Magas se-

besség mellett a léghellenállás hatása jelentős. Sebességcsökkentéssel a sebességfüggő ellenállások csökkenthetők, így a járműveknek kisebb teljesítményt kell leadniuk, csökken a fogyasztásuk és a károsanyag-kibocsátásuk. Ezzel ellentétes hatásként viszont több időt töltenek a hálózatban, tovább szennyeznek. Ezen két ellentétes hatás eredőjeként adódhat ki más szennyezőre más irányú eredmény.

17. ábra: CO₂ változás a Nagykőrösi út kivezető szakaszán



18. ábra: NO_x változás a Nagykőrösi út kivezető szakaszán



Balesetek száma: A szakirodalomban publikáltaknak megfelelően az átlagsebesség csökkenésével a balesetek száma és súlyossága jelentősen csökken.

Zaj: A nagyobb átlagos sebesség esetén a gördülésből és a menetszélből adódó zaj a jelentős. A sebesség csökkenésével a zaj is csökken. Az útszakaszon mindkét oldalán zajvédő fal van, így a zajszennyezés egyébként sem jelentős probléma. A 70-ről 50 km/h-ra történő csökkentés egyértelműen a zaj csökkenésével jár.

5. A SEBESSÉGCSÖKKENTÉS KÖZLEKEDÉSSZERVEZÉSI ÉS FORGALOMIRÁNYÍTÁSI ASPEKTUSAI

A bemutatott szimulációs vizsgálati eredmények mellett fontos megemlíteni, hogy egy városra vagy annak részhálózataira kiterjedő sebességkorlátozás bevezetése előtt érdemes annak közvetett hatásait is számba venni, hiszen ezek nagymértékben érinthetik a város közlekedésszervezését, forgalomirányítását. Alábbiakban ezeket az aspektusokat és a csökkentéssel járó megkerülhetetlen beavatkozásokat ismertetjük - azok részletes bemutatása nélkül:

- Közlekedési táblák / útburkolati jelek cseréje, ill. további új táblák / útburkolati jelek szükséglete.
- A jelzőlámpás forgalomirányítás programjainak, ill. a zöldhullámok újrachangolása.
- Megszűnő sávok, ill. új kerékpársávok/buszsávok/járdák kezelése.
- A sebességkorlátozás változásával az optimális útvonalak is megváltoznak (pl. a Google Maps is máshogy fog tervezni, akár mellékutcákba fog „irányítani” nagy forgalmat).
- Amennyiben a csökkentett sebességet az autósok nem tartják be megfelelőképpen, további beruházások szükségesek annak betartatására (angol szakirodalomban: „traffic enforcement”).
- A közlekedési módváltás is megváltozhat, amely kihatással lehet a közösségi közlekedés szervezésére. Pl. menetidő növekedés, a menetrendek átalakítása, esetlegesen több jármű és sofőr a hosszabb menetidő miatt.

6. KONKLÚZIÓK

A szimulációs vizsgálatok alapján megállapítható legfontosabb konklúziók:

- Emisszió: nem egyértelmű melyik irányba változik, mert függ a forgalom aktuális állapotától (torlódott vagy nem) és a járművek összetételétől. Ugyanakkor nagy általánosságban elmondható, hogy az 50-ről 30 km/h-ra történő csökkentés alapvetően az emisszió növekedésével jár, a 70-ről 50 km/h-ra történő csökkentés pedig vegyes eredményeket hoz, káros anyagtól függően, (de inkább az emisszió enyhe növekedésével jár).
- Az átlagos eljutási idő (késési idő) és a megállások száma generálisan nő.
- Az úthálózat forgalomnagyságát (kapacitását) alapvetően nem befolyásolja a sebességkorlátozás változása. Ennek magyarázata az a makroszkopikus folyadékaramlati törvényszerűség $Q = \rho \cdot V$ (misperint a Q forgalomnagyság (jm/h) a ρ járműsűrűség (jm/km) és a V térbeli átlagsebesség szorzata), amely a közúti közlekedési hálózat áramlataira is igaz. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a – csökkentési intézkedés miatt kialakuló – kisebb átlagsebesség nagyobb járműsűrűséget okoz, hiszen kisebb sebesség mellett a járművezetők kisebb követési távolságot is tartanak. Azaz összességében a $Q = \rho \cdot V$ egyenletben a Q állandó marad.
- A fenti tapasztalat miatt fontos kiemelni, hogy az úthálózat kapacitását alapvetően nem lehet növelni, mert azt a meglévő infrastruktúra (jelzőlámpás irányítás, sávszám, stb.) határozza meg. Ugyanezen okból kifolyólag, amennyiben az úthálózaton generálisan forgalmat szeretnénk csökkenteni, azt hatékonyan csak közlekedéspolitikai eszközökkel lehet megtenni, pl. módváltásra ösztönzéssel, behajtási díj kivetésével.
- A zajszennyezés arányos a gyorsulással, így arra nagy hatással lehet a 30 km/h-s sebes-

séghatár [10]. Az 50-ről 30 km/h-ra történő sebességcsökkentés alapvetően olyan forgalmi állapotokhoz vezet, ami sokkal több megállással–elindulással járhat. Ez pedig a zaj növekedésével jár. Ugyanakkor a 70-ről 50 km/h-ra történő csökkentés esetén csökken a zajkibocsátás, a gördülési zaj és a motorzaj csökkenésével amennyiben szabadáramlási forgalomról beszélünk. Összességében megjegyzendő, hogy a zajemisszióra leginkább a torlódás van hatással, hiszen ha forgalmi dugó van, az aktuális sebességhatártól függetlenül nagyobb lesz a zaj a sok megállás–elindulás miatt.

- A baleseti kockázatra, ill. a balesetek súlyosságára nézve a forgalomszimulációs szoftver nem ad kvantitatív eredményeket, ugyanakkor a szakirodalomnak megfelelően elmondható, hogy a közlekedésbiztonság egyértelműen és nagyon jelentősen (négyzetesen, de legalább lineárisan) növekszik a sebességkorlátozás változásának mértékével. Egy esetleges sebességcsökkentési intézkedés tehát ennél a faktornál egyértelműen pozitív hatású.

Kutatásunk legfontosabb tapasztalataként elmondható, hogy egy esetleges sebességhatár-csökkentési intézkedés bevezetése előtt mindenképpen alapos és mély közlekedésmérnöki vizsgálat szükséges, amelyet azután szakmai és társadalmi vita, majd konszenzus kell, hogy kövessen. Egy város úthálózata rendkívül összetett: egyes utakon/részhálózatokon kifejezetten előnyös, másokon pedig előnytelen lehet a sebességkorlátozás bevezetése.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

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

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Folgerø, I.K., Harding, T., Westby, B.S.: Going fast or going green? Evidence from environmental speed limits in Norway, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol. 82, 2020,102261, ISSN 1361-9209, DOI: <http://doi.org/d7gj>
- [2] Archer, J., Fotheringham, N., Symmons, M., & Corben, B.: The impact of lowered speed limits in urban/metropolitan areas. *Monash University Accident Research Center and Transport Accident Commission*, Vol 276, pp. 7–14., 2008, https://www.monash.edu/_data/assets/pdf_file/0007/216736/The-impact-of-lowered-speed-limits-in-urban-and-metropolitan-areas.pdf
- [3] Török Á., Zöldy M.: Energetic and economical investigation of greenhouse gas emission of Hungarian road transport sector, *Pollack Periodica*, 5(3), 123-132. Retrieved Jun 22, 2020, from <https://akjournals.com/view/journals/606/5/3/article-p123.xml> DOI: <http://doi.org/d3vxfp>
- [4] Szele, A., Kisgyörgy, L.: Traffic Management of the Congested Urban-suburban Arterial Roads, *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 63(4), pp. 1103-1111, 2019. DOI: <http://doi.org/d7gk>
- [5] Nilsson G.: Traffic safety dimensions and the power model to describe the effect of speed on safety. *Bulletin 221*, Lund Institute of Technology, Lund, Sweden, 2004, <https://lup.lub.lu.se/search/ws/files/4394446/1693353.pdf>
- [6] Ang, A., Christensen, P., Vieira, R.: Should congested cities reduce their speed limits? Evidence from São Paulo, Brazil, *Journal of Public Economics*, Volume 184, 2020, 104155, DOI: <http://doi.org/gg6zm7>
- [7] Tang, J., McNabola, A., Misstear, B., Pilla, F. and Alam, M.S., 2019. Assessing the impact of vehicle speed limits and fleet composition on air quality near a school. *International journal of environmental research and public health*, 16(1), p.149. <https://www.mdpi.com/1660-4601/16/1/149/pdf> DOI: <http://doi.org/d7gm>

- [8] Keller, M., Hausberger, S., Matzer, C., Wüthrich, P., & Notter, B. (2017). HBEFA Version 3.3. Background documentation, Berne, 12.
- [9] Olstam, Johan Janson, and Andreas Tapani: Comparison of Car-following models. Vol. 960. Linköping: Swedish National Road and Transport Research Institute, 2004
- [10] Hammer, Emanuel, et al.: Traffic noise emission modelling at lower speeds. Conference Proceeding ICSV. Vol. 2016. 2016



Impact assessment of changes in Budapest speed limits with traffic simulation

Road traffic congestion has now become virtually an everyday phenomenon on the roads of big cities around the world. The explanation for this is clear: the capacity of transport networks becomes saturated during peak hours, so the increasing demands cannot be adequately served, not even by the operation of traffic-dependent traffic light control. Several methods are being experimented with in order to improve the situation: their essence is that these measures are effective.



Folgenabschätzung von Änderungen der Geschwindigkeitsbegrenzungen in Budapest mit der Hilfe von Verkehrssimulation

Straßenverkehrsstaus sind auf den Straßen von Großstädten auf der ganzen Welt mittlerweile praktisch alltäglich. Die Erklärung für dieses Phänomen ist klar: die Kapazität von Verkehrsnetzen ist während der Stoßzeiten gesättigt, so dass die steigenden Anforderungen nicht angemessen bedient werden können, selbst wenn z.B. eine verkehrabhängige Ampelsteuerung funktioniert. Es werden verschiedene Methoden erprobt, um die Situation zu verbessern, deren Kern darin besteht, eine solche Maßnahme wirksam zu machen.



Giroszkóppal kompenzált gyorsulás szenzoros járműtrajektória mérés

A járműtrajektóriák előállításához szükséges gyorsulásszenzoros távolságmérés egy tovább fejlesztett módszerének bemutatása jelzi, hogy a valóságban az útpálya vonalvezetése és a felületi hibák miatt a műszer dőlésszöge egyfolytában változik, ami hatással van a mérés végeredményére. Megállapítható, hogy milyen módszerrel lehet ezt a problémát megoldani.

DOI 10.24228/KTSZ.2020.5.3

Mika Péter

Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskola
Széchenyi István Egyetem, Győr
e-mail: mikap9028@gmail.com

1. BEVEZETÉS

A forgalom modellezésében, valamint az útburkolati hibák pozíciójának mérőkocsival történő meghatározásában szerepet játszik a járműtrajektória. A mérési módszerrel pontosan lehet rögzíteni a mérőkocsi helyzetét, illetve az útburkolaton jelenlévő hibákat is. A burkolati hiba, felületi egyenetlenség többletterhelést indukálhat, amely így mozgó járművel pontosan detektálható. A terhelés rongálja a burkolatot és csökkenti annak hátralévő élettartamát. A pályaszerkezet tervezésekor az úton lezajló forgalmat veszik alapul, az úgynevezett mértékadó forgalomnagyságot, tehát a pályaszerkezetre történik egy forgalmi méretezés és ellenőrzés is [2]. Az útburkolat-gazdálkodás egyik feltétele, hogy a meglévő úthálózat egyes szakaszainak hátralévő élettartamát becsülni tudjuk, amelyre több számítási metódust fejlesztettek ki az elmúlt évtizedekben [3], [4]. Ezek a becslési módszerek a pályaszerkezet teherbíró képességének megállapításán alapulnak [5], [6]. Az útpályaszerkezetek méretezése

is mechanikai módszerrel történik, ahol az egyes szerkezeti rétegek vastagságát határozzák meg [7], [8]. Az eljárás során a kritikus helyeken meghatározzák az igénybevételeket, amelyet a határ-igénybevételekhez hasonlítanak. A megépült útburkolat teherbírását is mérik egy felülvizsgálat során, amely történhet egy pontban, illetve folyamatosan [9] [10]. A szenzoros vizsgálati módszerrel a terhelést a hely függvényében lehet megállapítani. További előnye a módszernek, hogy folyamatos mérést tesz lehetővé. A terhelés pontos helyének megállapításához a jármű pozícióját szükséges meghatározni. Erre lehet megoldás a járműtrajektória. Ez a módszer mozgás közben 1 m pontossággal képes a pozíciót meghatározni, szemben a GPS 10 m-es pontosságával [1]. A gyorsulás szenzoros járműtrajektória előállítása sík, vízszintes terepen viszonylag könnyen megvalósítható. A problémát az útburkolat lejtése, nyomvonalvezetése és a felületi egyenetlensége okozza. Ezek befolyásolják a műszer dőlésszögét, így a mérés végeredményét is. Ez indokolta, hogy giroszkópot alkalmazzak, ami a műszert

folyamatosan vízszintesen tartotta a mérés során. Így végeztem vizsgálatokat épületen belüli és kültéri terepi körülmények között is.

2. A GYORSULÁSI ADATOK FELDOLGOZÁSI MÓDSZERE

A gyorsulási adatok rögzítése során előfordul, hogy álló helyzetben nullától eltérő értékeket mutat, ami végül a végeredmény torzulásához vezet, ezért ezeket ki kell szűrni és egy korrekciós tényezővel helyesbíteni szükséges. Annak eldöntésére, hogy mi alapján kompenzáljam a mért adatokat, hogyan találjam meg az álló és mozgó szakaszok határát, több kísérletet is elvégeztem. Az első kísérlet célja annak eldöntése, hogy az álló és a mozgó szakaszok határa milyen módszerrel állapítható meg, illetve milyen számítási módszerrel dolgozzam fel az adatokat. A kísérletet vízszintes felületen végeztem, és a megtett távolságokat jelöltem az asztalon. A műszert szabad kézzel mozgattam, de a sebességben nem volt szignifikáns eltérés az egyes szakaszokon. A mérés szakaszosan történt a megtett teljes távolság 0,60 m volt az egyes szakaszok pedig 0,15 m-esek.

Cél, hogy a sebességgörbét a valóságnak megfelelő állapotba hozzam a gyorsulásértékek korrigálásával úgy, hogy ne alakuljon ki negatív sebességérték. A korrekció a gyorsulásértékek pozitív vagy negatív eltolását jelenti. Így a pillanatnyi gyorsulás a következő képlettel számítható:

$$a(t) = a_y(t) + k_i \quad (1)$$

Ahol a k_i az adott szakasz korrekciós tényezője.

A mért adatok korrigálását az alábbi különböző módszerekkel végeztem. A mérés során a műszer vízszintes helyzetű, a mozgás szakaszos jellegű, a megtett távolság pedig 60 cm. Az álló szakaszokon mért gyorsulásértékeket minden esetben kinulláztam:

a, a teljes gyorsulás adatsor elejének a 0-ra igazítása sima eltolással (+/-) értékkel,

b, az álló helyzetben mért sebességadatok szakaszonként összegzem, majd ezt és a

mozgásban mért sebességadatok utolsó elemét nullára helyezem,

c, az álló helyzetben mért gyorsulásértékeket eltolom (+/-) értékkel úgy, hogy a ne alakuljon ki negatív sebességérték. A mozgásban mért adatok utolsó elemét eltolom a nullába.

A nyers gyorsulási adat önmagában nem használható fel a megtett távolság számításához, mert álló helyzetben eltér a nullától az átlaggyorsulás, ezért mindenképpen korrigálni kell. A szakaszos mérés közben négy alkalommal indult újra az eszköz, tehát 5 álló és 4 mozgó rész van egy mérésben. A szakaszok határát a gyorsulásértékek kiugrásából lehet tudni. A korrekciós tényező számítása egy optimalizációs probléma, amelyet lineáris programozási modell segítségével a következőképpen lehet felírni:

$$\sum_{i=1}^n v_i \rightarrow 0 \quad (2)$$

ahol v_i a sebesség értéke az i -edik időpontban.

A korlátozó feltételek:

- $k \in \mathbb{R}$
- $-10 \leq k \leq 10$
- $v_0 = 0$
- $i = 1, \dots, n$

A sebességet a következő képlet alapján lehet számolni:

$$v_i = v_{i-1} + (a_{yi} + k) \cdot \Delta t \quad (3)$$

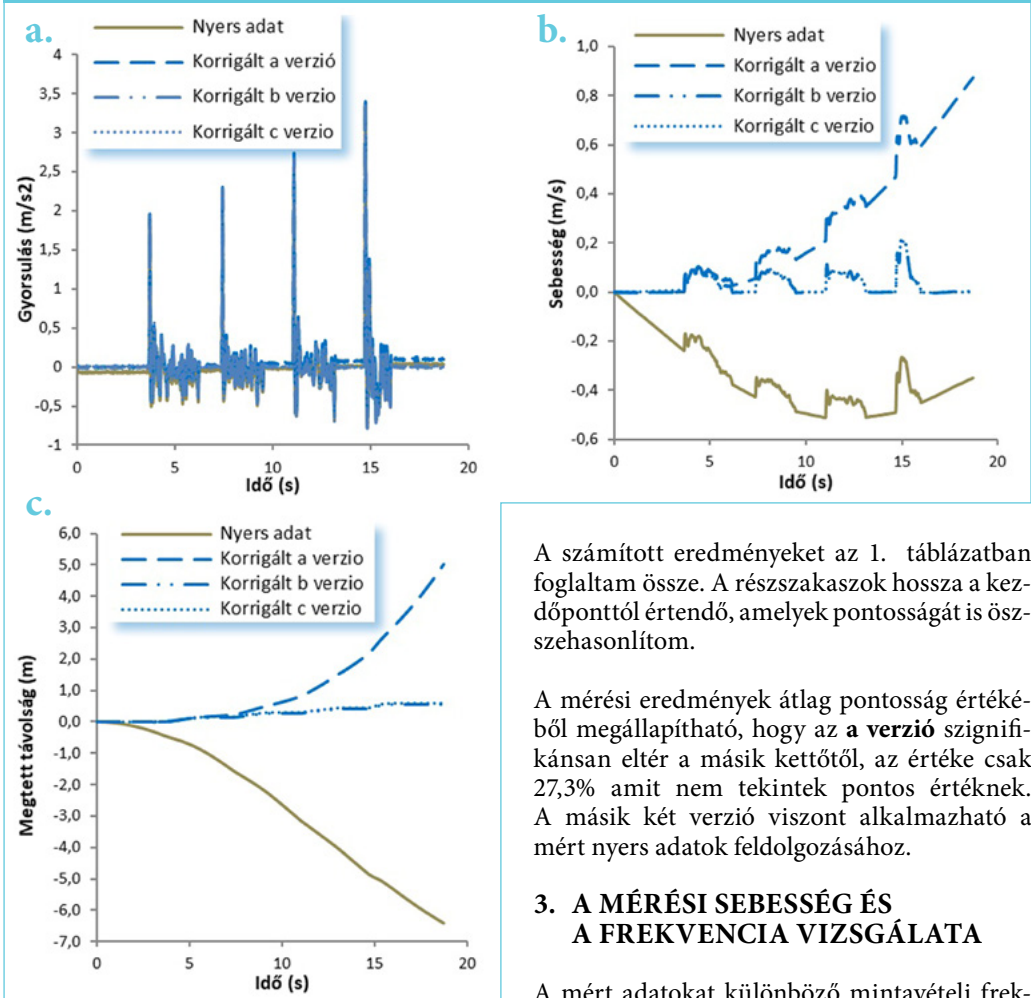
ahol,

- a_{yi} – a mért gyorsulásérték az i -edik időpillanatban
- k – korrekciós tényező
- Δt – a mintavételi időköz (állandó=0,02s)

Az elvégzett számítás után a következő eredményre jutottam, amelyet az **1. ábra** szemléltet.

A gyorsulásértékek között nincs jelentős különbség, ezért a sebesség és a megtett távolság diagramokat elemzem. Az jól látszik a diagramokból, hogy a nyers adat és az **a számítási verzió** torzképet mutat, tehát egyértelműen

1. ábra: A különböző számítási módszerek összehasonlítása (a) gyorsulás, (b) sebesség, (c) megtett távolság. (saját szerkesztés)



A számított eredményeket az 1. táblázatban foglaltam össze. A részzszakaszok hossza a kezdőponttól értendő, amelyek pontosságát is összehasonlítom.

A mérési eredmények átlag pontosság értékéből megállapítható, hogy az **a verzió** szignifikánsan eltér a másik kettőtől, az értéke csak 27,3% amit nem tekintek pontos értéknek. A másik két verzió viszont alkalmazható a mért nyers adatok feldolgozásához.

3. A MÉRÉSI SEBESSÉG ÉS A FREKVENCIA VIZSGÁLATA

A mért adatokat különböző mintavételi frekvencián rögzítem, így megállapítható, hogy mennyire érzékeny a mérés a frekvenciára. Korábban folytattam vizsgálatot személygépjárművel sík terepen, ahol szintén különböző

kijelenthető, hogy nem alkalmasak a mérési adatok feldolgozására. A másik két változat viszont közel azonos eredményt produkál.

1. táblázat: Az egyes feldolgozási módszerek eredményei (saját szerkesztés)

A mérési eredmények összefoglalása a mérési adat feldolgozási módszer szerinti bontásban									
Szituáció	1. szakasz hossza (m)	1. szakasz pontossága	2. szakasz hossza (m)	2. szakasz pontossága	3. szakasz hossza (m)	3. szakasz pontossága	4. szakasz hossza (m)	4. szakasz pontossága	Átlag pontosság
a	0,173	84,6%	0,556	14,5%	1,554	0,0%	3,057	0,0%	27,3%
b	0,139	92,8%	0,271	90,4%	0,414	92,1%	0,557	92,8%	92,1%
c	0,162	91,6%	0,299	99,7%	0,445	99,0%	0,591	98,6%	97,2%

2. táblázat: A mérési eredmények összefoglalása a különböző mintavételi frekvenciák és mérési sebességek szerint

1,43 Hz		2,85 Hz		50 Hz		200 Hz	
Mérés sebessége (m/s)	Pontosság (%)	Mérés sebessége (m/s)	Pontosság (%)	Mérés sebessége (m/s)	Pontosság (%)	Mérés sebessége (m/s)	Pontosság (%)
0,17	2,5%	0,17	31,7%	0,17	62,1%	0,18	44,4%
0,43	97,4%	0,44	97,6%	0,55	94,9%	0,56	95,1%
0,27	68,9%	0,36	92,4%	0,40	95,2%	0,42	91,1%
0,52	98,6%	0,60	98,0%	1,00	99,1%	1,18	99,7%
0,38	80,0%	0,41	96,8%	0,49	95,7%	0,51	94,1%
0,95	99,6%	0,54	97,4%	1,08	98,3%	0,97	97,8%

frekvenciákon történt a mintavétel, és arra a következtetésre jutottam, hogy ez nem befolyásolja jelentős mértékben a végeredményt [1]. Most ebben a megváltozott környezetben, ahol a megtett távolság csak 1 m körüli, a sebesség is csak 1 m/s körüli, tehát nagyságrenddel kisebb ezért szükségesnek tartottam az új-bóli vizsgálatot.

Kis frekvencia tartományban 1,43-2,85 Hz a mintavételi idő instacionárius, emiatt nehéz megállapítani a mozgásban lévő tartományt, ami a végeredmény erős torzulásához vezethet. A frekvenciavizsgálathoz négy különböző frekvencián különböző mérési sebesség mellett végeztem mérést. Az egyes szakaszokon mért átlagsebesség a következő kifejezéssel számítható.

$$\bar{v} = \frac{x}{t_k - t_i} \quad (4)$$

ahol,

x: a mérőműszerrel mért megtett távolság

t_i : a mért adatsorból a szakasz elején levő idő adat

t_k : a mért adatsorból a szakasz végén levő idő adat

A továbbiakban megvizsgáltam, hogy a mérési sebességtől hogyan függ a mérés pontossága. Erre a legjobb módszer a regresszióanalízis. Jelen esetben nemlineáris regressziót alkalmaztam a pontos görbeillesztés miatt. A legjobb illeszkedés egy hatvány függvénnyel érhető el, amit a következő alakban írtam fel:

$$f(x) = A \cdot x^B \cdot e^{Cx+D} \quad (5)$$

A regressziós együtthatók

A: 21,11

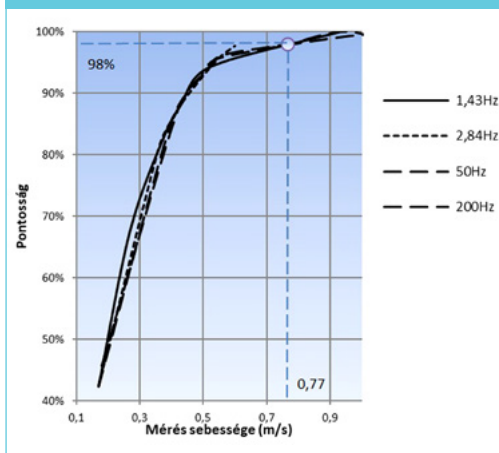
B: 0,04

C: -0,05

D: -19,17

A regresszióvizsgálatot követően a négy különböző frekvenciagörbét diagramon ábrázoltam, amin bejelöltem a 98%-os pontosságot, amihez 0,77 m/s mérési sebesség tartozik. Ez azt jelenti, hogy legalább ekkora sebességgel célszerű mérni, ha 98%-os pontosságot akarunk elérni. Természetesen nem csak ez az egy tényező befolyásolja a mérést, ezért kisebb sebesség mellett is kaphatunk ilyen pontosságot, és fordítva, nagyobb sebesség mellett is előfordulhat kisebb pontosság. A vizsgálat csak arra mutat rá, hogy ideális esetben a különböző mérési sebességek mellett milyen pontosság érhető el, valamint az is

2. ábra: A mérés pontossága a sebesség függvényében különböző frekvenciákon

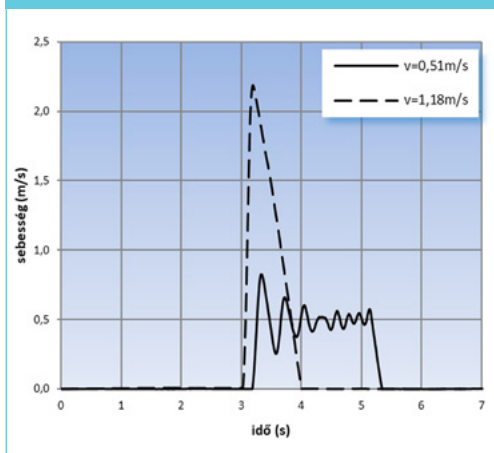


kiderül, hogy a mintavételi frekvenciák közt nincs szignifikáns különbség.

A vizsgálatból az is kiderül, hogy ilyen kis távolság és sebesség esetén is gyenge az összefüggés a mintavételi frekvencia, valamint a mérés pontossága között. Mindazonáltal ajánlott a magasabb frekvencia alkalmazása, mert ez megkönnyíti a szakaszhatárok azonosítását, továbbá a sebességet is pontosabban ki lehet számolni. Még egy dolog megfigyelhető a 2. ábrán mégpedig az, hogy a kezdeti szakaszban meredeken, szinte lineárisan növekszik, majd 0,5 m/s-nál van egy törés, itt 92% körüli pontosság érték van, innentől pedig lassú a növekedés. A 92%-os mérési pontosság durva közelítő méréshez megfelelő lehet és elegendő 0,5 m/s-os sebesség, ami kisebb, mint egy gyalogosé, ezt nem nehéz elérni. A mérési módszert gépjárműre fejlesztettem ki, ami ettől lényegesen nagyobb sebességekre képes, így nagy valószínűséggel a mérés sebessége nem fog hibát eredményezni a kiértékelésnél.

Érdeemes megfigyelni a sebességgörbék alakját is. A sebesség növekedésével egy érdekes jelenség tapasztalható, ami miatt a görbe kisimul és egyenletes lesz. Ez a jelenség 1 m/s sebességértéknél jelentkezik a 3. ábrán látható módon. Tehát magasabb sebességnél a zaj eltűnik a sebességgörbéből. Terepi mérés során ez a jelenség

3. ábra: A sebesség görbék összehasonlítása (saját szerkesztés)



nem volt tapasztalható, mert ott nagyságrenddel nagyobb sebességértékek alakultak ki [1].

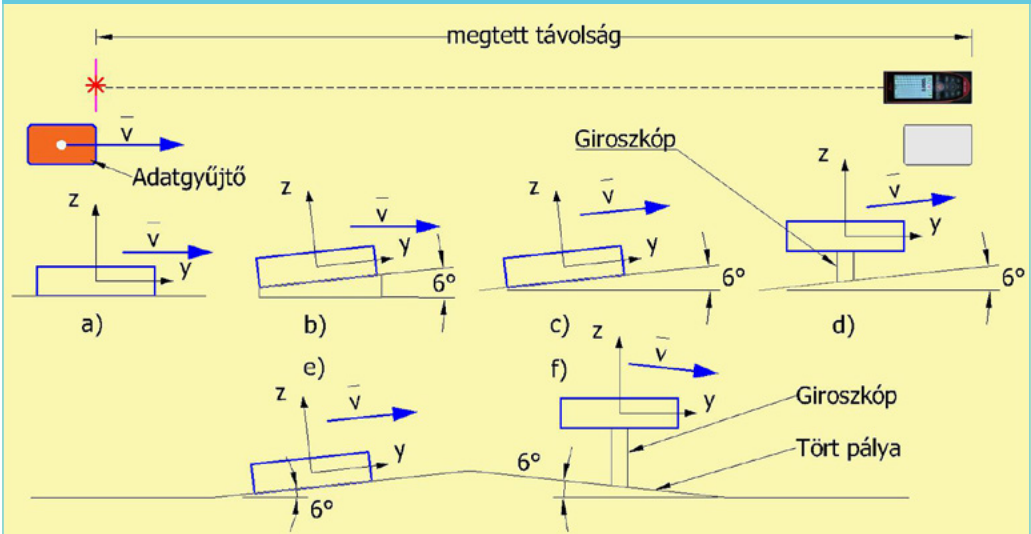
4. A KÜLÖNBÖZŐ SZITUÁCIÓK VIZSGÁLATA

A számítási módszert különböző szituációkon teszteltem. A valóságban egy utazás során nem végig folyamatosan, hanem menet közben a jelzőlámpák, gyalogosok vagy egyéb nem várt esemény miatt meg kell állni, ezért a mérési módszernek kezelni kell ezt a szituációt. Továbbá az út nyomvonalvezetése általában nem teljesen sík, ezért vizsgálok a lejtőn mért adatokat is. Emiatt szükséges a következő vizsgálat elvégzése, amelyre hat különböző szituációt fogalmaztam meg. A mérést 200 Hz mintavételi frekvencia mellett 1 m/s körüli sebességgel végeztem. A lejtőt egy fa ék képezte, aminek hajlásszöge 6,00°. A hajlásszög méréséhez Leica disto s910 mérőműszert használtam. A megtett távolságot minden esetben egyedileg mértem le, és ehhez hasonlítottam a számítottat. A mérési szituációkat az alábbiak szerint fogalmaztam meg és a 4. ábra szemlélteti.

a, Az adatgyűjtő vízszintesen mozog, a mérés iránya megegyezik a mozgás irányával.

b, Az adatgyűjtő dőlt helyzetű és vízszintesen mozog, a mérés iránya nem egyezik a mozgás irányával.

4. ábra: A mérési szituációk (saját szerkesztés)



c, A terep dőlt az adatgyűjtő párhuzamos irányú a mozgással, a mérés iránya megegyező a mozgás irányával.

d, A terep dőlt az adatgyűjtő vízszintesen mozog, a mérés iránya nem egyezik a mozgás irányával.

e, A terepben emelkedő és lejtő van, a műszer a pálya síkjával párhuzamosan mozog.

f, A terepben emelkedő és lejtő van, a műszer vízszintes helyzetben mozog.

- **Okostelefon:** A beépített szenzor típusa BOSCH BMI120
- **Távolságmérő:** LEICA DISTO S910

A vizsgálatot egy asztalon végeztem el 200 Hz mintavételi frekvencián. A kiindulási pontot jelöltem az asztalon, mint bázispontot. A mérést az első négy szituáció esetén kétszer hajtottam végre, egyszer megállás nélkül, egyszer pedig megálltam mérés közben, ez utóbbit szaggatott mérésnek neveztem el a **3. táblázatban**. Mivel a mérés sebessége befolyásolja a pontosságot ezért ezt feltüntettem a táblázatban, viszont a szaggatott mérésnél a két mozgásban lévő szakasz átlagát adtam meg. Az **e** és az **f szituációk** esetén csak folytonos mérés történt.

A **b** és az **e** szituációk alacsony pontosságot értek el. A két szituáció viszont különbözik egymástól. Ha összehasonlítjuk azokat, akkor az alapvető különbség az, hogy a műszer vízszintes vagy dőlt helyzetű a mérés közben. Három esetben az **a,d,f** vízszintes és a másik három esetben pedig dőlt helyzetű. A pontatlanság két esetben (**b** és **e**) szignifikánsan jelentkezett. A közös bennük, hogy mindkét esetben dőlt helyzetű a műszer, de az **e** esetben két irányban is dőlt a mérés során, egyszer emelkedőn,

A vizsgálattal megválaszolendő kutatási kérdések.

- Az első négy szituáció közül melyikben történt pontos mérés?
- Fontos-e a műszert vízszintesen tartani?
- Tört pálya teszt. Van-e különbség a sima és a giroszkópos mérés között?
- Van-e hatása a kezdeti gyorsulás értéknek a pontosságra?
- Befolyásolja-e a mért és a számított sebesség különbsége a pontosságot?

A mérés végrehajtásához felhasznált mérőeszközök:

3. táblázat: A különböző szituációkban elért pontosságok.
(saját szerkesztés)

	Mérés sebessége (m/s)	Pontosság (%)
a) szituáció folytonos	0,82	96,7
a) szituáció szaggatott	0,53	99,9
b) szituáció folytonos	0,46	94,9
b) szituáció szaggatott	0,61	46,2
c) szituáció folytonos	0,85	98,0
c) szituáció szaggatott	0,74	94,2
d) szituáció folytonos	0,77	99,8
d) szituáció szaggatott	0,28	97,5
e) szituáció folytonos	0,85	60,3
f) szituáció folytonos	0,36	93,1

egyszer lejtőn haladt. A c esetben is dőlt helyzetű a műszer, viszont itt elég magas értéket ért el a pontosság.

A törtpálya teszt során giroszkóp nélkül 60%, míg giroszkóppal 93% pontosságot értem el 0,36 m/s sebesség mellett, ami a 2. ábra alapján is csak 87% körüli pontosságnak felel meg, ami alapján elég meggyőző a giroszkóppal elért eredmény.

5. GIROSKÓPOS TEREPI MÉRÉS, IPARI PARK

A mérés végrehajtásához felhasznált mérőeszközök:

- Gyorsulás szenzor: BOSH BMI120
- Adatgyűjtő: Okostelefon

Távolságmérő: LEICA DISTO S910+Tripod

A mérés helyszínénél a korábbi gyorsulásszenzoros vizsgálat helyszínét választottam [1]. A vízszintes útszakaszon kimértem a távolságmérővel száz métert 5. ábra.

A gépjárművel a kijelölt szakaszon mentem végig mindkét irányban felváltva, a mérés elvi vázlatát a 6. ábra mutatja. Amikor a kiemelt szegély felé hajtottam a kezdő pozícióban az első kerék a burkolati jelen volt és végpozícióban a kiemelt

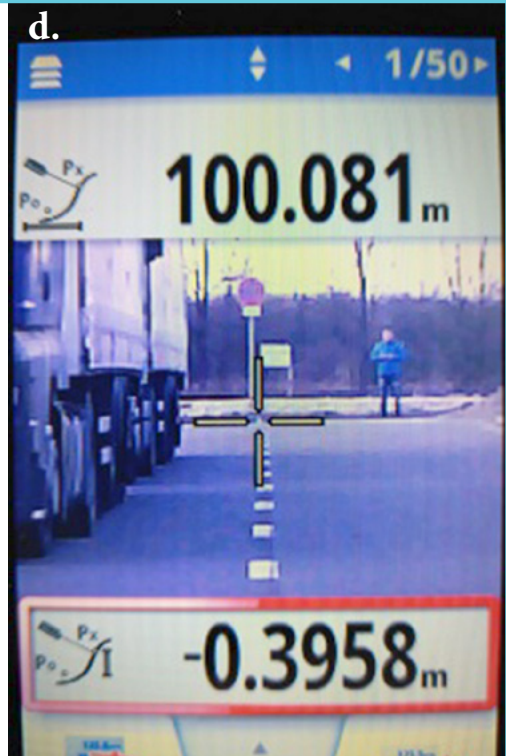
szegélynek ütközött, így a keréktalp pontja eltolódott S₁ távolságra, ezért a megtett távolság lecsökkent 99,70 m-re, amit a 4. táblázatban is feltüntettem. Az ellenkező irányba történő mérésnél a kezdő pozícióban a hátsó kerék a kiemelt szegéllyel érintkezik ezért a jel 99,70 m tesz meg a jármű, a megállást követően pedig minden esetben a kerék talp pontjának távolságát lemértem (5. ábra) és jegyzőkönyvben rögzítettem. A műszer elhelyezése a

jármű középkonzolján rögzített giroszkópon történt. A műszert a jármű hossz tengelyével megegyezően, vagyis a menetiránynak megfelelően állítottam be. A gyorsulási irányok értelmezését a 7. ábra mutatja.

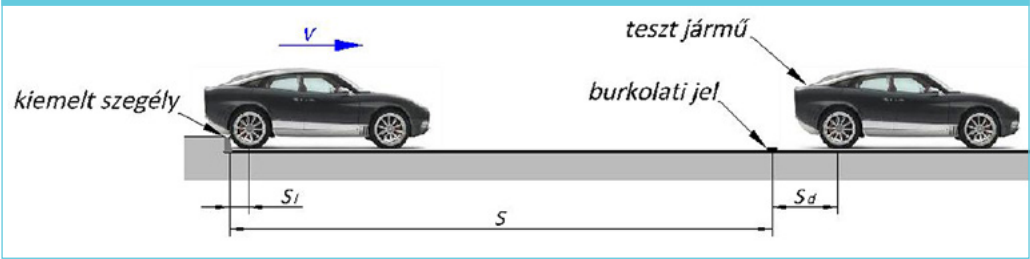
A giroszkóp egyensúlyban tartja a műszert. A giroszkóp bekapcsolása előtt a telefon súlypontját a forgásközéppontba kell állítani a giroszkóp vízszintes karjának növelésével, aminek hosszát a 7. ábrán b-vel jelöltem. A kiegyensúlyozást követően a műszer egy bizonyos határon belül még egy β szöggel elforgatható, ezt szemlélteti a 7. ábra. A kijelölt szakaszon negyven mérést hajtottam végre 50 Hz-es mintavételi frekvencián, a mérés eredményeit a 4. táblázatban foglaltam össze.

A táblázatban szürke aláfestéssel jelöltem a 92% alatti pontosságú méréseket, és az tapasztalható, hogy minden második, vagyis a kiemelt szegély felé történő mérés az. Tehát valami hiba történt a mérés során. A feltételezésem az, hogy a műszer beállításából adódhatott a hiba, mivel egy bizonyos β szöggel elfordulhat a befogáskor és csak egyszer a mérés kezdetén állítottam be a műszert, az úttestnek pedig van egy enyhe 0,4%-os hosszúsága 5. ábra (d). Amennyiben csak a burkolati jel felé történő mérést nézem, úgy 96,9%-os a pontosság.

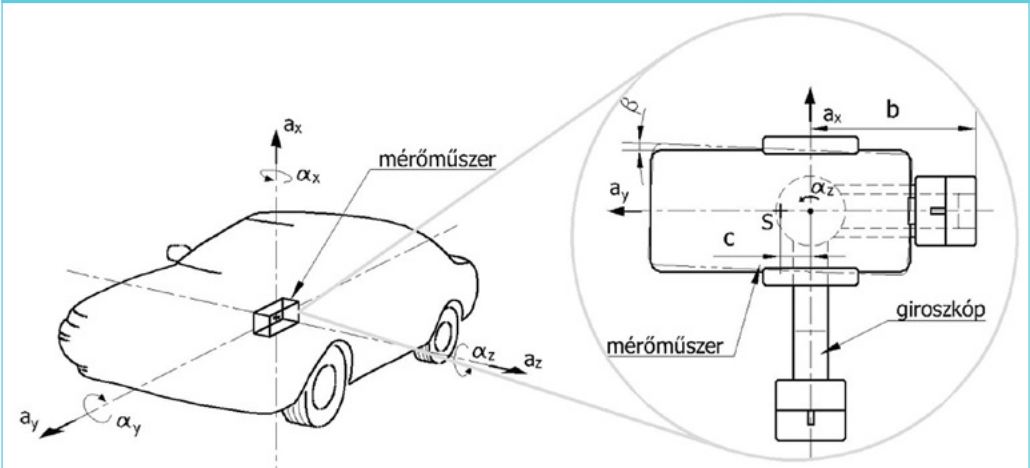
5. ábra: A 100m-es szakasz és a szintkülönbség kimérése (a) lézeres távolság mérő, (b) célpont, (c) a mért távolság (d) a szintkülönbség (e) a burkolati jeltől mért távolság. (saját szerkesztés)



6. ábra: A távolság mérés elvi vázlata. (saját szerkesztés)



7. ábra: A mérőműszer elhelyezkedése a járműben és gyorsulási irányok értelmezése (saját szerkesztés)



Elsőként a pontosságot vizsgáltam meg, ami meglepő módon a két irányt külön átlagolva szignifikáns különbséget mutat. A statisztikai adatokból megfigyelhető, hogy az adatok nem a mediánnál, hanem az alsó illetve a felső kvartiliseknél vannak nagyobb számban, nagyjából ugyanannyi darabszámban, ami igazolja, hogy a két irány eltérő pontosságot mutat. A kiemelt szegély felé 85%, a burkolati jel felé pedig 97% a pontosság.

A jelen mérési eredmények elég meggyőzőek, viszont ha a korábbi ipari parki normál mérés [1] eredményével összevetem, ahol a normálmérés 93% lett, akkor ez jobbnak mondható, de ha a jelen cikkben közölt mérési eredményeket irányonként külön vizsgálom, akkor a mostani giroszkóppal kompenzált mérés mutat jobb eredményt.

A korrigált mérési adatok feldolgozásából megállapítható, hogy a pontosság számtani átlaga 98,58% lett, ami a mérési módszer pontossága.

A későbbi mérési eredmények értékeléséhez meghatározom a mérési módszer konfidencia intervallumát matematikai statisztikai módszerrel [11]. Legyen a becslés várható érték $\hat{m}_n=98$, ami az általam kidolgozott mérési módszer pontossága. A konfidencia intervallum 95%-os megbízhatósági szintjén az $\varepsilon=0,05$, a mintából vett statisztikai szórás $\sigma=0,98$, a minta darabszáma pedig $n=40$. A várható értéket valószínűségi változónak tekintve a következő összefüggés írható fel.

$$P(C_{n,\varepsilon}^1 \cdot \hat{\beta}_n + \hat{m}_n < m_n < C_{n,\varepsilon}^2 \cdot \hat{\beta}_n + \hat{m}_n) = 1 - \varepsilon \quad (6)$$

4. táblázat: Az ipari parki terepi mérés adatait összefoglaló táblázat. (saját szerkesztés)

s.sz.	Eredeti mérés										Korrigált mérés		
	Mérés iránya	Jeltől való eltérés (m)	Mért távolság (m)	Számított távolság (m)	Távolság eltérés (m)	Mért sebesség maximuma (km/h)	Számított sebesség maximuma (km/h)	A sebesség-különbségek (km/h)	A kezdeti gyorsulás értéke (m/s ²)	Pontosság (%)	Számított távolság (m)	Távolság eltérés (m)	Pontosság (%)
1	KSZ		99,70	88,41	-11,29	40	33	7	-0,53	88,68	98,20	-1,50	98,50
2	BJ	-0,68	99,02	100,63	1,61	48	44	4	-0,58	98,37	100,63	1,61	98,37
3	KSZ		99,70	85,48	-14,22	46	39	7	-0,52	85,74	98,61	-1,09	98,91
4	BJ	-0,78	98,92	95,35	-3,57	41	36	5	-0,35	96,39	99,27	0,35	99,65
5	KSZ		99,70	85,17	-14,53	42	36	6	-0,29	85,43	97,31	-2,39	97,60
6	BJ	-0,02	99,68	99,95	0,27	45	41	4	-0,38	99,73	99,95	0,27	99,73
7	KSZ		99,70	85,97	-13,73	42	34	8	-0,31	86,23	102,64	2,94	97,05
8	BJ	-0,36	99,34	102,15	2,81	43	40	3	-0,40	97,17	97,99	-1,35	98,64
9	KSZ		99,70	84,75	-14,95	40	33	7	-0,43	85,01	102,38	2,68	97,31
10	BJ	-0,40	99,30	96,85	-2,45	42	37	5	-0,35	97,53	96,85	-2,45	97,53
11	KSZ		99,70	83,39	-16,31	41	33	8	-0,46	83,64	100,42	0,72	99,28
12	BJ	0,35	100,05	99,55	-0,50	41	37	4	-0,40	99,50	99,55	-0,50	99,50
13	KSZ		99,70	85,34	-14,36	43	35	8	-0,40	85,60	101,80	2,10	97,89
14	BJ	0,35	100,05	102,35	2,30	41	39	2	-0,30	97,70	96,24	-3,81	96,19
15	KSZ		99,70	84,13	-15,57	41	33	8	-0,30	84,38	101,65	1,95	98,04
16	BJ	0,07	99,77	94,93	-4,84	41	36	5	-0,36	95,15	98,85	-0,92	99,08
17	KSZ		99,70	90,93	-8,77	44	39	5	-0,21	91,20	96,45	-3,25	96,74
18	BJ	0,26	99,96	103,50	3,54	44	41	3	-0,37	96,46	99,02	-0,94	99,06
19	KSZ		99,70	87,55	-12,15	44	36	8	-0,17	87,81	101,11	1,41	98,59
20	BJ	0,13	99,83	99,92	0,09	43	39	4	-0,51	99,91	99,39	-0,44	99,56
21	KSZ		99,70	87,50	-12,20	44	37	7	0,00	87,76	102,28	2,58	97,41
22	BJ	-0,08	99,62	102,69	3,07	41	38	3	0,00	96,92	98,25	-1,37	98,62
23	KSZ		99,70	83,46	-16,24	40	32	8	-0,10	83,71	101,88	2,18	97,81
24	BJ	-0,76	98,94	99,45	0,51	42	38	4	0,00	99,48	98,60	-0,34	99,66
25	KSZ		99,70	83,47	-16,23	41	32	9	-0,34	83,72	102,69	2,99	97,00
26	BJ	0,10	99,80	103,72	3,92	41	38	3	0,00	96,07	100,90	1,10	98,90
27	KSZ		99,70	82,42	-17,28	40	32	8	-0,40	82,67	99,69	-0,01	99,99
28	BJ	0,00	99,70	102,77	3,07	41	38	3	0,00	96,92	97,71	-1,99	98,00
29	KSZ		99,70	85,67	-14,03	37	30	7	-0,10	85,93	99,79	0,09	99,91
30	BJ	0,30	100,00	104,10	4,10	42	39	3	-0,12	95,90	99,69	-0,31	99,69
31	KSZ		99,70	82,52	-17,18	41	33	8	0,15	82,77	101,58	1,88	98,11
32	BJ	1,13	100,83	90,82	-10,01	38	32	6	0,36	90,07	98,97	-1,86	98,16
33	KSZ		99,70	81,16	-18,54	39	29	10	0,22	81,40	100,54	0,84	99,16
34	BJ	1,48	101,18	100,96	-0,22	38	35	3	0,01	99,78	101,08	-0,10	99,90
35	KSZ		99,70	85,00	-14,70	39	31	8	0,45	85,26	100,36	0,66	99,34
36	BJ	0,20	99,90	91,74	-8,16	40	34	6	-0,43	91,83	100,08	0,18	99,82
37	KSZ		99,70	78,40	-21,30	38	29	9	-0,25	78,64	98,98	-0,72	99,28
38	BJ	-0,10	99,60	97,40	-2,20	40	36	4	-0,42	97,79	98,36	-1,24	98,76
39	KSZ		99,70	84,22	-15,48	39	32	7	-0,33	84,47	101,33	1,63	98,37
40	BJ	0,90	100,60	95,79	-4,81	40	34	6	-0,60	95,22	102,52	1,92	98,09
										90,95		98,58	

$$\hat{\beta}_n = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (7)$$

A fenti képlet alapján $\hat{\beta}_n=0,16>0$ ezért a $C_{n,\varepsilon}^i$ értékeket a

$$\Phi(C_{n,\varepsilon}^2) = 1 - \frac{\varepsilon}{2}, \quad \Phi(C_{n,\varepsilon}^1) = \frac{\varepsilon}{2} \quad (8)$$

összefüggésből határozom meg, ahol ϕ a standard normális eloszlás eloszlásfüggvényét jelöli. Mivel a standard normális eloszlás eloszlásfüggvénye szimmetrikus, azaz a $\phi(-x) = \phi(x)$, ezért $C_{n,\varepsilon}^1 = C_{n,\varepsilon}$ és $C_{n,\varepsilon}^2 = C_{n,\varepsilon}$ alakú, ahol $\phi(C_{n,\varepsilon}) = \varepsilon/2$. Az $\varepsilon=0,05$ esetben a $\phi(C_{0,05}) = -1,96$ lesz.

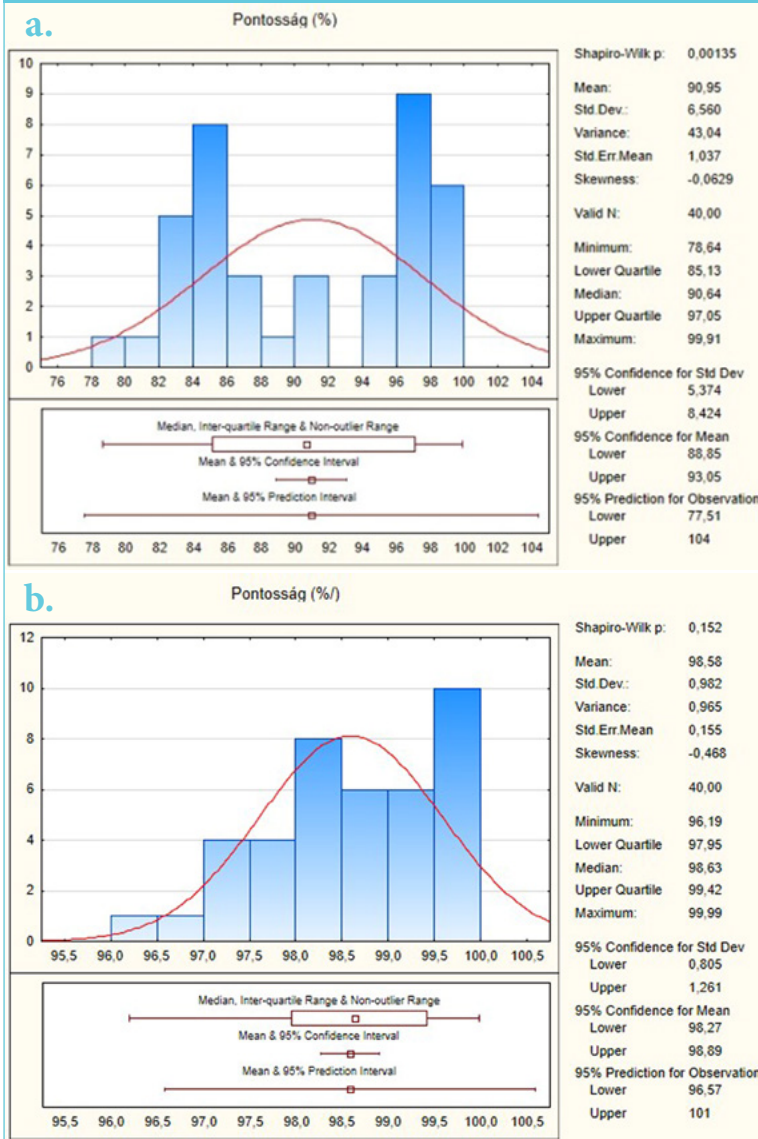
Így a konfidencia intervallum:

$$\begin{aligned} &(C_{n,\varepsilon}^1 \cdot \hat{\beta}_n + \hat{m}_n; C_{n,\varepsilon}^2 \cdot \hat{\beta}_n + \hat{m}_n) = \\ &= (-1,96 \cdot 0,16 + 98; 1,96 \cdot 0,16 + 98) \approx \\ &\approx (97,68; 98,31) \text{ lesz.} \end{aligned}$$

A statisztikában a korreláció-vizsgálat a statisztikai adatok egymás közötti kapcsolatának vizsgálatára szolgál. A mérés során hiba származhat a műszer vízszintbe helyezéséből, mivel ha nincs vízszintben, akkor nem a valós gyorsulást fogja mérni a műszer. Az elfogadható érték $\pm 0,5 \text{ m/s}^2$, ebben az esetben azt mondható, hogy nincs hatással a kezdeti gyorsulás érték a pontosságra **8. ábra**.

A két változót a Pearson-féle korrelációval vizsgáltam az Ipari parkban mért adatokkal.

8. ábra: A mért adatok statisztikai feldolgozása (a) normál (b) korrigált. (saját szerkesztés)



lációs együtthatót a következő összefüggéssel számoltam[12]:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (9)$$

A sebességkülönbség pontosságra gyakorolt hatása szignifikáns **9. ábra**, vagyis fontos a sebesség pontos ismerete. A mért adatok korrigálásához viszont elegendő, egy utazás során a maximális sebességet meghatározni és ez alapján kiszámolni a szükséges korrekciós tényezőt.

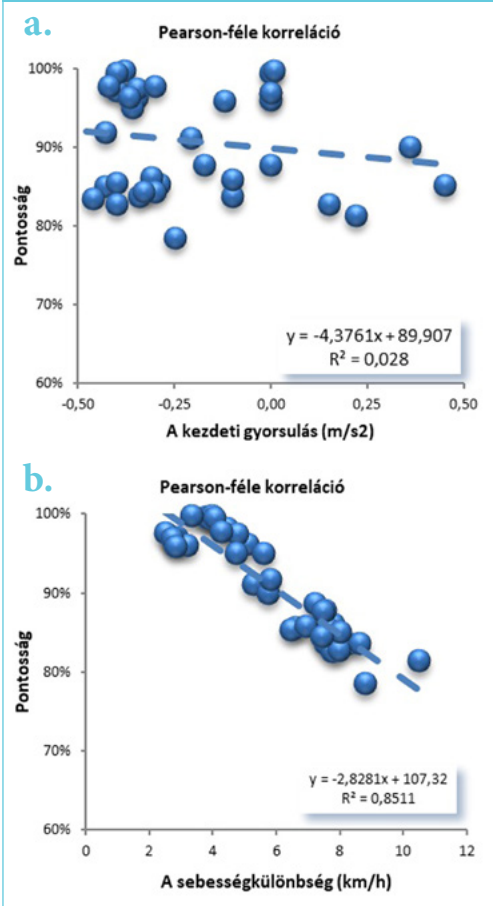
8. GIROSKÓPOS TEREPI MÉRÉS, ALSÓ RAKPARTI ÚT

Az alsó rakparti úti mérés lényege, hogy teszteljem a giroszkóppal kompenzált mérési módszert. Az útvonal kiválasztásánál szempont volt, hogy változatos lejt- és ívviszony legyen benne. A mérés során három műszert használtam, egyet a GPS nyomkövetésre, egyet a normálgyorsulásra, egyet pedig a kompenzált gyorsulás mérésre. A mérést

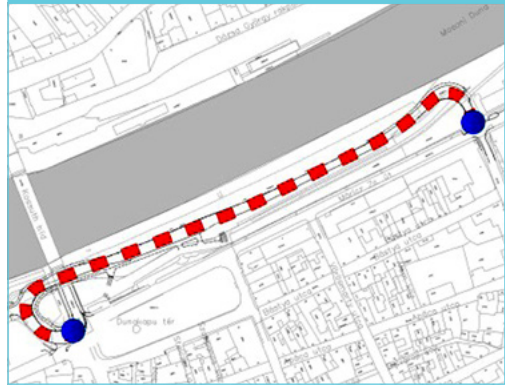
Amennyiben az együttható értéke $r(x,y)=\pm 1$, akkor a két változó között lineáris a kapcsolat, pozitív előjel esetén egyenes, negatív előjel esetén pedig fordított. A szorosságot az határozza meg, hogy az r értéke mennyire áll közel a -1-hez vagy a 1-hez. A nulla közeli állapot pedig azt jelenti, hogy gyenge, illetve hogy nincs lineáris kapcsolat a két változó között. A korre-

50 Hz-en végeztem mindkét műszerrel. A **10. ábrán** látható EOVS koordináta rendszerben levő helyszínrajzról pontosan lemértem mindkét irányban a megtett távolságot. Ezután összevettem a helyszínrajzi és a GPS által mért távolságot, ami egyik irányba 99,7% a másik irányba 99,9%-os egyezést mutatott. Menet közben figyeltem a jármű sebességmérőjét, ami

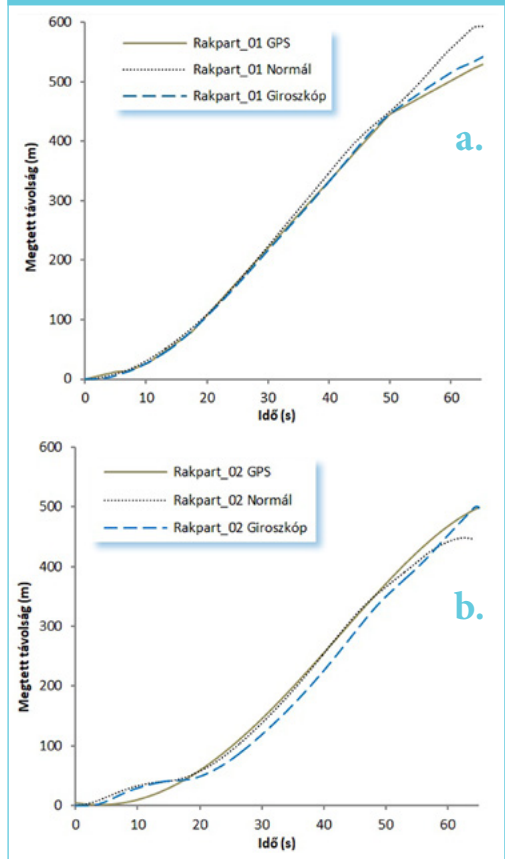
9. ábra: A korreláció számítás eredménye
 (a) A kezdeti gyorsulás-pontosság,
 (b) A sebességkülönbség-pontosság
 (saját szerkesztés)



10. ábra: A kísérleti útszakasz (Győr, Alsó rakparti út). (saját szerkesztés)



11. ábra: A három különböző mérési módszer eredménye út-Idő diagramon
 (a) Kossuth-híd felé (b) Dunapart rezidencia felé. (saját szerkesztés)



5 km/h-val többet mutatott a GPS-nél. A kettő közül én a GPS által mért sebességet vettem alapul, a távolság nagypontosságú egyezése miatt.

A helyszínrajzról lemért távolság a forgalmi sáv közepén történt. A helyszínen pontosan álltam fel a járművel, a Kossuth-híd felé a kezdő pont az árvízvédelmi fal vonala volt, a végpont pedig a híd lábánál lévő jelzőlámpához felfestett felállási vonal, amely közt a távolság 497,54 m. A Dunapart rezidencia felé a kezdő pont a híd lábánál lévő zebra, míg a végpont a Dunapart rezidencia előtti gyalogátkelőhely előtti pont, amely közti távolság 511,40 m.

A mérési eredményeket út-idő diagramokon mutatom be **11. ábra**. A Kossuth-híd irányába történő mérés során a normál méréssel 607,11 m távolságot, így 78% pontosságot értem el, míg a giroszkóppal kompenzált méréssel 507,28 m, azaz 98% pontosságot. A Dunapart rezidencia felé 448,45 m távolságot, vagyis 87,7% pontosságot, míg a giroszkóppal 500,75 m, tehát 97,9% pontosságot mértem.

12. KONKLÚZIÓ

A mérést különböző frekvencián lehet elvégezni, ami a pontosságra gyenge hatással van, de a mintavételi időnek állandónak kell lennie. A vizsgálatban használt műszer 50 és 200 Hz esetén használ állandó mintavételi időt, ami sok adatot generál ezáltal könnyebb az egyes szakaszhatárok megtalálása.

A szituációk vizsgálatánál alapvetően két kategóriára lehet osztani az esetet. Az egyik, amikor teljesen vízszintes helyzetben van a műszer, a másik, amikor dőlt. A hat szituációból kettőnél (b és e) jelentkezett szignifikáns eltérés a pontosságban 46% és 60% ami nem megfelelő. A c szituáció esetén is dőlt a műszer, viszont itt magas volt a pontosság értéke. Ez azzal magyarázható, hogy a mérés párhuzamosan történt a mozgással, és nem változik a dőlésszöge, valamint a mérés sebessége a megtett távolsághoz viszonyítva nagy. Tehát az első kutatási kérdésre a válasz a pontosság konfidencia tartományát figyelembe véve az **a**, **c**, és a **d** szituációban történt pontos mérés.

A második kérdésre válaszolva, a megállapításokból az a következtetés vonható le, hogy a mérés során vízszintes helyzetben kell tartani a műszert, vagyis a giroszkóppal kompenzált mérési metódus bármilyen nyomvonalvezetés esetén használható.

A harmadik kutatói kérdésre az a válasz, hogy szignifikáns különbség mutatkozik a sima és a giroszkópos mérés között változó lejtviszonyok esetén. Ezért a terepi mérés során a giroszkóppal kompenzált mérési metódust lehet használni a megbízható, pontos méréshez.

A negyedik és ötödik kutatási kérdésre a választ a korrelációvizsgálat adja. Amennyiben a kezdeti gyorsulás érték $\pm 0,5 \text{ m/s}^2$ közötti, ami származhat a rossz beállításból is, úgy nincs hatással a pontosságra. A mért és a számított sebesség különbsége egyértelműen hatással van a pontosságra, ami azt jelenti, hogy a mérés során fontos a sebesség pontos rögzítése.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Mika P., „Járműtrajektória előállítása gyorsulás szenzorból nyert adatokból”, *Közlekedéstudományi Szle.*, köt. 69, sz. 5, o. 18–28, 2019, DOI: <http://doi.org/d2mp>
- [2] Koller Sándor, *Forgalomtechnika*. Budapest: Tankönyvkiadó, 1976.
- [3] Markó Gergely, Primusz Péter, és Péterfalvi József, *Hajlékony útburkolatok élettartamának meghatározása a továbbfejlesztett kézi behajlásmérés alkalmazásával*, köt. Kari Tudományos Konferencia Kiadvány. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, 2011.
- [4] R.R.Bartelsmeyer, C.D. Curtiss, és Wilbur S. Smith, „The AASHO Road Test”, *Highw. Res. Board*, sz. Report 6, 1962.
- [5] Fi István, „Háromrétegű rendszerek gépi úton való lehajlásszámítása útpályaszerkezetek méretezéséhez”, *Mélyépítéstudományi szemle*, köt. XXIV. évf., sz. 1, o. 33–36, 1974.
- [6] Gáspár László, Horváth Ferenc, és Lublós László, *Közlekedési létesítmények élettartama*. Győr: Universitas-Győr Nonprofit Kft., 2011.
- [7] Kézdi Árpád, *Talajmechanika II*. Budapest: Tankönyvkiadó, 1954.
- [8] Nemesdy Ervin, „Útpályaszerkezetek méretezésének és anyagállandó-vizsgálatainak mechanikai alapja”, Budapest, 1985.
- [9] József T. és Gábor M., „Az útburkolatok állapotának felmérése új vizsgálati módszerek segítségével”, o. 23, 2017.
- [10] Vásárhelyi Boldizsár, *Útépítéstan*. Budapest: Tankönyvkiadó, 1951.
- [11] Kiss Béla és Krebsz Anna, „Valószínűség-számítás és matematikai statisztika”. 2006.
- [12] Havancsák Károly, *Mérési adatok kezelése és értékelése*. Typotex, 2012.



Gyroscope compensated accelerometer sensor vehicle trajectory measurement

The presentation of an improved method of accelerometer based distance measurement for the production of vehicle trajectories indicates that in reality, due to the road layout and surface defects, the inclination angle of the instrument changes continuously, which affects the final result of the measurement. It can be assessed what method can be used to solve this problem, and we get an idea of the accuracy and reliability of the measurement method through the analysis of the data measured during field experiments. The significance of the measurement method is that it can be used to measure distances with an acceleration sensor in any road conditions.



Messung der Fahrzeugtrajektorien mit der Hilfe von kreiselkompensierten Beschleunigungssensor

Die Vorstellung eines verbesserten Verfahrens zur Entfernungsmessung mit Beschleunigungsmessern zur Erzeugung von Fahrzeugtrajektorien zeigt, dass sich der Neigungswinkel des Instruments in der Realität aufgrund der Linienführung der Strasse und ihrer Oberflächenfehler kontinuierlich ändert, was sich auf das Endergebnis der Messung auswirkt. Es kann festgestellt werden, mit welcher Methode dieses Problem gelöst werden kann, und durch die Analyse der während des Feldversuchs gemessenen Daten können wir uns ein Bild über die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Messmethode erstellen. Die Bedeutung der Messmethode besteht darin, dass die Entfernung mit einem Beschleunigungssensor unter allen Straßenbedingungen und -Verhältnissen gemessen werden kann.

1951 70 év 2020



A KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI EGYESÜLET SZAKLAPJA
ALAPÍTVÁ 1951-BEN

PÁLYÁZAT

A Közlekedéstudományi Egyesület a Közlekedési Kultúra Napja alkalmából „A közlekedési kultúránk értékei” címmel különböző szervezetek összefogásával nyolc pályázatot írt ki. Ezek között a Közlekedéstudományi Egyesület Közlekedésbiztonsági Tagozata és a Városi Közlekedés c. folyóirat szerkesztőbizottsága, a Magyar Mérnöki Kamarával együttműködésben meghirdette „Az év közlekedésbiztonsági kiadványa” pályázatát. A kiírás alapvető célja a közlekedési szakemberek, szerzők, kiadók munkásságának elismerése, tevékenységük, műveik, az általuk bemutatott értékek népszerűsítése. A pályázók a felelős kiadók vagy a kiadó hozzájárulásával a szerzők, illetve a szerkesztők lehetnek.

Az 1951-ben alapított Közlekedéstudományi Szemle (KTSZ) mindmáig folyamatosan megjelenik. A jubileumi 70. évfolyam első lapszáma szakmai történetünk áttekintésével olyan dokumentumot hozott létre, ami sok-sok évre előremutatóan foglalja össze a KTSZ már-már történelminek is nevezhető tevékenységét. Ezért a Szerkesztőbizottság úgy gondolta, hogy az átlagosnál nagyobb és változatos tartalmú 2020. évi 1. számmal részt veszünk a pályázaton. A KTSZ alapítása óta töretlenül szolgálja a közlekedés, a közlekedéstudomány ügyét, s mára a KTSZ maradt az egyetlen és az MTA által akkreditált közlekedési tárgyú lap az országban.

A szerkesztőbizottság filozófiája a KTSZ 2020. 1. számának tartalmi meghatározásánál az volt, hogy a múlt, jelen, jövő felosztással részletesen beszámoljon a közlekedés, ezen belül a KTSZ szakmai tartalmáról, s egyben előrevetítse azokat a prognózisokat, amelyek kihívásként megjelennek tudományos területünk látókörében. Az első szám három fő fejezete egyenként is jelentős szakmai értékeket hordoz, és feladatokat is kijelöl. Külön érdemes kiemelni a döntően szerkesztőbizottsági tagokból álló szerzői kört, akiket munkájukért köszönet illet, mivel tudományos-szakmai írásukkal emelték a lap szakmai színvonalát.

A pályázat kiértékelés során a következő eredmény született:

I. díj:

Lovas György: Alagutak az építők szemével című ismeretterjesztő anyaga, tankönyve

II. díj:

Dr. Katona András (főszerkesztő): Közlekedéstudományi Szemle periodika
megosztva a:

BPMK Közlekedési Munkacsoport: Közlekedési Arculati Kézikönyvével (Belterület).

KIEGÉSZÍTÉS

A Közlekedéstudományi Szemle 2020. augusztusi számában Szűcs Lajos "A követési távolság megválasztásának elmélete, gyakorlata, a közlekedőknek a hazai gyorsforgalmi utakon megfigyelt követési távolság tartási szokásainak elemzése" cikkében a követési távolság és közlekedésbiztonság közötti összefüggésre és az előbbi korszerű mérési lehetőségeire világít rá.

Az alkalmazott szakkifejezéseket (forgalomnagyság, forgalomsűrűség) helyesen definiálja és stabil forgalomáramlási körülmények között a két jellemző közötti összefüggés szerint akár egymást helyettesítő kifejezések is lehetnek. A forgalomban résztvevő a forgalomsűrűséget érzékeli, ugyanakkor egy keresztmetszeti detektáló berendezés a forgalomnagyságot tudja meghatározni. Valószínűleg ezek okán a 8. ponttól a szerző következetesen forgalomsűrűséget említ jármű/ó dimenzióval, ami a definíciók alapján nem helyes, valójában forgalomnagyságról van szó.

Ez azonban a cikk tudományos értékét nem csökkenti, megállapításaival egyet lehet érteni. Továbbá rávilágít arra is, hogy nagy mennyiségű hazai közadat áll rendelkezésre, amelyek tudományos igényességű feldolgozása, elemzése, kutatási célú "újrahasznosítása" a hazai közlekedéstudomány egyik jelentős potenciálja lehet.

*Dr. Tóth János
a KTE főtitkára,
a Közlekedéstudományi Szemle felelős kiadója*



E számunk lektorai

Dr. Katona András ■ Dr. Pósfalvi Ödön
Dr. Tiner Tibor ■ Dr. Tóth János

Melléklet

Közlekedésbiztonság - Közlekedési környezetvédelem

Közúti baleseti sérülések kockázata Magyarországon

A Közlekedéstudományi Szemle rendszeresen foglalkozik a közúti közlekedés biztonsági kérdéseivel. Az ORFK-OBB – feladatából adódóan – kiemelt jelentőségűnek minősíti e témakört. Rendszeres mellékletünk jó alkalmat kínál a helyzetértékelésen túlmenően a trendek bemutatására, illetve a különböző szempontokból válogatott országokkal, országcsoportokkal való összehasonlításra.

DOI 10.24228/KTSZ.2020.5.4

Dr. Jankó Domokos

e-mail: balesetelemzes@gmail.com

1. BEVEZETÉS

Az egyes országok objektív közúti közlekedésbiztonsági helyzetének jellemzésére különböző – számított – mutatók használhatók. Legismertebb a „közlekedési halálozási arány” vagy „baleseti mortalitási mutató”, ami az átlagosan egymillió lakosra jutó halálos közlekedési baleseti áldozatok számát jelenti. Ez a szám tulajdonképpen egy kockázati mutató, ami jelzi, hogy az adott ország közúthálózatán milyen esélye van a közlekedőnek, hogy közúti balesetben halálosan megsérül. Minél kisebb ez a szám, ebből a szempontból annál biztonságosabbnak tekinthető az ország közúti közlekedése. Az 1. táblázatban néhány szomszédos ország adata mellett az EU átlagot és a legjobbak között számontartott svéd mutatót is közöljük. [1]. A 2010. évi adat a 2011-2020. évekre vonatkozó 10 éves EU (egyben a magyar) közlekedésbiztonsági stratégiai program bázisa. A mutatók 2019. évre történt csökkenésének mértékét a táblázat utolsó oszlopában látjuk. A csökkenések lényegében a programidőszak alatt kifejtett közlekedésbiztonsági tevékenység eredményességét mutatják.

A halálos sérülés kockázatának mutatója az EU tagországaiban 2019-re összesen 25%-kal csökkent, ami önmagában természetesen kedvező, a 2020-ra kitűzött 50%-os célkitűzéstől azonban várhatóan jelentősen elmarad. Mind a hét kiválasztott országban – különböző bázisról indulva – javultak a kockázati értékek. Sajnálatos módon a legkisebb csökkenést Magyarország érte el, a hét közül a legnagyobbat Szlovákia.

1. táblázat: Meghalt/millió lakos kockázati mutató értékei 2010 és 2019 években

	2010	2019	Csökkenés (%)
Magyarország	74	62	-16%
Románia	117	96	-18%
Svédország	28	22	-21%
Csehország	77	58	-25%
EU átlag	68	51	-25%
Horvátország	99	73	-26%
Ausztria	66	47	-29%
Szlovákia	65	45	-31%

2. táblázat: Magyarországon 2017-2019. között megsérült férfiak és nők száma és számaránya*

	MEGHALT (fő)		SÚLYOSAN SÉRÜLT (fő)		KÖNNYEN SÉRÜLT (fő)		ÖSSZES SÉRÜLT (fő)	
	Férfi	Nő	Férfi	Nő	Férfi	Nő	Férfi	Nő
2017-2019. évek	1359	500	10467	6126	27267	20843	39093	27469
Évi átlag (fő/év)	453	167	3489	2042	9089	6948	13031	9157
Összes átlag (fő/év)	620		5531		16036		22187	
Férfi/nő arány (%)	73%/27%		63%/37%		57%/43%		59%/41%	

* A hazai személyesüléses közúti közlekedési baleseti adatok forrása: Központi Statisztikai Hivatal baleseti adatbázisa. (kezelő program: web-bal, MK Zrt.)

A mortalitási index mellett még további két kockázati mutató használatos a nemzetközi szakirodalomban. Az egyiknél a viszonyítási alap az ország gépjárműállománya, a másiknál pedig az ország közútjain mérhető forgalmi teljesítmény. Szakmai szempontból leginkább alkalmas kockázati mutatónak tekinthető az egységnyi (1 milliárd járműkilométer) közúti forgalmi teljesítményre vetített halálos áldozatok száma. Magyarországon a teljes hazai közúthálózatra számított éves futásteljesítmények megbízható adatai nem állnak rendelkezésre, így ilyen – nemzetközi összehasonlításra alkalmas mutatóval – nem lehet számolni. Az [1] szakanyagban közreadott rangsorban a magyar adat nem szerepel. A cikk további részében csak a közlekedési halálozási mutatóval foglalkozom.

Az előzőekben bemutatott közlekedési halálozási mutató 2019. évi értéke az ország teljes lakosságára számított átlagos halálozási kockázatot jelenti. ($62 \cdot 10^{-6}$). A 2017-2019. közötti hároméves időszak évi átlagával számolva a kockázat $63 \cdot 10^{-6}$. A tanulmányban azt vizsgálom, hogyan alakul a számított – elsősorban a halálos – sérülési kockázat férfiak és nők között, illetve a különböző életkori csoportokban.

2. FÉRFIAK – NŐK SZÁMÁNAK ARÁNYA A KÖZÚTI BALESETI SÉRÜLTEK KÖZÖTT

A vizsgált időszak a 2017-2019. közötti hároméves KÖZLEKEDÉSBIZTONSÁGI AKCIÓPROGRAM időszaka, ami egyben az EU

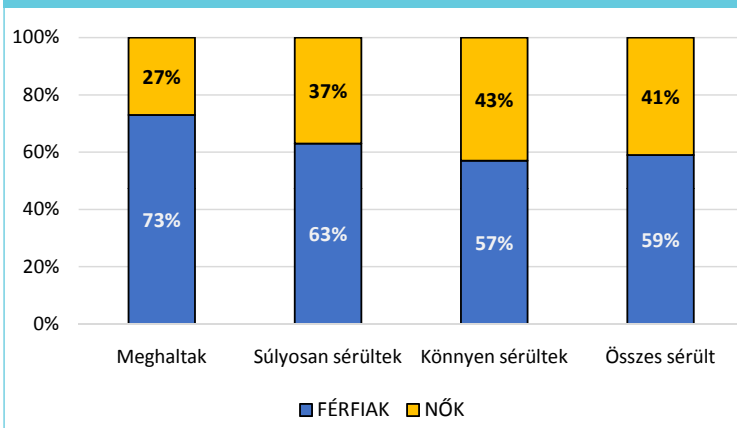
és Magyarország 10 éves stratégiai megelőzési programjában az utolsó – 2020. évet megelőző – három év¹. A 2. táblázat a különböző kimenetelű sérülések számát tartalmazza férfi és női sérült bontásban. A 2. táblázat utolsó sora mutatja a nemek számarányát a sérültek között. Megfigyelhető, hogy a sérülés kimenetelétől függően jelentősen változik a nemek aránya. A legsúlyosabb sérültek között a nők aránya Magyarországon 27%, a súlyos sérülés esetén 37%, könnyű kimenetelű sérülés esetén pedig 43%. (1. ábra)

Az adatok szerint tehát a halálosan megsérült személyek között a nők aránya 27%, vagyis – a vizsgált három év alatt – az évente átlagosan meghalt 620 fő között 167 nő volt és 453 férfi. A férfiak száma tehát lényegesen nagyobb a halálosan megsérültek között, mint a nők. A vizsgált időszakban a női áldozatok számának 2,7-szerese volt férfi áldozat, ami meglehetősen nagy különbség és amit nem indokol a népességben meglévő nemek aránya (4. táblázat).

A [2] szakanyagban találtam svédországi adatot a halálosan megsérültek (meghaltak) számának nemek szerinti megoszlására. Svédországban 2017-ben 253 fő halt meg közúti baleset következtében, közülük 57 nő és 196 férfi volt az áldozatok száma. Az arányok tehát

1 Nem érthető, hogy miért úgy választották meg a hazai részprogramok időszakait, hogy azok együttesen nem fedik le a 2011 – 2020. évek közötti teljes 10 éves programidőszakot? A 2020. év még része a 10 éves hosszútávú megelőzési tervnek, de már része a következő - 2020-2020. közötti - hároméves akcióprogramnak is.

1. ábra: Férfiak - nők számaránya a sérültek között Magyarországon (2017-2019)



esetek következtében – a különböző életkori csoportokba tartozó megsérültek számát, férfi és nő bontásban. A 4. táblázat tartalmazza a népesség számát a különböző életkori csoportokban. (Forrás: KSH)

A 3. és 4. táblázatban található adatokkal számítottam a halálos, súlyos, valamint a könnyű sérülés kockázatait.

3. táblázat: Közúti baleseti sérültek száma országosan a 2017-2019. években (fő)

ÉLETKORI CSOPORTOK (Év – Év)	MEGHALT			SÚLYOSAN SÉRÜLT			KÖNNYEN SÉRÜLT		
	Férfi	Nő	Összes	Férfi	Nő	Összes	Férfi	Nő	Összes
0-17	29	22	51	598	361	959	3380	2813	6193
18-24	109	37	146	1198	546	1744	4240	2744	6984
25-44	402	101	503	3828	1473	5301	10098	7118	17216
45-64	482	155	637	3364	2079	5443	6475	5370	11845
65-75	206	84	290	982	1078	2060	2049	1875	3924
76-	130	100	230	497	589	1086	1025	922	1947
Összes	1359	500	1859	10467	6126	16593	27267	20843	48110
Évi átlag	453	167	620	3489	2042	5531	9089	6948	16037

77%/23%, vagyis a jelzett országban a meghalt nők számának 3,4-szerese volt férfi. Ez az arány Magyarországon 2,7-szeres, vagyis arányosan kevesebb nő sérült meg halálosan Svédországban, mint Magyarországon, ugyanabban az évben.

3. A BALESETI SÉRÜLÉSEK KOCKÁZATA A KÜLÖNBÖZŐ ÉLETKORI CSOPORTOKBAN

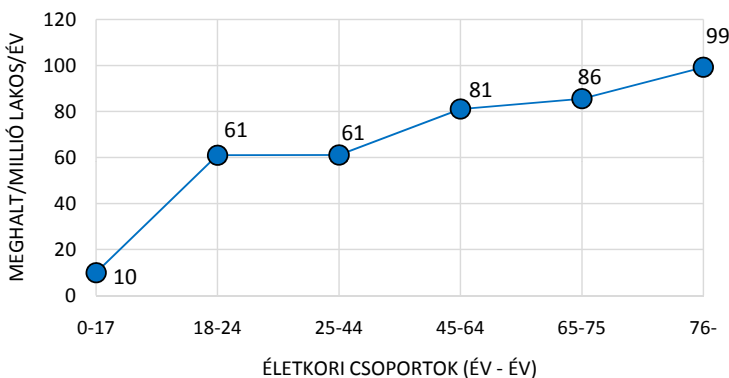
A kockázatok számításához szükség van a sérültek életkorára és a kiválasztott életkori csoportokban a népesség (lakosság) nagyságára. A 3. táblázatban foglaltam össze a 2017-2019. években – közúti közlekedési bal-

4. táblázat: Népesség az életkori csoportokban (fő*1000) (2017)

Életkori csoport (Év-Év)	Férfi	Nő	Összes	Férfi%	Nő%
0-17	880	833	1713	51%	49%
18-24	410	388	798	51%	49%
25-44	1397	1348	2745	51%	49%
45-64	1258	1362	2620	48%	52%
65-75	469	663	1132	41%	59%
76-	248	524	772	32%	68%
Összesen	4658	5124	9782	48%	52%



2. ábra: Halálos közúti baleseti sérülés kockázata Magyarországon (2017-2019)



4. HALÁLÓS BALESETI SÉRÜLÉS KOCKÁZATA MAGYARORSZÁGON

A teljes népességre számított halálos sérülés kockázata a vizsgált hároméves időszak átlaga szerint: $63 \cdot 10^{-6}$. A 2. ábrán a halálos baleseti sérülés számított kockázati mutatói láthatók a választott életkori csoportokban². A halálos baleseti sérülés legnagyobb kockázata a 75 évesnél idősebb lakosoknak van ($99 \cdot 10^{-6}$), míg a legkisebb kockázat a 17 évesnél fiatalabb korosztálynál számítható. Megfigyelhető, hogy Magyarországon a halálos sérülés kockázata a közúti közlekedésben, az életkor növekedésével egyre nagyobb. A 18-24 évesek és 25-44 évesek kockázata gyakorlatilag azonos nagyságú és a teljes népesség átlagos kockázatához közeli érték.

Megállapítható, hogy mind a teljes népességre, mind az egyes életkori csoportok tagjaira számítva, a halálos közlekedési baleseti sérülés kockázata Magyarországon elfogadhatatlanul nagy, különösen az idősebbek körében.

² Az életkori csoportokat nem teljesen önkényesen választottam. Egy svéd tanulmányban ezt a csoportosítást használták és a hazai adatokkal történő összehasonlíthatóság érdekében használok én is ezt a csoportosítást. A hivatkozott svéd anyag: Analysis of Road Safety Trends 2017. TRAFIKVERKET. Swedish Transport Administration. 2018. Ápril. <https://trafikverket.ineko.se/>

A következő fejezetben a svéd és a magyar adatokat hasonlítom össze.

5. HALÁLÓS SÉRÜLÉS KOCKÁZATAINAK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

Felmerülhet a kérdés, a közúti közlekedésbiztonság kérdéskörében miért éppen Svédország adataival hasonlítom össze a hazai adatokat, hiszen azon kívűl, hogy a lakosság szám

magyarokéval közel azonos, ezen a téren a két ország – közlekedésbiztonsági szempontból – összemérhető adataiban nagy különbségek vannak. A válasz az, hogy egyrészt a svédországi közlekedésbiztonsági helyzet kezelése példaértékű, másrészt megbízható adatok állnak rendelkezésre [2].

Az EU tagországok baleseti halálozási adatainak rangsorában – 2017-ben – Svédország az 1. helyen állt (25 meghalt/millió lakos), Magyarország pedig távol az első helytől, a 21. helyen (64 meghalt/millió lakos). 2018-ban „rontott” Svédország, nőtt az áldozatok száma, ezzel az ország az említett nemzetközi rangsorban az 5. helyre került. A hazai adat 2018-ban nem romlott, maradt 64, de ezzel a 2018. évi listában mégis hátrébb, a 23. helyre kerültünk. (Az egy főre jutó GDP szerinti rangsorban – talán nem teljesen meglepő módon - ugyanezek a helyezések, Svédország az 5. (52 748 US dollárral, Magyarország a 23. (31 560 US dollárral).

Svédország mind a közlekedésbiztonság elméleti kérdéseinek kutatásában, mind a gyakorlati megvalósításokban példamutató. A közúti biztonság terén jelenleg mérvadó fejlesztési koncepció – a „*Vision Zero*” és a „*Biztonságos Rendszerek*” – kidolgozói és bevezetői szintén a svédek. Megemlítendő az is, hogy a közlekedésbiztonsági tevékenységet szabályozó ISO 39001 szabványt [3] elfogadó és a gyakorlat-

5. táblázat: Svédországi és Magyarországi halálos sérülési és népességi adatok életkori csoportokban

Életkori csoport (év – év)	Meghaltak száma(fő) (Magyarország)	Meghaltak száma(fő) (Svédország)	Népesség (fő) (Magyarország)	Népesség (fő) Svédország	Halálos sérülés kockázata (meghalt/millió lakos) (Magyarország)	Halálos sérülés kockázata (meghalt/millió lakos) (Svédország)
0-17	17	10	1,71	2,15	10	5
18-24	49	40	0,80	0,82	61	49
25-44	168	66	2,75	2,76	61	24
45-64	212	59	2,62	2,46	81	24
65-	174	78	1,90	2,00	96	39
Összesen	620*	253	9,77	10,19	63	25

*A magyar adatok a 2017-2019 évek adatainak éves átlagai. A svéd adatok 2017 évre vonatkoznak.

ban bevezető országok között az első között volt Svédország. (Erről a szabványról a hazai szakterületen kevés szó esik, elfogadása és bevezetése pedig – ismereteim szerint - eddig fel sem merült)

Van tehát jelentős különbség a fontosabb adatokban, elsősorban az, hogy magyar közúti közlekedésben 2017-ben 622 fő sérült meg halálosan, Svédországban pedig kevesebb, mint a fele 253 fő. (Zárójelben jegyzem meg, hogy a személygépkocsik motorizációs szintje 2016-ban Svédországban: 477 szgk/1000 lakos, Magyarországon: 338 szgk/1000 lakos). A lakosság a két országban közel azonos, Svédország területe viszont közel ötször nagyobb, mint Magyarorszáé. A népsűrűség 23 fő/km² a svédeknel, Magyarországon pedig 105 fő/km². A fővárosok lakossága közel azonos: 1,5 – 1,7 millió. Az adatok tehát különbözőek, de vannak hasonlóságok is.)

A közlekedésbiztonsági háttéradatokat összehasonlítása akkor volna teljes, ha a két ország közötti infrastruktúrájával, a járműállományával, nem utolsó sorban pedig a közlekedési, valamint a közlekedésbiztonsági kultúra jellemzőivel is foglalkoznánk. Nem lehet eleget hangsúlyozni a kulturált magatartás és a közlekedésbiztonság közötti szoros kapcsolatot. Ennek jelentőségét egyébként a hazai szakterületen is felismerték. Jó példa erre az

utóbbi években rendszeresen megrendezett Közlekedési Kultúra Napja rendezvények sikere³.

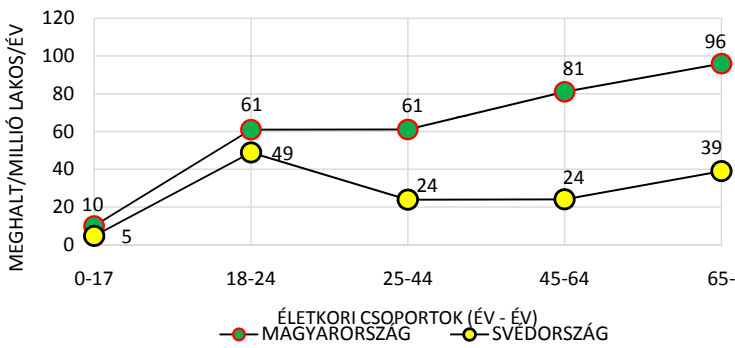
A két ország néhány közlekedésbiztonsági mutatójának összehasonlítása – a meglévő különbségek ellenére is - tanulságos lehet. Hasznos következtetések vonhatók le, különösen most, hogy hamarosan számunkra is megkezdődik az új, hosszú távú, közlekedésbiztonsági stratégiai akcióprogram időszaka, (2021-2030) és baleseti helyzetünk javítása érdekében feltétlenül szükség van a legfontosabb hazai tendők átgondolására, részprogramjaink „újratervezésére”.

Az 5. táblázatban a kockázatok számításához szükséges svéd és magyar adatokat gyűjtöttem össze.

A 3. ábra a két ország számított kockázati értékeit mutatja. (Az legidősebb életkori csoportban az ábrában a 65 évesnél idősebbek, mivel csak ilyen svédországi adat állt rendelkezésre.) Minden életkori csoportban kisebb a halálos sérülés kockázata Svédországban, még a legfiatalabbak – a 17 évesnél fiatalabbak – között is, de a különbség a két ország adatai között itt a legkisebb. A következő életkori csoportban, mindkét országban a 18 -24 éves fiatalok

³ www.akozlekedesikulturarnapja.hu

3. ábra: Halálos közúti baleseti sérülés kockázata Magyarországon és Svédországon (2017)



kockázata jelentősen megnő, Svédországban kisebb, hazánkban nagyobb mértékben (49 – 61). A svédeknel ebben az életkori csoportban a legnagyobb a halálos sérülés kockázata, míg Magyarországon – az életkor növekedésével – tovább növekszik. A két országban a 25-44 évesek kockázati mutatói között már nagy különbség mutatkozik. A svédeknel csökken a korábbi csoport adatához képest és a 45-64 éveseknél sem növekszik. Egészen más a helyzet Magyarországon, ahol további növekedés tapasztalható és a 45-64 évesek kockázata már 81 meghalt/millió lakos, több mint háromszor nagyobb, mint a svédeknel. A 65 évesnél idősebbek csoportjában a kockázat mindkét országban növekszik, a svédeknel 39 meghalt/millió lakos, Magyarországon pedig 96 meghalt/millió lakos.

6. A HALÁLOSAN MEGSÉRÜLTEK SZÁMA A KÉT ORSZÁGBAN A SÉRÜLTEK NEME SZERINT

A 2017. évi adatok szerint Magyarországon a közúti közlekedési baleseteknek több mint kétszer annyi halálos áldozata volt, mint Svédországban. A 6. táblázatban a két ország adatait találjuk. Össze lehet hasonlítani, hogy az egyes úthasználói csoportban – férfiakat és nőket külön vizsgálva – mennyivel több az áldozatok száma Magyarországon. Átlagosan férfiak esetén: $449/196 = 2,29$ -szer több, nők esetében pedig: $173/57 = 3,03$ -szer többen halnak meg hazánkban, mint Svédországban

közúti balesetek során. A 6. táblázat adatait áttekintve, az egyes úthasználói kategóriákban jelentős eltérések adódnak a halálos áldozatok számában. Érdekes a „személygépkocsi utasok” és a „gyalogosok” csoportját is közlekedésbiztonsági szempontok alapján megvizsgálni.

A vizsgált évben 45 személygépkocsi utas halt meg Svédországban,

Magyarországon pedig 100. A meghalt svéd utasok között $18/45=40\%$ volt nő, a magyar utasok közül arányosan lényegesen több, $58/100=58\%$.

A halálosan megsérült gyalogosok száma különösen nagy a hazai közutakon. Svédországban összesen 37 gyalogos sérült meg halálosan, ugyanebben az évben Magyarországon 4,6-szor több, 171 gyalogos. A halálosan megsérült férfi gyalogosok esetén még nagyobb a különbség. Svédországban 20, Magyarországon 105 meghalt gyalogos volt férfi. Ez 5,25-szörös különbség, ami feltűnően nagy, különösen, ha azt nézzük, hogy a férfi személygépkocsi-vezetők száma „csak” 1,9-szer vagy pl. a férfi személygépkocsi utasok száma „csak” 1,6-szor több, mint a svéd baleseteknél. Magyarországon 5,25-ször több a halálosan megsérült férfi gyalogos, mint Svédországban.

Nők esetében a legnagyobb különbség a kerékpárosoknál mutatható ki. Svédországban egy évben összesen 3 női kerékpáros sérült meg halálosan, Magyarországon 14. Ez azt jelenti, hogy a különbség 4,7-szeres. Ez utóbbi különbség értékeléséhez természetesen ismereni kellene a kerékpáros infrastruktúrában és forgalomban meglévő különbségeket is. Ezzel külön nem foglalkozom, de egyetlen adatot említek. 2017-ben Svédországban a 10 évnél fiatalabbak 85%-a, az iskolába kerékpározó gyermekek 69%-a, a munkahelyre közlekedő és a kerékpárosok közlekedésére kijelölt úttes-

6. táblázat: Svédországban és Magyarországon 2017-ben halálosan megsérült férfi és női úthasználók száma (fő)

	SVÉD ADATOK			MAGYAR ADATOK		
	Férfi	Nő	Összes	Férfi	Nő	Összes
Személygépkocsi-vezető	82	16	98	155	25	180
Személygépkocsi utas	27	18	45	42	58	100
Kerékpáros	23	3	26	67	14	81
Gyalogos	20	17	37	105	66	171
Mopedes	1	0	1	17	0	18
Motorkerékpáros	37	2	39	41	1	42
Egyéb	6	1	7	22	9	31
Mindösszesen	196	57	253	449	173	622
Nők aránya (%)		23%			28%	

tet használó felnőtt kerékpárosok 40%-a viselt kerékpár-bukósisakot.[2]. Erre vonatkozó hazai adat található a Közlekedéstudományi Intézet publikációjában.⁴ Eszerint Magyarországon a kerékpárosok mindössze 11,3%-a használja a védősisakot és 3,4%-a visel láthatósági mellényt.

A svéd és a magyar adatok további összehasonlítását mutatja a 4. ábra, ahol az látható, hogy az összes halálosan sérült között milyen arányban szerepelnek az egyes közlekedő csoportok képviselői a két országban. Nagyobb eltérés a „személygépkocsi-vezetőknél”, „gyalogosoknál” és „motorkerékpárosoknál” figyelhető meg. Mindkét országban a halálosan megsérültek között legnagyobb arányban a személygépkocsi-vezetők találhatók. A svédekénél nagyobb, (39%), a magyaroknál pedig kisebb, (29%) mértékben. A gyalogosok esetén más a helyzet. A hazai adatok szerint a meghalt gyalogosok részaránya 27%, Svédországban lényegesen kisebb ez a részarány, mindössze 15%, ami majdnem megegyezik a személygépkocsiban utasaként életüket veszített sérültek részarányával. A két országban gyakorlatilag azonos a motorkerékpárosként meghaltak száma. A 4.

ábrán a motorkerékpárosok részarányában azért van különbség, mert az összes halálosan megsérült száma jelentősen eltérő a két országban.

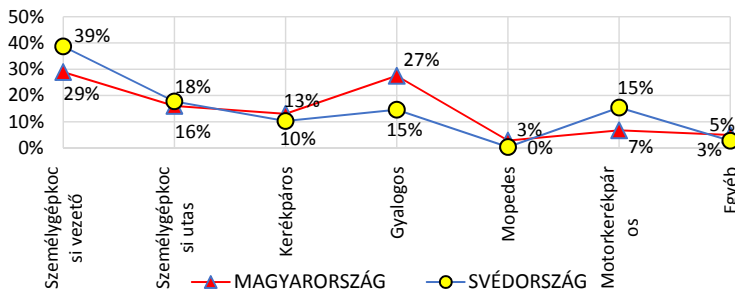
7. HALÁLOS BALESETI SÉRÜLÉS KOCKÁZATA MAGYARORSZÁGON, NEMEK SZERINT

Visszatérve a hazai adatokra, kiszámoltam külön a férfiakra és külön a nőkre érvényes halálos sérülési kockázati mutatók értékeit. (5. ábra). A 2. ábrán látható, hogy a halálos sérülés átlagos hazai kockázati tényezője hogyan alakult az egyes – választott – életkori csoportokban, az 5. ábra pedig ugyanazon életkori csoportokban a mutatók nemek szerinti megoszlását mutatja. A kockázati tényezők – mindkét nem esetén – folyamatosan növekednek az életkorral. Férfiaknál és a nőknél is legnagyobb a kockázat a 75 évesnél idősebbek között mutatható ki. A különbség azonban meglepően nagy. A 17 évesnél fiatalabbak között a kockázatok viszonylag kicsik, a férfiaknál kissé nagyobb (11), a nők esetén pedig kisebb (9). A 18-24 évesek korosztályában jelentősen nő a halálos sérülés kockázata és növekszik a nemek közötti különbség is. A férfiak kockázata már közel 3-szor nagyobb a nők kockázatán ebben az életkori csoportban. A 25-44 évesek csoportjában a férfiak kockázata tovább nő, a nőknél vi-

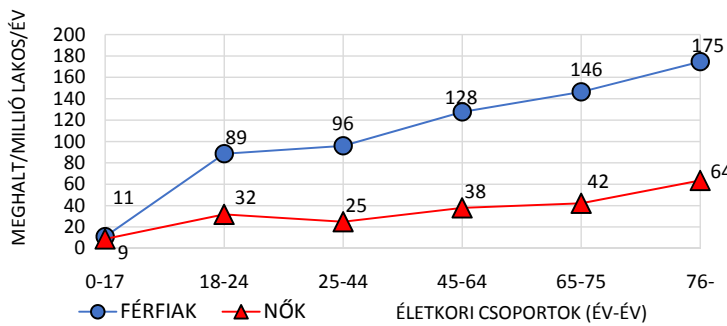
⁴ www.akozlekedesikulturapanja.hu (Közlekedéstudományi Intézet: virtuális plakátkiállítás)



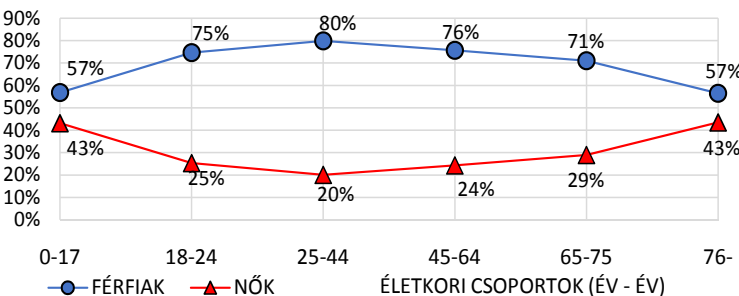
4. ábra: Halálosan megsérültek aránya a forgalomban betöltött szerepük szerint (2017)



5. ábra: Férfiak és nők halálos közötti baleseti sérülési kockázata Magyarországon (2017-2019)



6. ábra: Meghaltak nemek szerinti számaránya az egyes életkori csoportokban (az egyes életkori csoportokban összes meghalt = 100%)



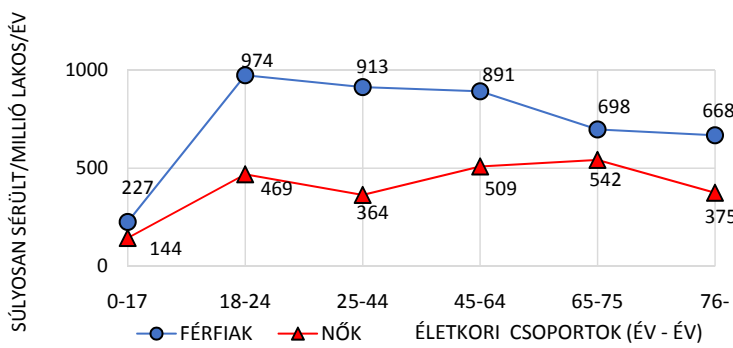
szint csekély mértékű csökkenés figyelhető meg. A továbbiakban az életkor növekedésével folyamatosan egyre nagyobb a halálos közlekedési baleseti sérülés kockázata. A 75 évesnél idősebb férfiak kockázata megdöbbentően nagy. 2017-2019 között a hazai közutakon 130 fő veszítette életét, akik 75 évesnél idősebbek voltak. Ebben az életkori csoportban Magyarországon 248 ezer fő él. A meghaltak száma évente átlagosan 130/3 fő volt, az évi átlagos halálos sérülési kockázat: $43,3/0,248 = 174,6$ meghalt/millió lakos.)

A nők lélekszáma ebben az életkori csoportban: 524 ezer fő, halálosan megsérült három év alatt 100 fő. Ezekkel az adatokkal számolva a halálos sérülés kockázata nők esetében, ebben az életkori csoportban: $63,6$ meghalt/millió lakos. (Az ábrában a számok kerekítve szerepelnek)

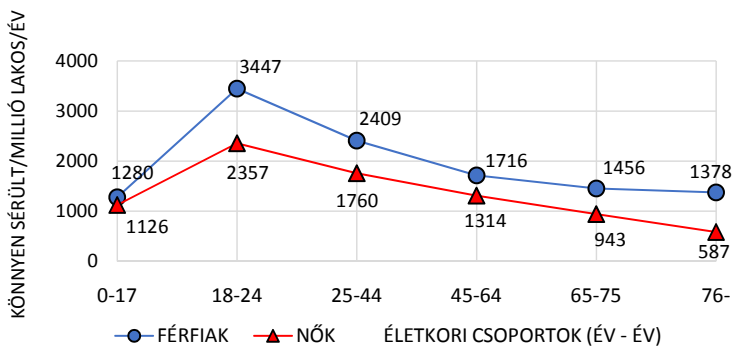
8. HALÁLOSAN SÉRÜLT FÉRFIAK ÉS NŐK SZÁMÁNAK ÉLETKORI CSOPORTON BELÜLI MEGOSZLÁSA

Az egyes életkori csoportokban meghalt férfiak/ nők arányát

7. ábra: Férfiak és nők súlyos közúti baleseti sérülésének kockázata Magyarországon (2017-2019)



8. ábra: Férfiak és nők könnyű közúti baleseti sérülésének kockázata Magyarországon (2017-2019)



mutatja a 6. ábra, ahol a különböző életkori csoportokban meghaltak száma látható nemek szerinti bontásban. Figyelemre méltóak a 25-45 éves korcsoportban tapasztalható arányok. A három vizsgált év alatt 402 férfi és 101 nő vesztette életét közúti közlekedési baleset következtében ebben a korcsoportban, (összesen 503 fő = 100%). A 6. ábra mutatja, hogy ebben az életkori csoportban a legkisebb a nők számaránya (20%), következésképp legnagyobb a férfiak aránya (80%), vagyis az áldozatok döntően férfiak voltak. A többi korcsoportban ezek az arányok változnak, a 17 évesnél fiatalabb és a 76 évesnél idősebbek esetén a halálosan megsérült nők aránya a legnagyobb, egyformán 43%.

9. A SÚLYOS ÉS A KÖNNYŰ KIMENETELŰ SÉRÜLÉSEK KOCKÁZATAI

A korábbiakban a halálos sérülés számított kockázatával foglalkoztam. Érdekes szemügyre venni a hazai közlekedésben kialakult, súlyos és a könnyű sérülések kockázati mutatóit is. A 7. és 8. ábra a számított adatokat mutatja. A férfiak és a nők mutatói közötti eltérések mind a súlyos, mind a könnyű kimenetelű sérülések esetén is megfigyelhetők, a különbségek azonban nem olyan nagyok, mint a halálos sérülések mutatóinál.

Nézzük először a férfiak mutatóit. Mindkét sérülési kategóriában a legnagyobb sérülési kockázat a 18-24 éves életkori csoportban. Ahogy korábban lát-

tuk, a halálos sérülés esetén ez nem így van, ott a 76 évesnél idősebbek kockázata a legnagyobb. (5. ábra)

A nők esetében a súlyos sérülés kockázata a 65-75 éves életkori csoportban a legnagyobb, a 75 évesnél idősebbeknél azonban csökken ez a mutató.

A könnyű sérülés kockázata mind a férfiak, mind a nők esetében a 18-24 éves korosztályban a legnagyobb. Ezt követően minden életkori csoportban folyamatosan csökken a könnyű sérülés kockázati mutatója.

10. ÖSSZEFOGLALÁS

- 2019-ben a hazai „közúti baleseti mortalitás” 16%-kal volt kisebb, mint 2010-ben. Ez a csökkenés azonban messze elmarad a 2020-ra elvárt mértéktől.⁵ (1. táblázat)
- A 2017-2019 közötti hároméves hazai akcióprogram időszakában a halálosan megsérültek 27%-a, a súlyosan megsérültek 37%-a és a könnyen megsérültek 43%-a nő volt. (1. ábra)
- A hároméves akcióprogram időszakában a halálos baleseti sérülés számított átlagos kockázata $63 \cdot 10^{-6}$. Legkisebb kockázata a 17 évesnél fiatalabbak, legnagyobb pedig a 75 évesnél idősebbek életkori csoportjában mutatható ki. (2. ábra)
- A 2017. évi svédországi és a hazai halálos sérülési kockázatok összehasonlításai jelentős különbségeket mutatnak. Legnagyobb eltérés a 45-64 éves életkori csoportban figyelhető meg. Svédországban ennek a csoportnak a halálos sérülési kockázata: 24 meghalt/millió lakos, Magyarországon pedig 81 meghalt/millió lakos. (3. ábra)
- 2017-ben Svédországban 253 fő, Magyarországon 622 fő veszítette életét közúti balesetek következtében. A 4. ábrán a két országban halálosan megsérültek számárányait, az áldozatok forgalomban betöltött szerepük szerint hasonlítottam össze. Svédországban a meghalt személygépkocsi-vezetők száma az összes áldozat számának 39%-a, Magyarországon ennél kisebb, csak 29%-a. A gyalogos áldozatok számárányát tekintve azonban más a helyzet. Svédországban az összes halálosan megsérült 15%-a volt gyalogos, ugyanakkor Magyarországon ez az arány 27%. A további hazai akcióprogramok kiemelt feladata kell legyen a halálosan megsérült gyalogosok számának jelentős csökkentése.
- Minden – vizsgált - életkori csoportban a férfiak halálos sérülési kockázata lényegesen nagyobb, mint a nőké. Az életkor növekedé-

sével mindkét nem csoportjában növekszik a kockázat számszerű értéke. A 75 évesnél idősebbek között a férfiak kockázata: $175 \cdot 10^{-6}$, a nők kockázata: $64 \cdot 10^{-6}$. (5. ábra)

- A különböző életkori csoportokban meghaltak számának nemek szerinti megoszlása változó. A 25-44 évesek csoportjában mutatkozik a legnagyobb különbség. (80% - 20%). Ebben a csoportban - 2017-2019 közötti három évben - Magyarországon összesen 503 személy szenvedett halálos sérülést, 402 férfi és 101 nő. (6. ábra)
- A súlyos baleseti sérülés kockázata minden életkori csoportban a férfiaknál nagyobb, mint a nőknél. A legnagyobb kockázat a férfiak esetén a 18-24 évesek között figyelhető meg, ($974 \cdot 10^{-6}$), nők esetén pedig a 65-75 évesek korcsoportjában. ($542 \cdot 10^{-6}$). (7. ábra)
- A könnyű sérülés baleseti kockázata szintén minden életkori csoportban nagyobb a férfiaknál. Mindkét nem esetén a legnagyobb ez a kockázat a 18-24 éves életkori csoportban. (férfiak: $3447 \cdot 10^{-6}$, nők: $2357 \cdot 10^{-6}$). (8. ábra)

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Ranking EU Progress on Road Safety (14th Road Safety Performance Index Report) June 2020. European Transport Safety Council
- [2] Analysis of Road Safety Trends 2017. Management by objectives for road safety work towards the 2020 interim targets. TRAFIKVERKET (Swedish Transport Administration)
- [3] INTERNATIONAL STANDARD. ISO 39001. Road traffic safety (RTS) management systems – Requirements with guidance for use. (Közúti közlekedésbiztonsági (RTS) menedzsment rendszerek - Használati útmutatások.)



The risk of road accident injuries in Hungary



Das risiko von verletzungen in strassenverkehrsunfällen in Ungarn

⁵ A 2011-2020. időszakra vonatkozó EU Stratégiai Akcióprogram célkitűzése volt, hogy a 2020-ban közlekedési balesetekben elhunytak száma ne legyen több, mint a 2010-ben elhunytak számának fele. A tanulmány készítésekor még nem volt ismert a 2020. évi „eredmény”, de a 2019. évi adat ismeretében valószínűtlen a célkitűzés teljesülése.

Támogatóink



Innovációs és Technológiai
Minisztérium

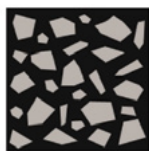


FÜMTERV



STADLER

Stadler Trains Magyarország Kft.



EUROASFALT
ÉPÍTŐ ÉS SZOLGÁLTATÓ KFT.

HungaroControl

Magyar Légiforgalmi Szolgálat

KÖZLEKEDÉS
FŐVÁROSI TERVEZŐ IRODA KFT.



NEMZETI
ÚTDÍJFIZETÉSI
SZOLGÁLTATÓ ZRT.

