

2011. 2. sz.

LXI. ÉVFOLYAM 2. SZÁM  
2011. ÁPRILIS

# KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI SZEMLE



A KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI EGYESÜLET SZAKLAPJA  
ALAPÍTVÁ 1951-BEN

Kérjük olvasóinkat ,  
hogy a személyi jövedelemadójuk 1 %-ával  
támogassák a Közlekedéstudományi Egyesületet

**Adószámunk: 19815709-2-41**

A rendelkező nyilatkozat a bevallási nyomtatvány részét képezi, így az a magánszemély, aki adóbevallást vagy egyszerűsített bevallást ad, a nyomtatvány megfelelő lapjának (1053 vagy 1053E számú bevallás Egysza lapja) kitöltésével rendelkezhet.

A [www.nav.gov.hu](http://www.nav.gov.hu) internetes oldalon található nyomtatványkitöltő program használata esetén szintén van lehetősége arra, hogy a program segítségével töltsse ki a rendelkező nyilatkozatot.

Abban az esetben, ha a bevallását elektronikusan küldi be, a rendelkező nyilatkozatot is eljuttathatja az adóhatósághoz elektronikus úton, az Ügyfélkapun keresztül.

Azon magánszemélyek esetében, akik bevallási kötelezettségüknek munkáltatói adómegállapítás útján tesznek eleget, a rendelkező nyilatkozatot tartalmazó borítékot a munkáltatónak legkésőbb május 10-én adhatják át.

A rendelkező nyilatkozat a bevallástól függetlenül is eljuttatható az adóhatósághoz. A nyilatkozatot egy lezárt, adóazonosító jelével ellátott borítékban postán vagy személyesen juttathatja el az adóhatósághoz. Erre május 20-ig van lehetősége, függetlenül attól, hogy az adóbevallást esetlegesen február 25-ig be kell adnia.

Köszönjük

## 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

A LAP MEGJELÉNÉSÉT RENDSZERESEN TÁMOGATJÁK:

Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központ  
„Az Építés Fejlődéséért” Alapítvány

Megjelenik kéthavonta

ALAPÍTOTTA:

a Közlekedéstudományi Egyesület

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG:

Kövesné Dr. Giliczé Éva elnök  
Dr. Katona András főszerkesztő

Dr. Békési István

Bretz Gyula

Dr. Ivány Árpád

Horváth Lajos

Kalmár Koppány

Mészáros Tibor

Pálfay Antal

Dr. Prileszky István

Dr. Renner Péter

Saslics Elemér

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

SZERKESZTŐSÉG:

1055 Budapest, Kossuth L. tér 6–8. IV. 419.

KÖZREMŰKÖDŐ:

7 P Press Bt.

FELELŐS KIADÓ:

Dr. Hinfnér Miklós,

a Közlekedéstudományi Egyesület ügyvezetője

KIADJA:

Közlekedéstudományi Egyesület

1055 Budapest, Kossuth L. tér 6–8. IV. 419.

MEGBÍZOTT KIADÓ:

Press GT Kft.

1139 Budapest, Üteg u. 49.

Tel.: 349-6135

E-mail: info@pressgt.hu

NYOMDAI KIVITELEZÉS:

Press+Print Kft.

Felelős nyomdavezető: Tóth Imre

TERJESZTŐ:

Magyar Posta Zrt. Központi Hírlap Iroda

Előfizethető a Közlekedéstudományi Egyesületnél

Egy szám ára: 1380 Ft

ISSN 0023 4362

A Közlekedéstudományi Szemlét vagy annak részleteit a Szerkesztőbizottság írásos engedélye nélkül bármilyen formában reprodukálni és közölni tilos.

A cikkek tartalma nem minden esetben egyezik a szerkesztőség véleményével.

A lap egyes számai megvásárolhatók a Közlekedéstudományi Egyesület Titkárságán (1055 Budapest, Kossuth L. tér 6–8. IV. 419.),

# TARTALOM

2011 MÁJ 13.

Dr. Timár András

Módszer az úthálózat egyes szakaszai, műtárgyai klímaváltozási kockázatainak értékelésére (1. rész) 4

Dr. Péter Tamás

Csomópontok optimális működtetése a közúti közlekedési hálózatban, számítási eredmények vizsgálata (2.. rész) 16

Jankó Domokos

Baleseti és halálos sérülési kockázat a hazai közúti közlekedésben 24

Kovács Gábor

Az elektronikus fuvar- és raktárbörzék lehetséges jövőbeli szerepkörea kombinált áruszállítás támogatásában 31

Borza Viktor

Börzsönyi Közlekedési Szövetség. 1. rész : Jól működő közlekedési rendszer bemutatása (Best Practice) 39

Németh István – Schleinzer Gerald

Vasúti kerékpár és sín futófelületi egyenetlenségeinek közvetett meghatározása 46

Götz Sándor

A Duna-Express közösségi gyorshajózási rendszer. Innováció és környezettudatos termékfejlesztés 55

# Módszer az úthálózat és egyes szakaszai, műtárgyai klímaváltozási kockázatainak értékelésére (1. rész)

A klímaváltozás jeleit, konkrét hatásait napjainkban is nyomon követhetjük. Ha vannak is tudományos és társadalmi viták a változás mértékeit illetően, mégis nagy biztonsággal kimondható, hogy ugyan a változás térben és időben eltérő lehet, de a hatásokkal számolni kell. A tanulmány felbecsülhetetlen értéke, hogy 2100-ig is előretekint, ami napjaink hektikus világában szinte utópisztikusnak tűnhet, ugyanakkor a nemzeti vagyoni jelentős részét képező úthálózatot várhatóan érő hatások felmérésében az előkészületek megtételéhez nélkülözhetetlen tudományos ismeretanyagot szolgáltat.

**Dr. Timár András**  
e-mail: timara@hu.inter.net

## 1. BEVEZETÉS, ELŐZMÉNYEK

A szakemberek világszerte átfogó és részletes vizsgálatokat végeznek a klímaváltozás előrejelzésével és várható hatásainak meghatározásával, értékelésével kapcsolatosan (IPCC, 2007; SCCV, 2007; Swart et al, 2009). Ezek sorába illeszkednek a közúti közlekedést, ezen belül az úthálózatot (annak tervezését, építését, fenntartását és üzemeltetését) érintő klímaváltozási tényezőkre, illetve azok hatásaira vonatkozó is (Willows & Connell, 2003; Austroads, 2004; Galbraith et al, 2005; Guérard & Ray, 2005; Shaw et al, 2007; Youman, 2007; TRB, 2008; Carrera et al, 2009; Koetse & Rietveld, 2009; UK Highways Agency, 2009, 2010). Hazánkban is évek óta folynak ilyen kutatások, eredményeik számos, a közelmúltban megjelent kutatási jelentésben, tudományos közleményben, előadásban megtalálhatók (Bodor & Gáspár, 2009; Gáspár & Rajcsányi, 2010; Gáspár, 2010a; 2010b; 2010c; Hunyadi, 2010; Kövesné Gilicze, 2010; KvVM, 2006; Timár, 2010).

A vizsgálatok egyik fontos területe a várható klímaváltozásból eredően az úthálózatot érintő kockázatok felderítése, mértékének becslése és értékelése, azzal a céllal, hogy az eredmények alapján

az illetékes közúti igazgatás, a szakhatóságok és intézmények felkészülhessenek a szükséges intézkedések kellő időben való megtételére. Az Európai Unió 6. Kutatási Keretprogramja keretében Ausztria, Dánia, az Egyesült Királyság, Finnország, Hollandia, Írország, Lengyelország, Németország, Spanyolország és Svédország kutatóinak közreműködésével 2007 óta „Utak klímaváltozási kockázatának menedzselése” (Risk Management for Roads in a Changing Climate – RIMAROCC) címmel folynak kutatások, amelyek célja a közúti ágazat klímaváltozáshoz való alkalmazkodását elősegítő, azt megalapozó, egész Európában használható, közös kockázatelemzési és kockázatmenedzselési döntéstámogató módszer kidolgozása. A módszer mindenekelőtt a kockázatelemzésre (kockázatok meghatározása, értékelése, menedzselése a költség-hason elemzés keretében, elfogadható mértékének megállapítása, stb.) és azok kezelésére (megelőzés, védekezés, helyreállítás, stb.) vonatkozik, mind az új utak tervezését és építését, mind pedig a meglévő úthálózat fenntartását, korszerűsítését és üzemeltetését illetően.

A RIMAROCC kutatás eredményeit egy Útmutatóban és annak kiegészítését képező Műszaki Jelentésben, valamint Esettanulmányokban tették közzé a múlt évben (Bles et al, 2010a; 2010b; Ennesser et al, 2010; Falemo & Lind, 2010; Bles & Mens 2010). Az OTKA-NKTH K69164 számú „Új módszer a meteorológiai hatások tervezési értékeinek

*meghatározására (2007-2011)*” című kutatási szerződés alapján a Pécsi Tudományegyetem Pollack Mihály Műszaki Karán jelenleg is folyó kutatás során – többek között - foglalkoztunk a RIMAROCC módszer magyarországi körülmények közötti alkalmazásának lehetőségeivel és feltételeivel is. A következőkben a nemzeti vagyoni jelentős részét képező úthálózat (elsősorban a nagy értékű autópálya-hálózat), annak egyes szakaszai és műtárgyai klímaváltozási kockázatainak értékelésére elsősorban hálózati szinten használható módszert és alkalmazásának javasolt módját ismertetjük részletesen.

A RIMAROCC módszer ugyanis - kidolgozóinak véleménye szerint - különböző, egymástól független léptékekben (hálózati-, szakasz- és egyedi műtárgy-szinten is) alkalmazható, azaz a hálózati vizsgálat eredménye értelmezhető az úthálózatot alkotó útszakaszokra és egyedi műtárgyakra vonatkozó vizsgálati eredmények összegezéséeként is. Ugyanakkor olyan, magasabb szintű, sajátos elemzésnek is tekinthető, amelyet az üzemeltetők akkor is elvégezhetnek, ha az átfogó elemzéshez minden adat (amely szükséges pl. az útszakasz-, vagy egyedi műtárgy-szintű elemzéshez) nem áll rendelkezésre, vagy nem is létezik. Ebben az értelemben tehát a hálózati szintű elemzés „stratégiai” elemzés, amelynek célja az úthálózat kritikus elemeinek kijelölése és az ezekkel kapcsolatos kockázatok kivédésére alkalmas intézkedések fontossági sorba rendezése. Ilyenfajta stratégiai elemzés elvégzéséhez a beruházási döntéshozók, az érdekelt út-üzemeltetési menedzserek, a klímaváltozással foglalkozó és az érintett területet ismerő meteorológusok, az infrastrukturális létesítmények kárérzékenységét (sérülékenységét) megítélni képes mérnök-szakértők és a beavatkozásokat végrehajtani képes műszaki szakemberek szoros együttműködésére lesz szükség.

A stratégiai kockázatelemzés célja a RIMAROCC módszer adaptálásával annak meghatározása, milyen (a klímaváltozással összefüggő) meteorológiai kockázatok alakulhatnak ki hazánkban, azokkal szemben a magyarországi autópálya-hálózat mely elemei lehetnek kárérzékenyek (sérülékenyek), mik lehetnek a káros következmények, s ezek mérséklésére, kivédésére milyen cselekvési terv dolgozható, dolgozandó ki.

## 2. A KLÍMAVÁLTOZÁSNAK A MAGYAR ÚTHÁLÓZATOT ÉRINTŐ HATÁSAI

### 2.1. A KLÍMAVÁLTOZÁSI TÉNYEZŐK ELŐREBECSLÉSE

Ma már széles körben elfogadott tény, hogy a klímaváltozás hatásai egész világunkat, a gazdaság és a társadalom minden részét érintik. A jövőben várható időjárás-változással és annak az úthálózatra gyakorolt hatásaival kapcsolatos nagyfokú bizonytalanság ellenére az Európai Bizottság Fehér Könyve szerint: *„A politikusok feladata, hogy a klímaváltozás hatásait megértsék, és az azokhoz való optimális alkalmazkodást biztosító intézkedéseket határozzanak el és hajtsanak végre.” (Commission, 2007).*

A klímaváltozás lassú, de állandósult folyamat, s a változások nagysága természetesen függ a vizsgálat időtávlatától. Minél hosszabb ez az időtávlat, feltehetően annál nagyobb mértékű változások várhatók. A RIMAROCC módszer mától számítva mintegy 80 éves időtávlatra tekint előre, azaz a várható változásokat a 1961-1990 közötti időszakban megfigyelt és a különböző forgatókönyvek szerint a 2071-2100 közötti időszakban várható klimatikus tényezők *különbségeként* kezeli. Az úthálózatot befolyásoló klimatikus tényezők közé mindenekelőtt a hőmérséklet, a csapadék és a szél tartozik, ezért ezek jellemzőinek számszerűsített, várható változását célszerű és szükséges a lehető legmegbízhatóbb módon előre becsülni. A 2071-2100 közötti időszakra vonatkozóan 2007-ben az IPCC tett közzé globális klimatikus modelleket (GCM) és forgatókönyveket<sup>1</sup>, amelyekből a nemzeti és helyi meteorológiai szervezetek szakemberei vezettek le egy-egy adott földrajzi területegységre, országra, régióra vagy akár településre érvényesnek tekinthető értékeket regionális klimatikus modellek (RCM) segítségével (IPCC, 2007).

A Kárpát-medence, benne Magyarország főbb klimatikus (éghajlati és időjárási) jellemzőinek várható változásaira vonatkozóan az ELTE Meteorológiai Tanszékén (ELTE-MT) és az Országos Meteorológiai Szolgálatnál (OMSz) folynak vizsgálatok, az EU 5. Kutatási Keret programjában kezdett, 21 ország szakembereinek bevonásával megvalósuló PRUDENCE (Prediction of Regional Scenarios and Uncertainties for Defining

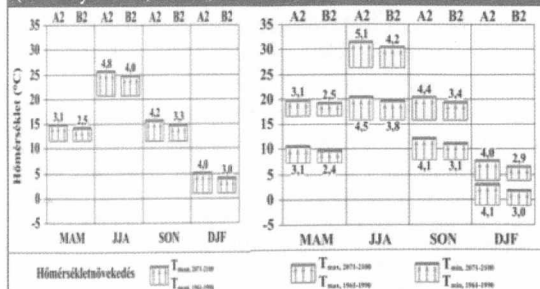
<sup>1</sup> Az A2 globális emissziós forgatókönyv (scenárío) szerint az egyes régiók termékenységi jellemzői lassan közelítenek egymáshoz, következésképpen a világ népessége folyamatosan nő. A gazdasági fejlődés elsősorban regionális irányultságú, a gazdasági növekedés és a technológiai változások egy főre vetített mértéke nagyon eltérő és lassú ütemű. Az előre jelzett CO<sub>2</sub> koncentráció a 21. szd. végére az iparosodás előtti szint kb. háromszorosára növekedhet. A B2 forgatókönyv (scenárío) közepes ütemű népesség- és gazdasági növekedéssel számol, a gazdasági, társadalmi és környezeti fenntarthatósági problémák helyi megoldását hangsúlyozva. Az előre jelzett CO<sub>2</sub> koncentráció a 21. század végére az iparosodás előtti szint valamivel több, mint kétszerezésre növekedhet.

European Climate Change Risks and Effects) program részeként, 10-25 km-es rácsfelbontású RCM-ek segítségével. Ezek eredményeként eddig közzétett adatok alapján az 1961-1990 közötti időszakban megfigyelt adatokhoz viszonyítva a következő főbb változások becsülhetők a 2071-2100 közötti időszakban (Bartoly et al, 2007; Bartoly et al, 2008).

A legnagyobb **hőmérséklet-növekedés** nyáron (pl. 4,0–5,1°C átlaghőmérséklet-növekedés), a legkisebb tavasszal (2,5–3,1°C átlaghőmérséklet-növekedés) várható. Az A2 forgatókönyv esetén a hőmérséklet-növekedés mértéke nagyobb, mint a B2 forgatókönyv esetén (1. ábra).

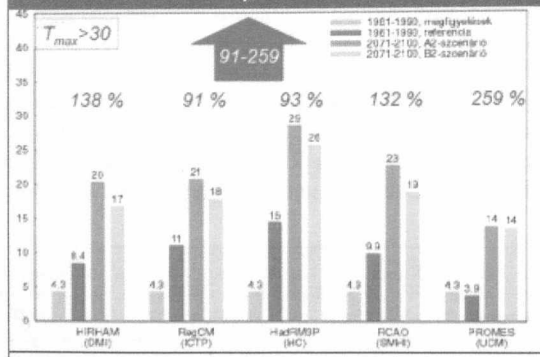
Ami a szélsőséges hőmérsékleteket illeti, a forró napok ( $T_{max} > 30^{\circ}\text{C}$ ) száma várhatóan növekedni (+91 / +259%), a fagyos napok ( $T_{min} < 0^{\circ}\text{C}$ ) száma pedig csökkenni (-52 / -71%) fog (lásd 2. és 3. ábra).

1. ábra: A 2071-2100 időszakra becsült hőmérséklet-változás (átlag, max, min.) mértéke Magyarországon regionális klímamodellek eredményei alapján (PRUDENCE, A2, B2 forgatókönyv, 16 modell) (Bartoly et al; 2008)

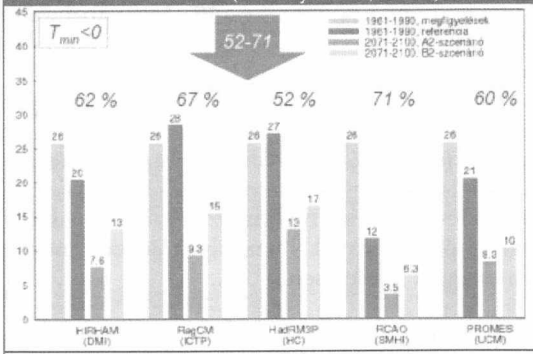


A csapadék éves eloszlása jelentősen megváltozik: a nyár helyett a tél lesz a legcsapadékosabb, a tél helyett a nyár (A2 forgatókönyv), illetve az ősz (B2 forgatókönyv) lesz a legszárazabb évszak. A nyarak szárazab-

2. ábra: A forró napok relatív gyakoriságának előrebecslése Magyarországon 5 különböző RCM alkalmazásával (Bartoly et al; 2008)



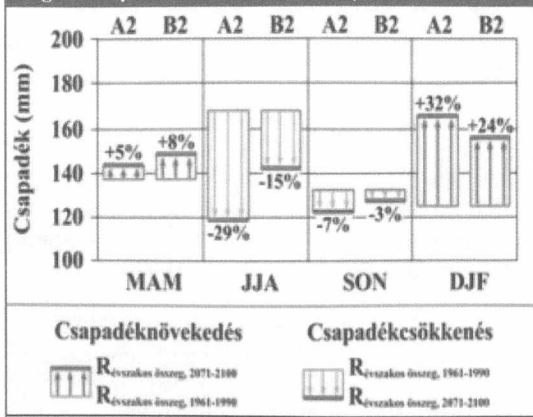
3. ábra: A fagyos napok relatív gyakoriságának előrebecslése Magyarországon 5 különböző RCM alkalmazásával (Bartoly et al; 2008)



bak (10-30%-kal kevesebb csapadék), a telek nedvebbek (20-35%-kal több csapadék) lesznek. A csapadékmennyiség becsült nyári csökkenésének és téli növekedésének mértéke az A2 forgatókönyv esetén nagyobb, mint a B2 forgatókönyv esetén (4. ábra).

A **szélsőséges** ( $R_{nap} > 20\text{mm}$ ) és nagy ( $R_{nap} > 10\text{mm}$ ) csapadéku napok számának 37%-os, illetve 13%-os, valamint a napi csapadékinzintés mintegy 7%-os növekedése várható az A2 forgatókönyv szerint (1. táblázat).

4. ábra: A csapadékösszeg 2071-2100-ra becsült átlagos változása Magyarországon regionális klímamodellek alapján (PRUDENCE, A2, B2 forgatókönyv, 16 modell) (Bartoly et al; 2008)



## 2.2. A KLÍMAVÁLTOZÁSI KOCKÁZATOK ÉRTELMEZÉSE

A RIMAROC C kutatás során először az európai államokban (az Egyesült Királyságban, Franciaországban, Hollandiában, Írországon, Németországban, Norvégiában és Svédországban) a klímaváltozási kockázatok elemzésével és menedzselésével kapcsolatosan már kialakult és alkalmazott módszereket tekintették át (Löfroh et al, 2009). A

1. táblázat: Szélsőséges csapadék-indexek gyakoriságának várható változása (a svájci ATHZ modell-szimulációk alapján, A2 forgatókönyv) (Bartoly et al; 2008).

Időjárás-statisztikai jellemző	Várható változás (A2; 2071-2100)		
	éves	január	július
Extrém csapadékú napok (R <sub>nap</sub> > 20 mm)	+37%	> +200%	-5%
Nagy csapadékú napok (R <sub>nap</sub> > 10 mm)	+13%	+89%	-28%
5 mm-nél nagyobb csapadékú napok (R <sub>nap</sub> > 5 mm)	-2%	+38%	-39%
1 mm-nél nagyobb csapadékú napok (R <sub>nap</sub> > 1 mm)	-13%	+13%	-45%
0,1 mm-nél nagyobb csapadékú napok (R <sub>nap</sub> > 0,1 mm)	-15%	+9%	-47%
1 napos csapadék évi maximuma (R <sub>max</sub> , 1 nap)	+6%	+27%	-17%
5 napos csapadék évi maximuma (R <sub>max</sub> , 5 nap)	+0.3%	+18%	-24%
Nagyon csapadékos napok (R <sub>nap</sub> > R <sub>95%</sub> , 1961-1990)	+6%	+55%	-39%
Mérsékelt csapadékos napok (R <sub>nap</sub> > R <sub>75%</sub> , 1961-1990)	-14%	+13%	-46%
Napi csapadékintenzitás (R <sub>év</sub> /RR1)	+7%	+15%	-5%
Egymást követő száraz napok (R <sub>nap</sub> < 1 mm)	+10%	-27%	+26%

kockázatot „a bizonytalanságnak a célok elérését befolyásoló hatásaként” értelmezték, amely nemkívánatos események bekövetkezése esetén jelentkezik. Ha azt kérdezzük: „Mi a kockázat?”, valójában három kérdést teszünk fel: *Mi történhet? Mekkora az esélye, hogy ez megtörténik? Ha megtörténik, milyen következményekkel jár?* (Kaplan & Garrick, 1981). Az első kérdésre adott választ forgatókönyvek (szcenárió), a másodikra adottat valószínűségnek nevezik. A következményeket az emberéletekben és anyagi javakban keletkezett kár nagysága (áldozatok száma, helyreállítás költsége stb.) jellemzi. Végső soron egy bizonyos nemkívánatos esemény kockázata a bekövetkezése valószínűségének és következményének szorzataként értelmezhető, számszerűsíthető.

A kockázat menedzselésén egy szervezetben belül vagy egy projekt megvalósítása során a hatékonyság növelése végett a kockázatok ellenőrzés alatt tartásával kapcsolatosan egyértelműen és folyamatosan megtett intézkedések egymásra épülő sorozatát értjük. A kockázateértékelés a kockázatmenedzselés egyik eleme, amely a kockázatok meghatározását, elemzését és értékelését foglalja magába. A kockázat menedzselésére szolgáló módszerek a bemenő adatok jellegének függvényében a következő két nagy csoportra oszthatók: a kvantitatív (számszerűsíthető adatokon alapuló) és a kvalitatív (minősítő leírásokon alapuló) eljárások.

A kvantitatív eljárások inkább a számadatokra és gyakoriságokra, mint az értelmezésre és a tapasztalatra összpontosítanak. A számítások a modellekben és nyers adatokban elkerülhetetlen bizonytalanságok kezelésére statisztikákat tartalmaznak, az eredményeket pedig valószínűségi függvényekkel és kockázati görbékkel ábrázolják. A kvalitatív eljárások alkalmazásakor inkább a jelenség értelmezésére vonatkozó adatokat gyűjtenek, s nem statisztikák alapján vonnak le következtetéseket. Ezeket az eljárásokat elsősorban a kockázatok meghatározására, esetleg egymáshoz viszonyított arányukon alapuló sorba rendezésére (pl. a „kicsi”-től a „nagy”-ig) használják.

A részben kvantitatív eljárások a kockázatok valamiféle minősítését eredményezik anélkül, hogy pl. a kvantitatív eljárásoknál ismertetett valószínűségi eloszlásokat és adatelemzést alkalmaznának. A számszerű értékekhez úgy jutnak el, hogy az értelmezés és tapasztalat alapján a valószínűségekhez és a következményekhez azok jelentőségét, súlyát kifejező pontszámokat rendelnek hozzá. A részben kvantitatív eljárások akkor hasznosak, amikor ugyan kevés adat áll rendelkezésre, de részletes és átgondolt osztályozásra van szükség, amely valamilyen mértékben mégis számszerű értékeken alapul.

Az európai gyakorlat elemzése és a rendelkezésre álló adatok számbavétele alapján az úthálózzal kapcsolatos klímaváltozási kockázatok elemzésére és menedzselésére elsősorban a részben kvalitatív eljárás tűnik eredményesen alkalmazhatónak.

Az európai gyakorlat elemzése és a rendelkezésre álló adatok számbavétele alapján az úthálózzal kapcsolatos klímaváltozási kockázatok elemzésére és menedzselésére elsősorban a részben kvalitatív eljárás tűnik eredményesen alkalmazhatónak.

### 2.3. AZ UTAKRA HATÓ IDŐJÁRÁSI TÉNYEZŐK

A szakirodalom áttekintése és a klímaváltozási szakértők részvételével szervezett több munka-

megbeszélés alapján állították össze az utakra ható időjárási tényezők (kritikus klímaváltozási jellemzők) jegyzékét (2. táblázat). Ezek kombinációi más jellegű vagy megnövekedett mértékű kockázatot is okozhatnak (pl. hosszú szárazság utáni heves esőzés az útburkolat csúszósúrlódási tényezőjének nagyobb mértékű csökkenését eredményezheti, mint a csapadékos

időszakot követő heves esőzés), ezekkel azonban, mivel valószínűségük csekély, külön nem érdemes foglalkozni.

A klímaváltozás hatásainak elemzéséhez figyelembe veendő, a közúti infrastruktúrát veszélyeztető időjárási jellemzőkre vonatkozó, a magyarországi vi-

2. táblázat: A közúti infrastruktúra épségét és használhatóságát veszélyeztető kritikus klímaváltozás-jellemzők. (Bles et al, 2010a)

Kritikus klímaváltozás jellemzők	A közúti infrastruktúra fő kockázatai
Szélsőséges esőzés (heves záporok és hosszú esős időszakok)	Útszakaszok elárasztása Rézsűk eróziója, az utat károsító földcsuszamlások és sárlavinák Vízvezető rendszer eróziót és áradásokat okozó túlterhelése Forgalom akadályozása, közlekedésbiztonság csökkenése
Szezonális és évi átlagos csapadék mennyisége	Talaj víztartalmára gyakorolt hatás, ami befolyásolja az utak, hidak és alagutak szerkezeti épségét Pangó víznek az út alépítményére gyakorolt kedvezőtlen hatása A csapadékjellemzők megváltozásának esetén (pl. ha télen és tavaszi olvadáskor hó helyett eső esik) a túlsordulás, földcsuszamlások, rézsűcsúszások miatti áradások és útkárosodások kockázata
Vízfolyások legmagasabb árvízszintjének emelkedése	A vízfolyások árterében vezető utak elárasztása Utak és hidak alépítményének eróziója Hídfők alámosása Hidak alatti űrszelvény csökkenése Szükség esetén használt mentesítő közúti infrastruktúra szélsőséges mértékű igénybevétele
Legmagasabb hőmérséklet és egymást követő forró napok (hőhullámok)	Burkolat épségével kapcsolatos gondok, pl. lágyulás, forgalomtól függő nyomvályúsodás, kipergés (repedezés), megfolyt aszfalt elmozdulása Hidak dilatációs szerkezetei és útburkolatok hőtágulása Tájalakításra gyakorolt hatás
Szárazság (egymást követő csapadékmentes napok)	Közlekedési infrastruktúrát közvetlenül fenyegető tüzek fellobbanásának esélye nő Tüzek miatti erdőirtások területén a sárlavinák kialakulásának esélye nő Alépítmény (egyenlőtlen) süllyedéseket követő konsolidációja, mint következmény Több szmog-képződés Tömörítéshez szüksége víz hiánya
Havazás	Forgalom akadályozása (sebességcsökkenés), biztonság romlása (balesetek) Hóeltakarítás költsége Útlezárást vagy járművek károsodását okozó hóakadályok kialakulása Olvadó hó okozta elárasztások, olvadási károk kialakulásának esélye nő
Fagy (jeges napok száma)	Forgalom akadályozása (sebességcsökkenés), biztonság romlása (balesetek) Csúszásmentesítés költsége
Olvadás (nulla °C-ot átlépő hőmérsékletű napok száma)	Fagyási/olvadási ciklusok (jéglenccsék) okozta híd- és burkolatkárok kialakulásának esélye nő
Szélsőséges szélesség (legerősebb szellőkések)	Hidak állékonyságának veszélyeztetése Jelzőtáblák, közvilágítás és tartóelemeik károsítása
Ködös napok	Forgalmi zavarok (sebességcsökkenés), biztonság romlása (több baleset) Több szmogképződés



3. táblázat: A kritikus klímajellemzőkre vonatkozó jelenlegi ismereteink összefoglalása

Súly	Az utakat érintő klímahatás	Kritikus klimatikus tényező	Várható változás 2071-2100 között az 1961-1990 időszakhoz viszonyítva  (++, +, +/-, -, -)  EURÓPA	Előrejelzés elérhetősége: minőségi, mennyiségi, vagy lehetetlen	Előrejelzés bizonyossága: Biztosnak tűnik, valószínűsége > 99%. Rendkívül valószínű > 95%. Nagyon valószínű > 90%. Valószínű > 66%. Valószínűbb, hogy előfordul, mint nem > 50%. Nem valószínű < 33%. Nagyon valószínűtlen < 10%. Rendkívül kis valószínűségű < 5%. (IPCC szerint)	Várható változás 2071-2100 között az 1961-1990 időszakhoz viszonyítva  (++, +, +/-, -, -)  MAGYARORSZÁG																		
4	Rendkívüli esőzések (heves záporok és hosszú esős időszakok)	Intenzitás maximuma [mm/h] és [mm/24h]	Intenzitás: + Gyakoriság: É-Európa + Dél Európa ?	Minőségi	Valószínű	+ Rendkívül csapadékos napok (>20 mm) száma nő: + 6% + 10 mm/nap küszöbértéket meghaladó napok relatív gyakorisága nő: +9/+27% + 20 mm/nap küszöbértéket meghaladó napok relatív gyakorisága nő: +4/+66%																		
4	Szezonális és évi átlagos csapadék mennyisége	Átlagos mennyiség [mm/3 hó]	<table border="1"> <tr> <td></td> <td>Nyár</td> <td>Tél</td> </tr> <tr> <td>É-E</td> <td>+/-</td> <td>++</td> </tr> <tr> <td>D-E</td> <td>- -</td> <td>-</td> </tr> </table>		Nyár	Tél	É-E	+/-	++	D-E	- -	-	Mennyiségi	<table border="1"> <tr> <td></td> <td>Nyár</td> <td>Tél</td> </tr> <tr> <td>É-E</td> <td>V</td> <td>NaV</td> </tr> <tr> <td>D-E</td> <td>NaV</td> <td>V</td> </tr> </table>		Nyár	Tél	É-E	V	NaV	D-E	NaV	V	- nyári csapadék mennyiségének csökkenése (-15/-29%) + téli csapadék mennyiségének növekedése (+24/+32%)
	Nyár	Tél																						
É-E	+/-	++																						
D-E	- -	-																						
	Nyár	Tél																						
É-E	V	NaV																						
D-E	NaV	V																						
4	Tengerszint emelkedése (távlati hatás) + hullámverés és tengerárhullám	Emelkedés [m]	+ + a 21. században: (0.2-0.6 m)  IPCC feltevés: sarki jégtakaró olvadása nem gyorsul	Mennyiségi  Minőségi, ha a sarki jégtakaró olvadásának gyorsulását észlelik	>0.2 m biztosnak tűnik 2100-ban	Értelmezhető a folyami ár- vízszint emelkedéseként  + Észak- és Nyugat-Magyarország +/- Kelet- és Dél-Magyarország																		

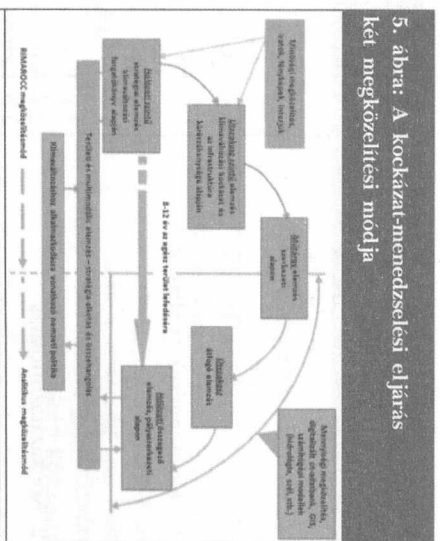
3	Legmagasabb hőmérséklet és egymást követő forró napok (hőhullámok)	Maximum átlagértéke [ToC 24h-n át] Maximum [Tmax oC] Hőhullám időtartama [egymást követő forró napok, db], [hőh/év]	Délen: ++ a 21. szd-ban Globálisan: 1.8 - 4.0 oC (legjobb becslésű forgatókönyv)  ++ Még több szélsőséges érték  ++ 5 - 30 nap	Mennyiségi  Mennyiségi  Mennyiségi	Biztosnak tűnik Európában  Biztosnak tűnik  Nagyon valószínű	++: átlaghőmérsékletek növekedése (+2.5/+4.8 °C) ++: min. hőmérsékletek növekedése (+2.4/+4.5 °C)  ++: max. hőmérsékletek növekedése (+2.5/+ 5.1°C) +: meleg napok (> 25 °C) számának növekedése: +39 % ++: hőség napok (> 30 °C) számának növekedése: +91 % ++: forró napok (> 35 °C) számának növekedése: +200 %
2	Szárazság (egymást követő száraz napok)	Szárazság időtartama [egymást követő száraz napok], [nap/év]	++ Dél-, Közép- és Nyugat-Európában	Mennyiségi Minőségi	Nagyon valószínű Valószínűbb, hogy előfordul, mint nem	++: egymást követő száraz napok számának növekedése: +10%
2	Havazás	Lesett hó maximális vastagsága [m/nap] Hótakaró tartóssága [napok száma]	Intenzitás + Messze É-EU-ban ? Európa más részein Gyakoriság: - É/Ny/Közép-EU Tartósság: -- egész Európában	Minőségi  Minőségi  Mennyiségi	Valószínű  Valószínű  Biztosnak tűnik	+/- bár a téli csapadék mennyisége növekszik, mivel a téli átlaghőmérséklet is növekszik, a hótakaró tartósságának esetleges változása bizonytalan
2	Fagy (jeges napok száma)	Minimum [ToC] Átlagérték [Tmin oC 24h-n át] Fagy tartam [nap/év] Fagyindex [át-fagyás mélysége, Hellmann szám]	+ (kicsi a valószínűsége, hogy a minimum növekedése meghaladja az átlagértékét) ++ 1.8 - 4.0 oC  - -- Azonos változás egész Európában	Mennyiségi  Mennyiségi  Mennyiségi  Mennyiségi	Valószínű  Biztosnak tűnik  Biztosnak tűnik  Biztosnak tűnik	-- téli napok (Tmin < 0 oC) számának csökkenése: -75 % -- fagyos napok (Tmax < 0 oC) számának csökkenése: -65 % -- zord napok (Tmax < -10 oC) számának csökkenése: -83 %

2	Olvadás (nulla oC-ot átlépő hőmérsékletű napok száma)	Olvadási napok [oC-ot átlépő hőmérsékletű napok,db]	+ Észak és Közép-Európa - Dél-Európa (kutatás folyamatban)	Minőségi	Biztosnak tűnik Észak-Európában	- olvadási napok (ciklusok) száma csökken
2	Szélsőséges szélsebesség (erős szellőkéségek sebessége, gyakorisága)	Maximum sebesség [km/h]	+ Észak-Nyugat Európa ? Máshol Viharpályák Északra tolódnak (500-1000 km)	Minőségi	Valószínű Nyugat-Európában Nem valószínű (ismeretlen) Dél- és Nyugat-Európában	+ szellőkéségek erőssége, gyakorisága nő
1	Ködös napok	Ködös napok [db]	?	Még nem lehetséges Helyi hatások	Ismeretlen	+/- bizonytalan

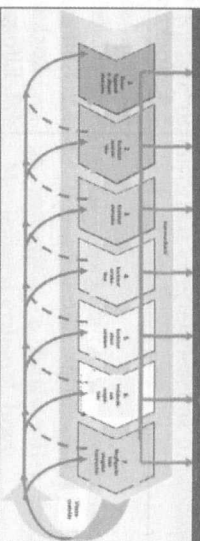
szonyokra adaptált mai ismereteinket a 3. táblázat tartalmazza. Az időjárási jelenségeket az utak tervezése, építése, fenntartása és üzemeltetése szempontjából megítélt jelentőségük alapján súlyoztuk 0-tól (elhanyagolható) 4-ig (rendkívül jelentős), a klímaváltozás várható mértékét pedig az IPCC relatív léptékének megfelelően jelöltük:

- ++ jelentős növekedés, erősödés
- + mérsékelt növekedés, erősödés
- +/- érzékelhetően nem változik
- mérsékelt csökkenés, gyengülés
- jelentős csökkenés, gyengülés

5. ábra: A kockázat-menedzselési eljárás két megközelítési módja



6. ábra: A RIMAROCC kockázat-kezelési módszer fő lépései (Bies et al, 2010)



### 3. A RIMAROCC MÓDSZER

#### 3.1. A MÓDSZER FELÉPÍTÉSE

A kutatások során kidolgozott és alkalmazni javasolt RIMAROCC kockázat-kezelési módszer nem kizárólag analitikus megközelítésmódot alkalmaz (5. ábra).

Ciklikus szerkezetű, azaz a vizsgálat során kapott (mért, számított és leírt) adatok és tapasztalatok rendszeres visszacsatolásával folyamatosan javított végredményre vezet (6. ábra). Első lépése az általános helyzet, a környezet, az összetűgések elemzése,

ezek ismeretében határozza meg a kockázatokat, s befejező lépésként a vizsgálat során összegyűjtött és dokumentált tapasztalatok és eredmények alapján az illetékes szervezetek felelős vezetőit azok értelmezésére ösztönzi, elősegítve a megfelelő döntések meghozatalát. A gyakorlatban az egyes vizsgálati lépések nem teljesen függetlenek egymástól, párhuzamosan több lépéshez tartozó tevékenységek is végezhetők, de a logikai szerkezet szigorú tiszteletben tartásával. A vizsgálat során rendkívül fontos a folyamatos kommunikáció (kapcsolattartás, vélemény- és tapasztalatcsere) az érdekeltekkel, szakértőkkel és másokkal (lásd a zöld nyilatkat az 6. ábrán). Az egyes lépésekhez tartozó allépéseket a 4. táblázat foglalja össze.

## 3.2. A JELENLEGI ÁLLAPOT ELEMZÉSE, ÖSSZEFÜGGÉSEK, KIINDULÓ FELTEVÉSEK

### 3.2.1. ÁLTALÁNOS HELYZETISMERTETÉS

A vizsgálatot mindig az érintett úthálózat, útszakasz, illetve egyedi műtárgy földrajzi helyzetének, elhelyezkedésének, méreteinek, teljesítményének és állapotjellemzőinek megadásával és hatásterületének kijelölésével célszerű kezdeni. Ismertetni kell a tervezés, építés, fenntartás és üzemeltetés történetét, körülményeit, az ezért felelős intézmények és szervezetek felépítését és működését. Egyértelműen meg kell határozni, hogy a vizsgá-

4. táblázat: A RIMAROCC módszer lépéseinek tartalma (Bles et al, 2010).

Fő lépések	Allépések
1. Összefüggések és állapot elemzése	1.1. Általános összefüggések, állapot meghatározása 1.2. Egyedi léptékű elemzés elvégzését szolgáló sajátos összefüggések, környezet meghatározása 1.3. Az egyes egyedi léptékű elemzésekhez illeszkedő kockázati szempontok és indikátorok meghatározása
2. Kockázatazonosítás	2.1. Kockázatforrások azonosítása 2.2. Kárérzékenységek azonosítása 2.3. Lehetséges következmények azonosítása
3. Kockázatelemzés	3.1. Kockázatok időrendjének meghatározása, forgatókönyvek kidolgozása 3.2. Kockázatok hatásának meghatározása 3.3. Előfordulások értékelése 3.4. Kockázatok áttekintése
4. Kockázat értékelése	4.1. Minőségi jellemzők értékelése megfelelő elemzéssel (költség-haszon elemzéssel vagy más módon) 4.2. Klímaváltozási kockázat összehasonlítása más fajta kockázatokkal 4.3. Elfogadható kockázatok meghatározása
5. Kockázat elleni védekezés	5.1. Lehetőségek azonosítása 5.2. Lehetőségek értékelése 5.3. Tárgyalás a finanszírozókkal 5.4. Cselekvési terv kialakítása
6. Cselekvési terv végrehajtása	6.1. Minden egyes felelősségi szinten cselekvési terv kidolgozása 6.2. Alkalmazkodást célzó cselekvési tervek végrehajtása
7. Megfigyelés, újratervezés, tapasztalatok hasznosítása	7.1. Rendszeres megfigyelés és felülvizsgálat 7.2. Új adatok vagy a végrehajtás késedelmese esetén újratervezés 7.3. Mind a klímaváltozási jelenségek kapcsán, mind pedig a megvalósítás előrehaladásával nyert tapasztalatok hasznosítása (visszacsatolás)
Kommunikáció és információ-gyűjtés	

lat célja a klímaváltozásokkal kapcsolatos kockázatok meghatározása, elemzése és értékelése az ilyen kockázatok menedzselését is tartalmazó, átfogó fejlesztési és fenntartási politika (cselekvési irányelv-gyűjtemény és/vagy cselekvési terv) kidolgozásának előkészítése céljából. Részletesen ismertetni kell a közúti infrastruktúrát befolyásoló klímaváltozási tényezőkkel kapcsolatos kutatások eredményeit is.

## 3.2.2. SAJÁTOS (EGYEDI) JELLEMZŐK, KÖRNYEZET

Itt mindenekelőtt az átfogó klímaváltozási tényezők hatásait mérsékelő vagy felerősítő helyi (földrajzi és gazdasági vagy társadalmi jellegű) körülményeket kell ismertetni. Részletesen be kell mutatni a vizsgálat tárgyát képező úthálózaton, útszakaszon vagy egyedi műtárgynál annak forgalomba helyezése óta észlelt rendkívüli időjárási jelenségeket és azok következményeit, külön kitérve a szerzett tapasztalatokra.

## 3.2.3. A KOCKÁZATOK ÉS INDIKÁTOROK MEGHATÁROZÁSA

A kockázatok meghatározása a vizsgálat egyik legfontosabb eleme. Egyszeri feladatnak is tekinthető, mivel a meghatározott kockázatok azután több (azonos szintű) vizsgálatban is felhasználhatók. A kockázatok meghatározása fokozatos közelítésen alapuló eljárás, amelyhez a 2. és a 3. vizsgálati lépésben kapott eredmények visszacsatolása elengedhetetlenül szükséges. Rendkívül nehéz, szinte lehetetlen a kockázatok meghatározása akkor, ha az ehhez szükséges megbízható adatok nem állnak rendelkezésre.

A RIMAROCC eljárásban a kockázatot a veszélyek, a kárérzékenységek és a következmények függvényének tekintik (7. ábra):

ahol:

*veszély* – az utak, hidak és tartozékaik épségét, állékonyságát, teherbírását (a műszaki előírások szerinti jellemzőit) és/vagy rendeltetésszerű használatát (átmenetileg vagy tartósan) veszélyeztető *időjárási tényezők* (pl. hőmérséklet, csapadék, szél stb.) és *környezeti tényezők* (pl. utat környező területek terepadottságai, növényzete, vízrajza, beépítettsége, gazdasági hasznosításának jellege stb.) hatása;

*kárérzékenység vagy sérülékenység* – a közúti infrastruktúra azon fontos műszaki jellemzői, tulajdonságai (pl. méretek, teherbírás, állékonyság, áteresztőképesség stb.), illetve szolgáltatásai (pl. a forgalom átlagebessége, biztonsága stb.), valamint a környezet, amelyek a veszélyek hatására átmenetileg vagy tartósan károkat szenvedhetnek;

*következmény* – a veszélyek okozta állapotromlás, hiba, kár, anyagi és emberi veszteség (pl. halálos áldozatok, személyi sérülések, gazdálkodási veszteségek, helyreállítási és újjáépítési költségek stb.).

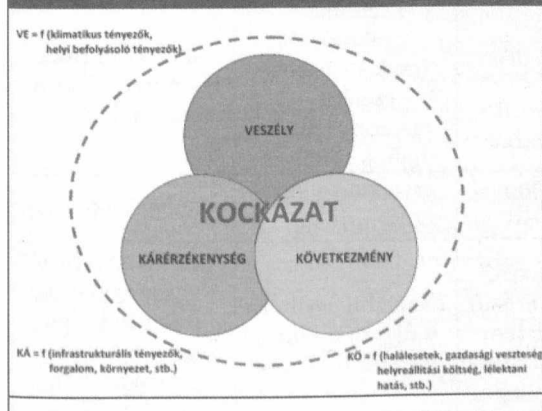
A veszélyes időjárási események általi *érintettség*; a *kárérzékenység* (sérülékenység) és a *következmények* kockázatainak a vizsgálat során használt meghatározását, osztályozását és értékelését az 5. táblázat mutatja be.

A klímaváltozási kockázatokkal kapcsolatos *fő érintettségi mutatószámok* (indikátorok) az időtartam, az intenzitás, a hatásterület és a valószínűség. Megjegyzést érdemel, hogy

- a várható klímaváltozás függvényében minden egyes időjárási jelenséghez egyedi intenzitás-küszöbértékeket kell rendelni;
- kívánatos, hogy a valószínűségek léptéke az országban érvényes tervezési előírásokban szereplő értékekhez illeszkedjen;
- a klímaváltozástól függően a valószínűség jelentős mértékben megváltozhat (pl. a statisztikai megfigyelések alapján 1961-1990 között 20 évente egyszer bekövetkezett időjárási jelenség 2071-2010 között már gyakrabban, pl. 10 évente egyszer bekövetkezhet).

A klímaváltozási kockázatokkal összefüggő *veszélyekkel és kárérzékenységekkel* kapcsolatos

7. ábra. A kockázat értelmezése a RIMAROCC vizsgálati eljárásban. (Bles et al, 2010)



5. táblázat: Az érintettséggel kapcsolatos indikátorok (Ennesser et al, 2010)

Klímaváltozási tényező	Indikátor (mutatószám) mértékegysége			
	Kicsi (1)	Közepes (2)	Nagy (3)	Kritikus (4)
E1 – Esemény időtartama	órák	napok	hetek	hónapok
E2 – Intenzitás	minden egyes klímaváltozási tényezőhöz meghatározandók a küszöbértékek			
E3 – Esemény hatásterülete	nagyon helyi jellegű (pl. 10 km <sup>2</sup> )	helyi jellegű (pl. 1000 km <sup>2</sup> )	regionális (>10 000 km <sup>2</sup> )	országos (90000 km <sup>2</sup> )

Valószínűség (gyakoriság)	Indikátorok	
Q10 – Az esemény 10 év, vagy annál rövidebb idő alatt is egyszer bekövetkezhet	4	NV -nagyon valószínű
Q20 – Az esemény 20 év alatt egyszer bekövetkezhet	3	V – valószínű
Q50 – Az esemény 50 év alatt egyszer bekövetkezhet	2	NEV – nem valószínű
Q100 – Az esemény 100 év, vagy annál hosszabb idő alatt egyszer bekövetkezhet	1	NAV – nagyon valószínűtlen

mutatószámok (indikátorok) a várható hatás erősségére (pl. helyi tényezők, amelyek növelik az áradás okozta károk súlyosságát) és a közúti infrastruktúra sérülékeny (érzékeny) elemeire (alulméretezett vízáteresztő rendszer, a burkolat felületi épségét megbontó repedések, eltömődött árok és átvezetők, stb.) vonatkoznak (6. táblázat).

Megjegyzést érdemel, hogy:

– a kárérzékenységi indikátorok társíthatók a helyi kockázati tényezőkhöz (K5), vagy az infrastruktúra

túra tervezésére vagy üzemeltetésére vonatkozó előírásokhoz (K1-K4);

– a hálózati léptékű vizsgálatban a K1-K4 indikátorokat a K5 indikátornál fontosabbnak és megbízhatóbbnak tekintik.

A klímaváltozási kockázatokból eredő fő következményekhez kapcsolódó mutatószámok (indikátorok) az időjárási eseményekre közvetlenül visszavezethető közúti balesetekre (halálos áldozatok és

6. táblázat: Veszélyeztetettségi és kárérzékenységi mutatószámok (indikátorok) (Ennesser et al, 2010)

Indikátor	Kicsi (1)	Közepes (2)	Nagy (3)	Kritikus (4)
K1 – Infrastruktúra életkora	< 10 év	10-30 év	30-100 év	>100 év
K2 – Tervezési előírások	Friss tervezési előírások (<5 év)	5-25 év	25-50 év	>50 év, vagy ismeretlen
K3 – Ellenőrzési fenntartási eljárások	Rendszeres ellenőrzés minden szokatlan klímatis esemény után + magas színvonalú fenntartás	Időszakos ellenőrzés (legalább 1/év) + átlagos színvonalú fenntartás	Esetenkénti ellenőrzés (csak károsodás esetén) + alacsony színvonalú fenntartás	Rendkívül ritka ellenőrzés + fenntartás hiánya
K4 – Forgalom nagysága	<2000 jármű/nap	2000-10000 jármű/nap	10000-50000 jármű/nap	>50000 jármű/nap
K5 – Klímaváltozási kockázatot feltehetően növelő helyi tényezők	Növénytakaró, topográfia, erózió és árvízvédelem szempontjából optimális állapot	Növénytakaró, topográfia, erózió és árvízvédelem szempontjából elfogadható állapot	Legalább egy helyi tényezőt tekintve leromlott állapot	Valamennyi helyi tényezőt tekintve leromlott vagy egy tényezőt tekintve nagyon leromlott állapot

7. táblázat: Következmények (okozatok) hálózati indikátorai (Ennesser et al, 2010)

Indikátor	Kicsi (1)	Közepes (2)	Nagy (3)	Kritikus (4)
O1 – Halálos áldozatok	1-3	3-10	10	> 50
O2a – Állásidő egy útszakaszon	1-3 nap	3 nap–1 hét	1 hét – 3 hónap	> 3 hónap
O2b – Állásidő egy úton	< 1 nap	1-3 nap	3 nap – 1 hónap	> 1 hónap
O2c – Állásidő két párh. úton	< 1 nap	1-3 nap	3 nap – 2 hét	> 2 hét
O2d – Állásidő az úthálózaton	-	- 3 nap	3 nap – 1 hét	> 1 hét
O3 – Leromlott üzemeltetési körülmények	< 1 hónap	1-3 hónap	3 hónap – 1 év	> 1 év
O4 – Anyagi károk*	< 100 millió HUF	100-1000 millió HUF	1000-10000 millió HUF	> 10 milliárd HUF

\* Egész hálózatra vonatkozó helyreállítási költség (személyi sérülések), a forgalmi zavarokra és torlódásokra, vagy a keletkezett károokra és veszteségekre vonatkoznak (7. táblázat).

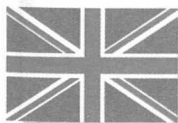
Megjegyzést érdemel, hogy:

- mivel a forgalom megzavarása (utazási és szállítási idővesztés) az időjárási események szokásos következménye, célszerű ezt az indikátor összetevőire felbontani;
- megromlott üzemeltetési körülmények kialakulhatnak a forgalom zavarásával együtt, vagy anélkül is;
- indokolt a forgalom megzavarásának vagy megszakításának társadalmi-gazdasági következményeit

(közvetett költségek) is számításba venni, bár ez különleges szakértők igénybevételével és általuk elvégzendő kiegészítő vizsgálatokkal járhat;

- a kitétségi és kárérzékenységi tényezőkre vonatkozó feltevések kumulatív jellege miatt (ami jelentősen fokozza a bizonytalanságot), a következmények előrebecslése meglehetősen nehéz, ezért a következmények értékelésekor a már bekövetkezett, ismert okozatokkal járt korábbi eseményeken alapuló forgatókönyvekre célszerű támaszkodni.

[A cikkhez tartozó „Felhasznált irodalom jegyzék”-et a 2. rész után közöljük.]



## Method for evaluating the climate change risks of the road network as a whole, of its stretches and structures (Part I)

Specialists all over the world conduct comprehensive and detailed surveys concerning the forecasts of the climate change, the identification and evaluation of the effects to be expected (IPCC, 2007; SCCV, 2007; Swart et al, 2009). The surveys examining the climate change factors and the effects they have on the public road network (the design, construction, maintenance and operation included) fit in this line. Researches of this kind have been conducted in our country, as well, for years now, their findings have been recently published in research reports, scientific proceedings and lectures.

An important area of the surveys is identifying those climate change generated risks which have an effect on the road network, estimating and evaluating the extent of such risks so that the competent public road administration, the specialized authorities and institutions can prepare to take the necessary measures in time.

## Methode für die Bewertung von dem Klimaänderung-Risiken für die Straßenteil und Objekte (Teil I.)

Die Fachleute machen weltweit umfassende und ausführliche Prüfungen für die Vorhersage der Klimaänderung und für die Feststellung der erwartenden Wirkungen (IPCC, 2007; SCCV, 2007; Swart et al, 2009). Dazu zählen die Prüfungen für die Straßenverkehr, innerhalb dieser für die Klimaänderung-Faktoren von dem Straßennetz (Planung, Bau, Wartung und Betrieb) bzw. in Betreff seinen Wirkungen. Ähnliche Forschungen wurden in unserem Land seit Jahren auch durchgeführt, deren Ergebnisse in zahlreichen in der nahe Vergangenheit erscheinenden Forschungsbericht, wissenschaftlichen Publikation, Vorstellung finden können.

Der wichtige Gebiet der Prüfungen ist die Aufklärung der Risiken für den Straßennetz aus der bestehenden Klimaänderung, die Maßschätzung und Bewertung mit dem Ziel, dass der zuständigen Straßenverwaltung laut der Ergebnissen, die Fachbehörden rechtzeitig für die nützlichen Maßnahmen vorbereiten können.

# Csomópontok optimális működtetése a közúti közlekedési hálózatban, számítási eredmények vizsgálata (2. rész)

A Szemle februári számában közölt első rész a csomópontok tervezésével összefüggő kérdéseket tárgyalja, amelynek befejezése az alábbiakban olvasható. Az összegező megállapítások szerint a modelleken végzett számítások azt igazolják, hogy a csomópontok átbocsájtó képessége a tervezési módszer alkalmazásával jelentősen növelhető.

**Dr. Péter Tamás**

e-mail: peter.tamas@mail.bme.hu

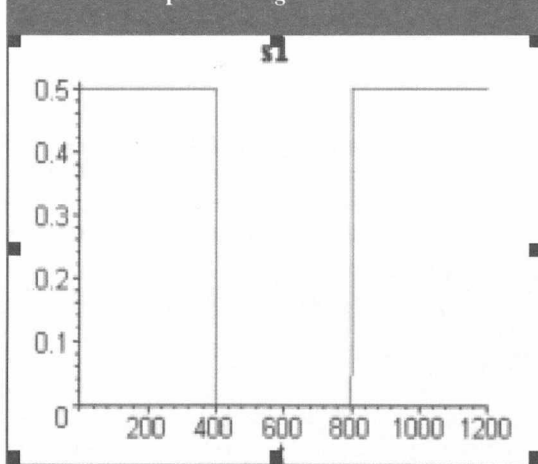
Tekintsünk először egy olyan rövid időtartamú esetet, amelynél  $s_1$  inputsűrűség maximumhelyei eltérnek  $s_2$  inputsűrűség maximumhelyeitől. (3.3 és 3.4. ábrák.) Az outputok sűrűségei mindkét kimeneten konstansok:  $s_3=s_4=0,5$  és ezeket az ábrán külön nem tüntetjük fel.

3.3-3.10 ábrákon az optimális irányítás eredményei találhatóak. Ez alapján látható, hogy 400 sec-ig és 800 sec-tól az  $s_1$  irány kap elsőbbséget (hosszan tartó  $u_1=1$  zöld jelzések), majd a 400-800 sec-os intervallumon az  $s_2$  irány működésének támogatása (hosszan tartó  $u_2=1$  zöld jelzések) lép életbe.

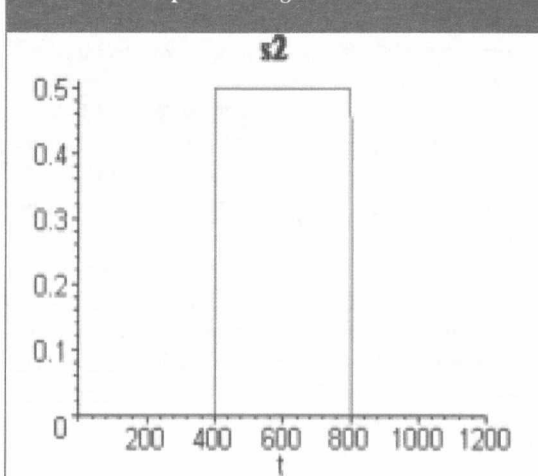
A 3.11-3.18 ábrákon a periódus idő állandó, egy irányban 2 percig zöld, majd 2 percig piros a lámpa.

Már az ilyen rövid ideig tartó átmeneti forgalmi különbségek esetében is elérhetők kedvező eredmények az optimális irányításnál: mintegy 45 - 50%-kal növelhető a kereszteződésen áthaladó járműszám egy hagyományos fix programmal működő kereszteződéssel szemben, 3.19-3.21.ábrák. Megállapítható, hogy az optimális irányítás nagy előnye akkor jelentkezik, amikor az egyes irányokban tartósan jelentős forgalomkülönbségek lépnek fel, ilyenkor 45 -50%-os többlet is felléphet a kereszteződésen áthaladó járműszám esetén, a hagyományos fix programmal működő kereszteződéssel szemben.

3.3 ábra:  $s_1$  input sűrűség

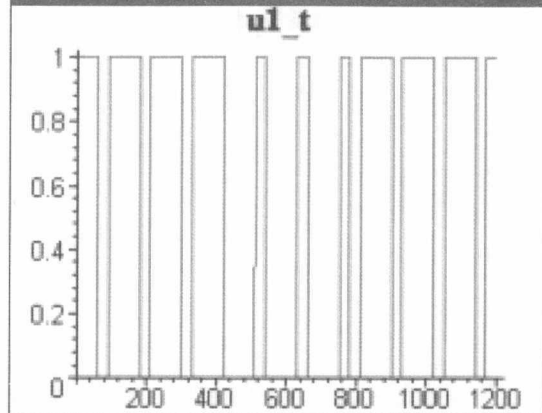


3.4. ábra:  $s_2$  input sűrűség

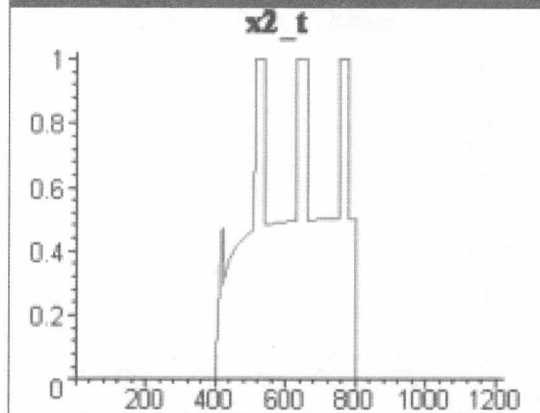




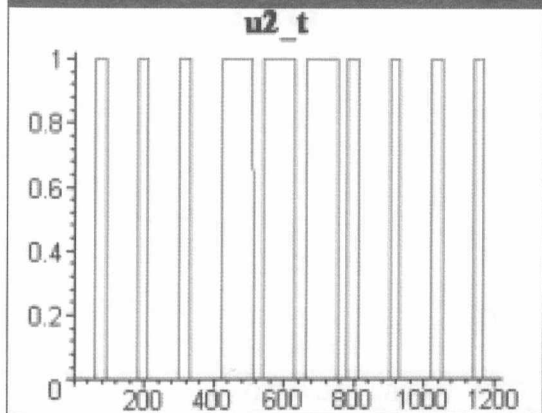
3.5. ábra: optimális  $u_1$



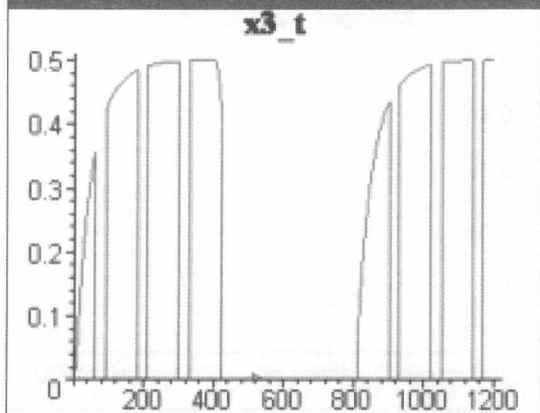
3.8. ábra:  $x_2$  sűrűség optimális  $u_1$ -nél



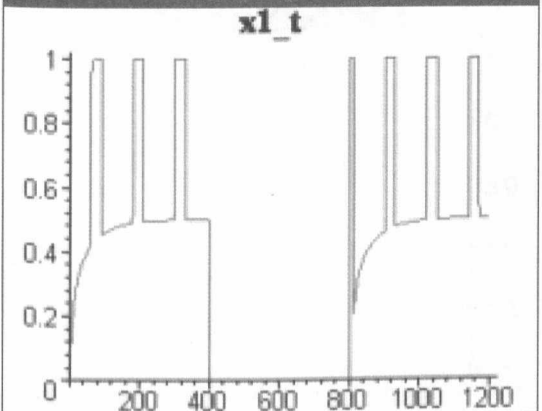
3.6. ábra: az optimális  $u_2=1-u_1$



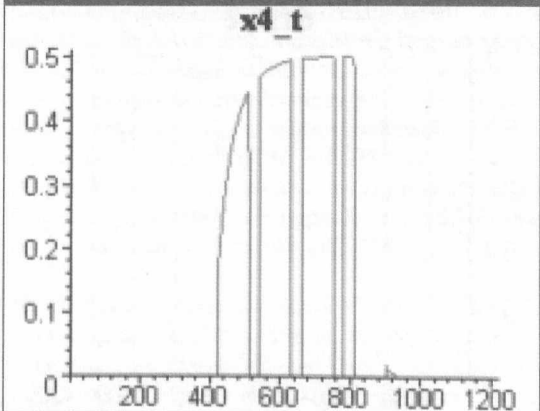
3.9. ábra:  $x_3$  sűrűség optimális  $u_1$ -nél



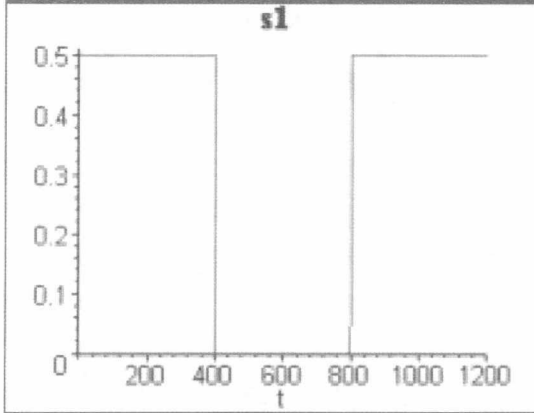
3.7. ábra:  $x_1$  sűrűség optimális  $u_1$ -nél



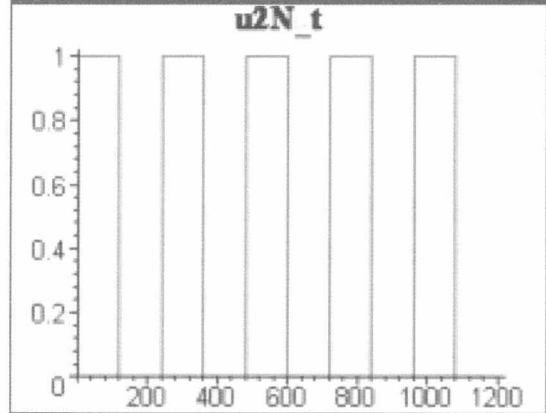
3.10. ábra:  $x_4$  sűrűség optimális  $u_1$ -nél



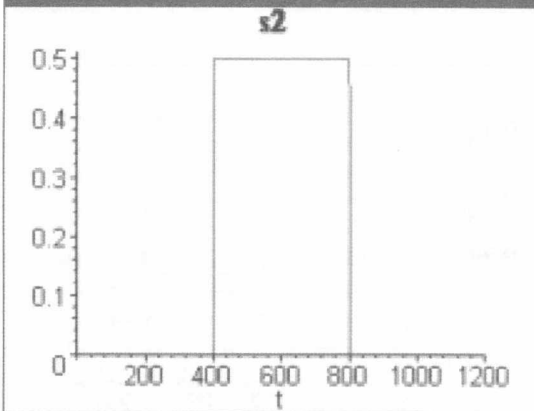
3.11. ábra: s1 input sűrűség



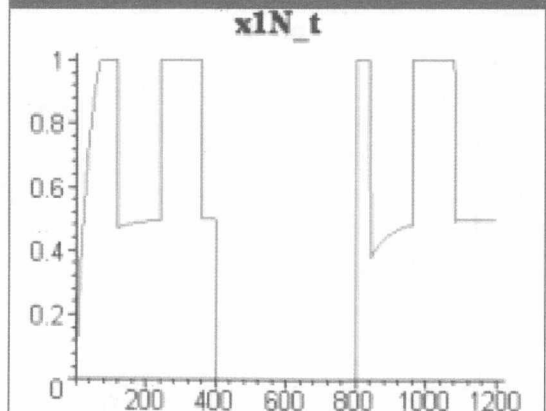
3.14. ábra: u2 állandó periódusú



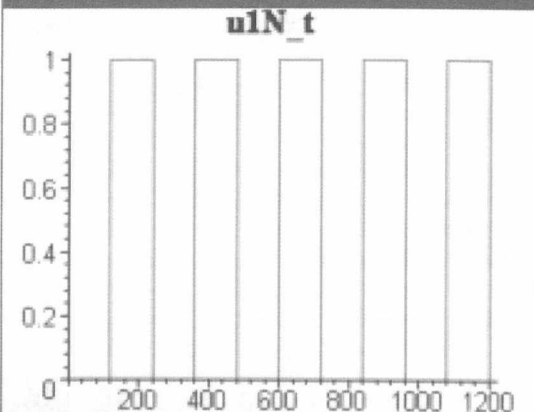
3.12. ábra: s2 input sűrűség



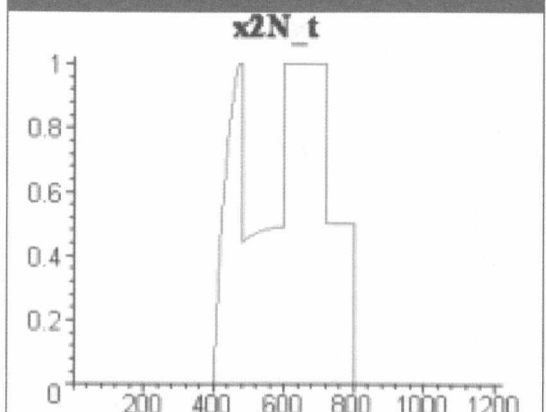
3.15. ábra: x1 sűrűség 120 sec-os zöld u1-nél



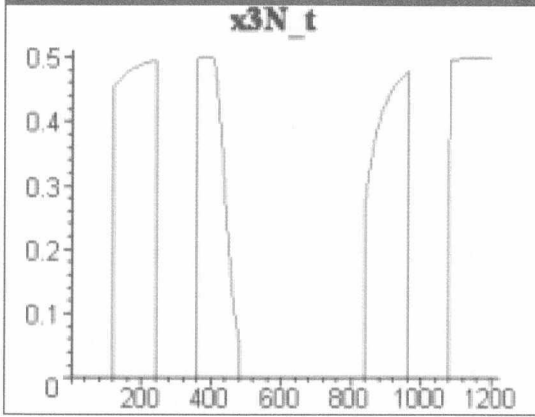
3.13. ábra: u1 állandó periódusú



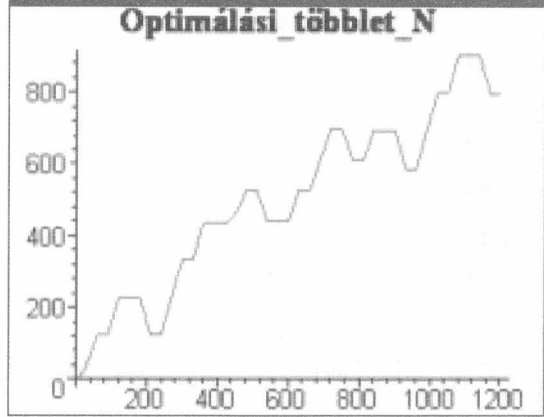
3.16. ábra: x2 sűrűség 120 sec-os zöld u1-nél



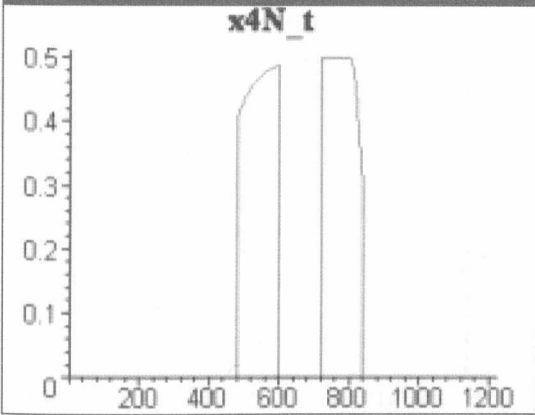
3.17. ábra: x3 sűrűség 120 sec-os zöld ul-nél



3.20. ábra: összes optimális többlet alakulása



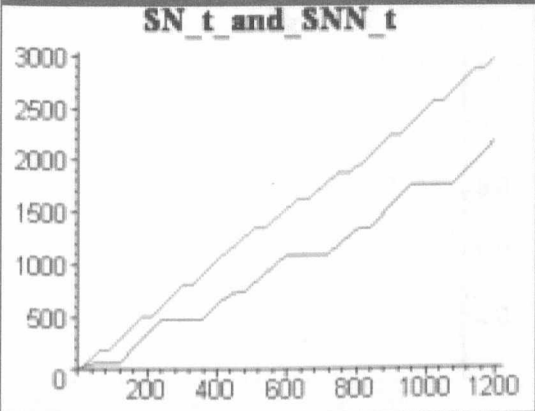
3.18. ábra: x4 sűrűség 120 sec-os zöld ul-nél



3.21. ábra: %-os többlet az optimális esetben



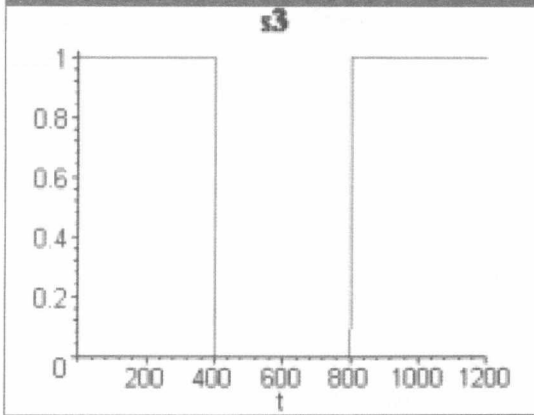
3.19. ábra: összes átadott járműszám optimális és 120 sec-os zöld ul-nél



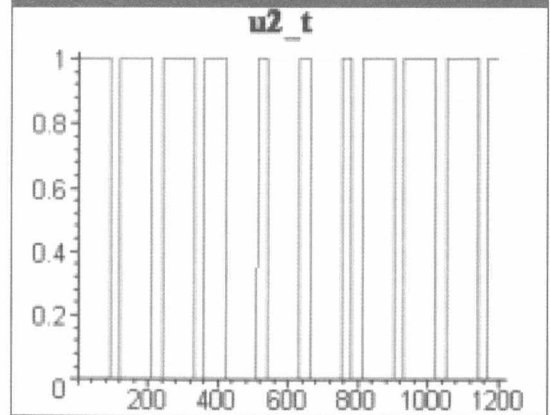
Tévedés lenne azt gondolni, hogy csak az inputoknak van ilyen szerepe a kereszteződésekön történő áthaladásoknál! A 3.22-3.32 ábrákon épp az látható, hogy a kereszteződések utáni szektorokban (az outputoknál) kialakult forgalomsűrűség hogyan akadályozza meg, ill. segíti az átjutást. Ebben az esetben, az  $s_3$  outputsűrűség maximumhelyei, amelyek eltérnek  $s_4$  outputsűrűség maximumhelyeitől, és a maximumoknál torlódások lépnek fel a kereszteződés mögött (3.22 és 3.23. ábrák.) Az inputok sűrűségei mindkét bemeneten konstansok:  $s_1=s_2=0,5$  és ezeket az ábrán külön nem tüntetjük fel.

Megállapítható, hogy az optimális irányítás előnye akkor is jelentkezik, (3.30., 3.32. ábrák) amikor az egyes irányokban a kereszteződés mögött is tartósan jelentős forgalomkülönbségek lépnek fel, és ilyenkor is meg-

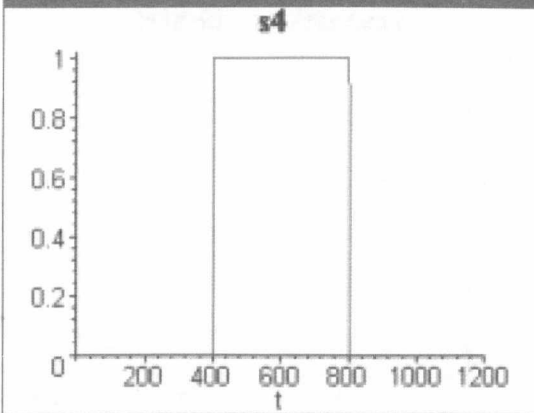
3.22. ábra: s3 output sűrűség



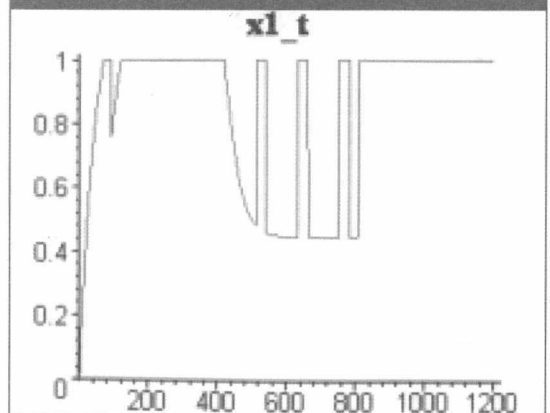
3.25. ábra: optimális  $u_2$



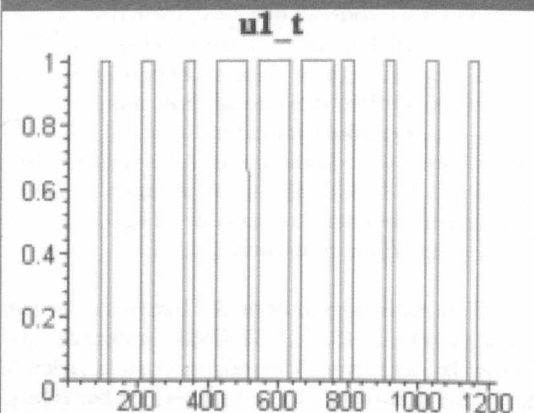
3.23. ábra: s4 output sűrűség



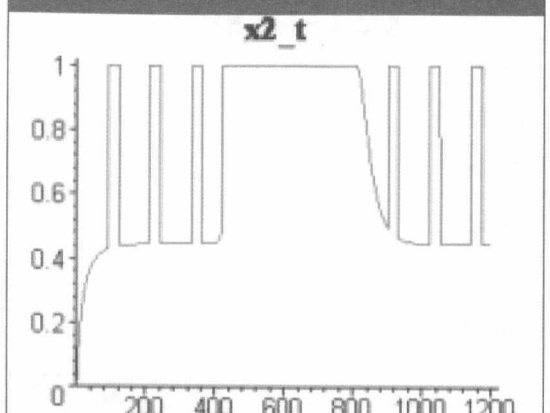
3.26. ábra:  $x_1$  sűrűség optimális  $u_1$ -nél



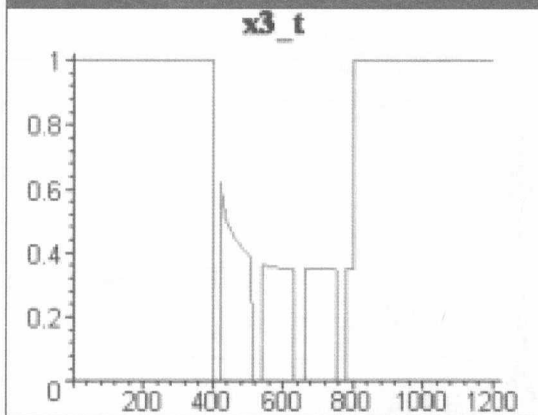
3.24. ábra: optimális  $u_1$



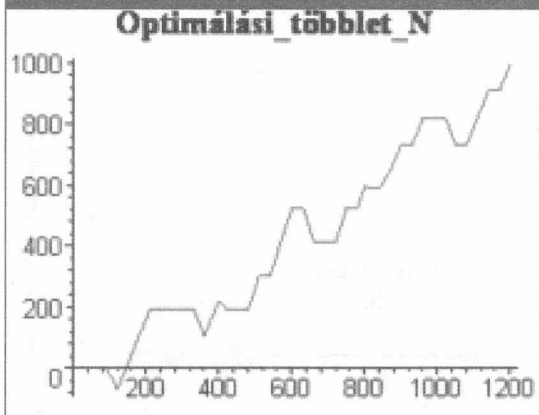
3.27. ábra:  $x_2$  sűrűség optimális  $u_1$ -nél



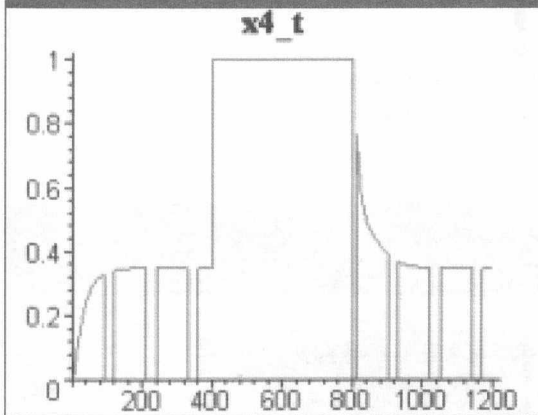
3.28. ábra: x3 sűrűség optimális u1-nél



3.31. ábra: összes optimális többlet alakulása



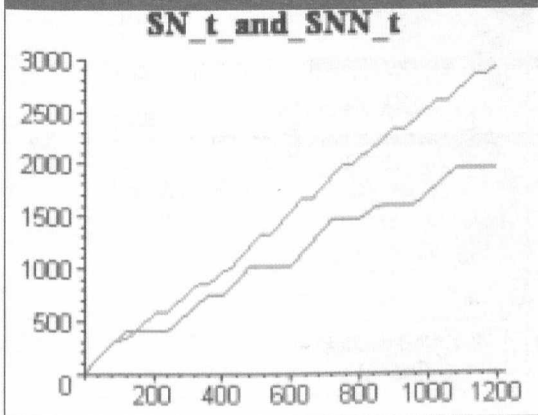
3.29. ábra: x4 sűrűség optimális u1-nél



3.32. ábra %-os többlet az optimális esetben



3.30. ábra: összes átadott járműszám optimális és 120 sec-os zöld u1-nél



állapítható egy 45 - 50%-os többlet a kereszteződésen áthaladó járműszám esetén, a hagyományos fix programmal működő kereszteződéssel szemben.

## 4. KÉT, KÉTIRÁNYÚ ÚT LÁMPÁS KERESZTEZŐDÉSE

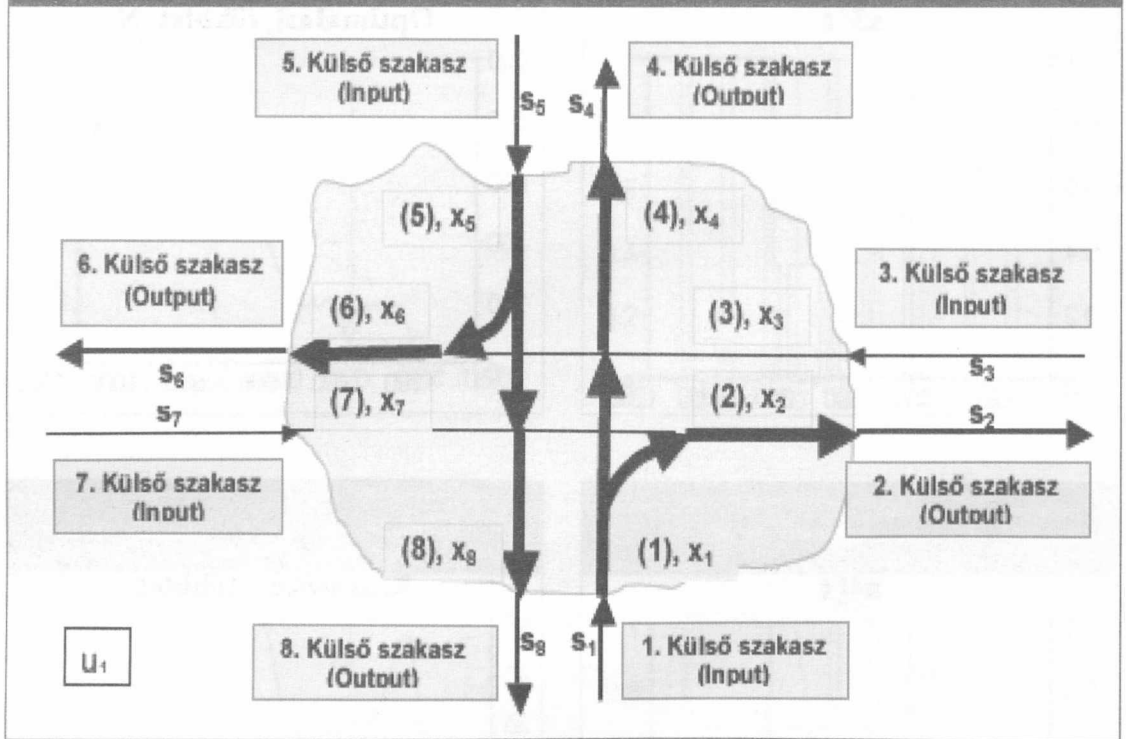
A rendszerek differenciálegyenlet-rendszere

$$x' = \langle L \rangle^{-1} [A(x,s) x + A l(x,s) s + B(x,s) u_1] \quad (4.1)$$

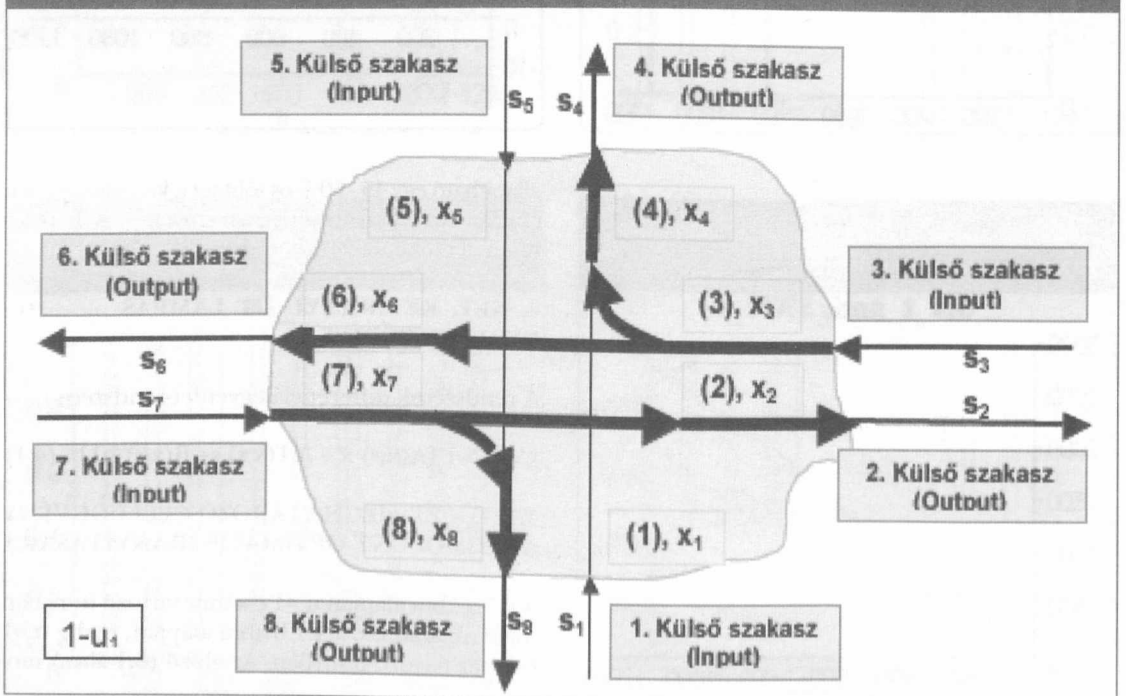
### 4.1. U<sub>1</sub>-ET MEGHATÁROZÓ CÉLFÜGGVÉNY A CSOMÓPONT OPTIMÁLIS IRÁNYÍTÁSÁRA

A 4.1.a ábra alapján u<sub>1</sub>=1 esethez tartozó irányban történik áramlás, a 4.1.b ábra alapján, pedig u<sub>2</sub>=1 esethez tartozó irányban. Az előző (3.1 ábra) mo-

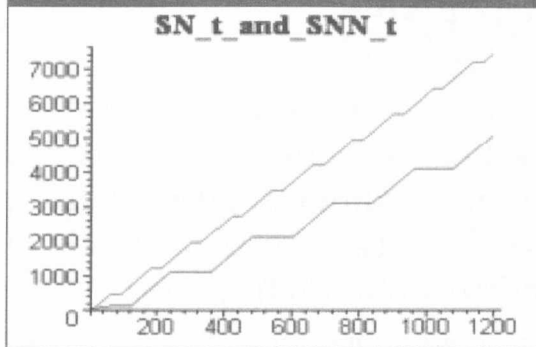
4.1 a. ábra: Két kétirányú út lámpás kereszteződési átadások „u1” zöld esetén



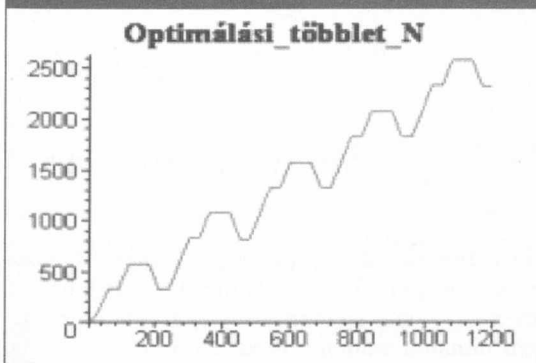
4.1 b. ábra: Két kétirányú út lámpás kereszteződési átadások  $u_2 = 1 - u_1$  zöld esetén



4.2. ábra: összes átadott járműszám optimális és 120 sec-os zöld ul-nél



4.3. ábra: összes optimális többlet alakulása



4.4. ábra: %-os többlet az optimális esetben



delljéhez hasonlóan vizsgáljuk a két esethez tartozó dt idő alatt átadott járműszámok különbségét: ha  $N = N_1 - N_2 > 0$  akkor  $u_1 = 1$ , egyébként  $u_2 = 1$  irányító jelet alkalmazva. A járműszámokat és az  $u_1$  irányító jelet (4.1), (4.2), (4.3), és (4.4) alapján számoljuk.

$$N1 := N12 + N14 + N56 + N58 + Ni11 + Ni33 + Ni55 + Ni77 + No22 + No44 + No66 + No88 \quad (4.2)$$

$$N2 := N78 + N72 + N34 + N36 + Ni11 + Ni33 + Ni55 + Ni77 + No22 + No44 + No66 + No88 \quad (4.3)$$

$$u1 = E(N1 - N2) \quad (4.4)$$



## Optimal operation of junction points in the transport network, discussion of the mathematical model

The article uses the special mathematical modeling techniques of a public road network of optional size and topology (1, 2, 3, and 4). With the help of the resulting positive non-linear dynamic system, it draws attention to the question of junction point optimization, to which the model suggests the use of the predictive control method (MPC). This is a control method based on a kind of numeric optimization in which, postulating a discrete time, the future values of the intervening signal (looking ahead on the finite time horizon) are determined by way of optimizing a specified objective function in each discrete time step.

## Die optimale Betätigung von den Knotenpunkten in dem öffentlichen Verkehrsnetz, die Verhandlung des mathematischen Modells

Der Artikel verwendet die Technik von einem speziellen mathematischen öffentlichen Straßennetz-Modell mit einem beliebigen Größe und Topologie. [1,2,3,4]. Er zeigt auf die Frage von der Knotenpunkt-Optimierung mit einem nicht-linearen dynamischen System, dafür das Modell ein prädikative leitenden (MPC) Methode empfohlen hat. Es ist ein Leitmethode basierend auf numerischen Optimierung, wo – voraussetzend eine diskrete Zeit – die zukünftige Werte des eingreifenden Signale (Blick nach vor auf dem endlichen Zeithorizont) in allen diskreten Zeitschritten durch einer Optimierung von einem vorgeschriebenen Zielfunktion festgestellt wurden.

# Baleseti és halálos sérülési kockázat a hazai közúti közlekedésben

A közlekedésbiztonság általános vizsgálata – idősorok, szempontok – elengedhetetlen a jövő tervezéséhez, a teendő intézkedések megalapozásához. A cikk a programhoz nyújthat segítséget azzal, hogy különböző mutatók elemzésével és következtetésekkel mintegy alapul szolgál a közlekedésbiztonság fokozásához.

**Jankó Domokos**  
e-mail: roadsafety@chello.hu

## BEVEZETÉS

Az elmúlt évvel lezárult az a 10 éves időszak (2001-2010.), amely során közúti biztonsági helyzetünk javításának célkitűzéseit az EU Fehér Könyv mellett a Magyar Közlekedéspolitika 2003-2015. is előírta. Az időszak végén már több elemzés látott napvilágot, amelyekben – a célkitűzéseknek megfelelően – a sérültek és a balesetek száma alapján értékelték az eredményeket. Nagyon fontos, hogy minél több és alaposabb értékelés készüljön, ezek eredményei alapján célszerű a következő 10 éves időszak közlekedésbiztonsági

programját elkészíteni. A hazai közúti biztonsági helyzet 2001-2010. évek közötti alakulását azonban – véleményem szerint – nem lehet csak annak alapján megítélni, hogy akár az EU, akár a hazai közlekedéspolitikai elvárásoknak megfelelően alakultak-e az abszolút sérülési és baleseti számok, hanem még számos egyéb szempontot lehet értékelni.

## SZÁMÍTOTT KÖZLEKEDÉSBIZTONSÁGI MUTATÓK

A cikkben a közúti közlekedési balesetek során összesen meghaltak, a gépjárművekben meghaltak, illetve az összes személysérüléses balesetek kockázati mutatóit számítottuk ki, a rendelkezésre álló alapadatok segítségével. A mutatók elnevezései: – ÖRSM: összes halálos sérülés kockázata (Meghalt/10<sup>9</sup> járműkm)

1. táblázat Alapadatok a kockázat számításához

	Összesen meghaltak (fő)	Gépjárműben meghaltak (fő)	Összes személysérüléses baleset	Forgalmi teljesítmény (milliárd jármű-km)
2001	1239	564	18505	33,56949
2002	1429	732	19686	34,96185
2003	1326	723	19976	35,95426
2004	1296	681	20956	36,95622
2005	1278	683	20777	37,63376
2006	1303	708	20977	40,04311
2007	1232	632	20635	41,77091
2008	996	506	19174	42,62207
2009	822	429	17864	42,27525
2010	739	377	16300	39,56148



– GRSM: halálos sérülés kockázata gépjárműben (Meghalt/ $10^9$  járműkm)

– RBM: baleset előfordulásának kockázata (Személyesérüléses baleset/ $10^9$  járműkm)

Az 1. táblázatban található baleseti és sérülési adatok forrása a KSH. A közúti forgalmi teljesítményt két különböző módszerrel számítottam, illetve becsültem.

## KÖZÚTI FORGALMI TELJESÍTMÉNY BECSLÉSE

A becsléshez két külön forrásból származó alapadatokat használtam, és kétféle algoritmus segítségével becsültem a kockázat számításához nélkülözhetetlen közúti forgalmi teljesítmény valószínű értékeit.

### A közúti forgalomszámlálásból származó adat

Az országos közúthálózatot rendszeresen végzett forgalomszámlálás eredményei és az ebből számított forgalmi teljesítmények adatai a kiadványokban megtalálhatók [www.kozut.hu]. Az önkormányzati úthálózatot rendszeres forgalomszámlálás nem történik, így az ezen a hálózaton keletkező forgalmi teljesítményt csak becsülni tudtam. A számításokhoz – különböző szakértői vélemények alapján – az országos közúthálózat forgalmi teljesítményének 10%-kal növelt értékét használtam.

### Az eladott üzemanyag mennyisége alapján végzett becslés

Az Ásványolaj Szövetség honlapján [www.petrolem.hu] az évente eladott üzemanyag mennyisége – benzin és dízel bontásban – megtalálható. A gépjárművek száma, az üzemanyag összetétele, valamint a feltételezett átlagfogyasztás alapján megbecsültem, hogy egy átlagos gépjármű évente hány kilométert futott, és ebből következően mennyi volt az összes futásteljesítmény a hazai teljes közúthálózaton.

A kétféle – egymástól független – módszerrel végzett számítás két számsort eredményezett, amelyek egymással jó egyezést mutatnak a 2004. év utáni időszakban, de kevésbé jól egyeznek a 2001-2004 közötti adatok esetén. [1.] A kockázat számításához – kompromisszumként – a kétféle módszerrel kapott futásteljesítmény-adatok átlagát használtam. Ezek értékét az 1. táblázat mutatja.

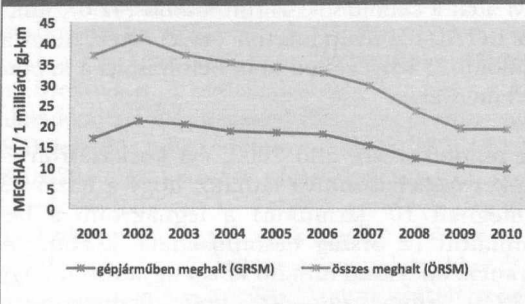
## A KOCKÁZATSZÁMÍTÁS EREDMÉNYEI

### Halálos sérülés kockázata

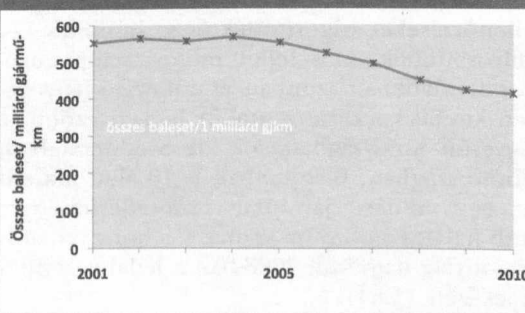
Az 1. táblázat adataival számított ÖRSM és GRSM kockázati értékek az 1. ábrán láthatók. A

közúti közlekedésben összesen meghaltak számára vonatkozó mutató (ÖRSM) természetesen a nagyobb, míg a gépjárműben utazók halálos sérülési kockázata (GRSM) a kisebb. A vizsgált időszakban mindkét halálos sérülési kockázati mutató a 2002. évben volt a legnagyobb, majd ezután folyamatosan csökkent 2009-ig. A kerekített (és egyelőre előzetes) adatok szerint 2010-ben Magyarországon egymilliárd járműkilométer futásteljesítményre összesen 19 meghalt személy adódott. Ebben az évben a gépjárművekben meghaltak száma egységnyi futásteljesítményre vetítve 9 fő volt, vagyis a halálos sérülés kockázata kb. fele akkora volt a gépjárművekben utazva, mint a közúti közlekedésben általában. Figyelemre méltó, hogy az előzetes adatok alapján a kockázati mutatók 2009. év után már nem csökkentek a korábbi mértékben. E változás pontos mértékét csak a végleges baleseti és futásteljesítményi adatok birtokában lehet meghatározni. Mindenesetre a 2001-2010. évek közötti időszakban az összes halálos sérülés kockázata a hazai közúti közlekedésben jelentősen (-49%) csökkent. Ebben az időszakban hasonló mértékben csökkent a gépjárművekben utazók halálos sérülési kockázata is a hazai közutakon (-47%).

1. ábra. Halálos sérülés kockázati mutatók 2001-2010 között



2. ábra. Összes személyesérüléses baleset kockázati mutatói 2001-2010 között



2. táblázat Mutatók 12 országban, 2007-ben és 2008-ban. (Distance travelled = futásteljesítmény (millió járműkm), Fatality rate = halálozási mutató (meghalt/milliárd járműkm))

Country	Distance travelled <sup>1</sup> (million veh-km)			Fatality rate Fatalities / billion veh-km		
	2008	2007	Evolution 2008-2007	2008	2007	Evolution 2008-2007
Australia	224 350	223 208	0.5%	6.5	7.2	-10%
Belgium*	97 770	98 790	-1.0%	9.4	10.8	-13%
Canada*	325 611	332 275	-2.0%	7.3	8.3	-13%
Czech Republic	55 322	53 624	3.2%	19.4	22.8	-15%
Finland	52 980	53 250	-0.5%	6.5	7.1	-9%
France	186 316	188 277	-1.0%	22.9	24.5	-6%
Hungary	43 247	41 419	4.4%	23.0	29.7	-23%
Japan	911 957	921 650	-1.1%	6.6	7.2	-8%
New Zealand	40 051	40 022	0.1%	9.1	10.5	-13%
Sweden	52 255	52 751	-0.9%	7.6	8.9	-15%
United Kingdom	508 900	513 000	-0.8%	5.2	6.0	-13%
United States	4 665 201	4 831 722	-3.4%	8.0	8.5	-6%

A nemzetközi összehasonlítás okán a 2. táblázatban néhány ország halálos sérülési kockázatának (ÖRSM) számértékét idézem. Az adatok a 2007. és 2008. évekre vonatkoznak, forrásuk az IRTAD adatbázis (www.irtad.net). A 2. táblázatban szereplő futásteljesítmény-adatok lényegében megegyeznek a kétféle alapadatokkal általam számított és az 1. táblázatban közreadott értékekkel. A 2007. évi adatok gyakorlatilag azonosak, a 2008. évi adat a számítások szerint kisebb (42,6), mint az IRTAD-nál nyilvántartott (43,2) érték, de ez a különbség lényegében nem befolyásolja a kapott eredményeket.

A rendelkezésre álló 2008. évi kockázati értékeket összehasonlítva látható, hogy a hazai 23 (meghalt/10<sup>9</sup> járműkm) a legnagyobb a bemutatott 12 ország hasonló adatai között. A francia kockázati mutató közel ugyanilyen nagy (22,9), annak ellenére, hogy Franciaország jelentős erőfeszítéseket tett a közelmúltban és tesz jelenleg is a halálos közlekedési áldozatok számának csökkentésért, pl. az automata sebességmérő kamerák számát megnövelték, az ellenőrzéseket szigorították és a büntetéseket súlyosbították. Más fejlett motorizációjú európai országokban azonban ez a mutató lényegesen kisebb kockázatra utal. A legkedvezőbb az Egyesült Királyságban: 5,2, de Svédországban, Finnországban, Belgiumban is 10 alatt maradt az egy milliárd járműkm futásteljesítményre jutó halálos áldozatok száma. Csehországban is viszonylag nagy volt 2008-ban a halálos sérülés kockázata (19,4).

### Személyesérüléses közúti baleset kockázata

A 2. ábra az összes személyesérüléses baleset előfordulásának kockázati értékeit mutatja 2001-2010 között. 2001 és 2005 között gyakorlatilag változatlan a kockázat (550), majd folyamatosan csökken 2010-ig 415 (baleset/1 milliárd járműkm) értékre, ami 25%-os csökkenést jelent a vizsgált időszak alatt. Ez a csökkenés kisebb mértékű, mint amit a halálos sérülési kockázattal tapasztaltam.

További vizsgálatokkal kellene megtalálni a magyarázatot arra, hogy miközben jelentősen csökken a halálos sérülések száma, az összes személyesérüléssel járó közúti baleset száma csak csekély mértékben változik. Ebben a rövid dolgozatban nem volt lehetőség figyelemmel kísérni a súlyos kimenetelű balesetek számának változásait is, mindenesetre egyes külföldi elemzők (elsősorban angolok) nem kizárólag a halálos, hanem a halálos+súlyos sérültek adatait elemzik. Ennek fontosságára utal az új EU programhoz kapcsolt megjegyzés [6.], amely szerint átlagosan minden halálos sérüléshez négy további életveszélyesen súlyos sérülés társul.

Ha sikerül megbízható választ találni a fenti kérdésre, akkor a következő 10 évre vonatkozó közlekedésbiztonsági program (rövid hivatkozási neve lehetne: MKBP\_2020 – a 2020-ig tartó időszakra vonatkozó Magyar KözlekedésBiztonsági Program) egyes akcióit (feladatait) úgy kell megválasztani, hogy a személyesérüléssel is járó balesetek relatív száma (kockázata) is jelentősen csökkenjen,

ne csak a súlyosságuk mérséklődjön. Más szóval a konfliktusok előfordulási valószínűségét is csökkenteni kell, nem csak a halálos sérülés kockázatát. A következő hosszú távú megelőzési program átgondolt és szakszerű tervezésével elérhető ez a cél is.

## A KOCKÁZATOK ELŐREJELZÉSE

2010. év végén két – közlekedésbiztonsági szempontból értékelhető – 10 éves cikluson vagyunk túl, és a harmadik 10 éves időszak előtt állunk, amelynek közlekedésbiztonsági megelőzési programjához szeretnék előrejelzést adni.

I. időszak 1991-2000

II. időszak: 2001-2010

III. időszak: 2011-2020

A 3. és 4. ábrán az összes halálos sérülés és a balesetek kockázatának éves adatait ábrázoltam az I. és a II. időszakra. Az I. időszak kockázati mutatóit a KSH baleseti adatai és a forgalomszámlálásból számított futásteljesítmények segítségével határoztam meg. A tényadatokra felrajzoltam a trendvonalakat, és ezeket előre vetítettem 2020-ig. A szakirodalom szerint a kockázat értéke exponenciálisan változik, ezért exponenciális trendet alkalmaztam. Részletesebb elemzés nélkül is jól látszik a 3. és 4. ábrán, hogy az exponenciális görbe nagyon jól illeszkedik a hazai tényadatokra. 3. és 4. ábra

Mindkét korábbi időszak alatt – ingadozásokkal ugyan, de – folyamatosan javult a hazai közúti biztonsági helyzet. Az I. és a II. időszak közötti általános javuló tendencia azonban különböző és ennek – véleményem szerint – az egyik lehetséges magyarázata, hogy míg az I. szakasz rendkívül kedvezőtlen biztonsági helyzetű évek után, a közúti biztonság javításának határozott szándéka mellett következett be, addig a II. szakasz egy jelentősen javuló időszak után, a biztonsági célok elérése iránt nem eléggé elkötelezett légkörben alakult. Mindkét időszakban történtek olyan intézkedések, amelyek a biztonságot szolgálták, de a két időszak alatt uralkodó biztonsági szemlélet-

módban erős különbséget érzek, elsősorban ami a közúti közlekedés sebességéhez való viszonyt jelenti.

Az I. időszakban többek között megalakult az ORFK OBB, és elfogadták a Nemzeti Közlekedésbiztonsági Programot, valamint csökkentették a lakott területen belüli általános sebességkorlátot (1993-ban 60 km/h-ról 50 km/h-ra). A II. időszak elején – szinte az első dolog volt - a külsőségi szakaszokon érvényes általános sebességkorlát megemlése (2001-ben 80 km/h-ról 90 km/h-ra, 100 km/h-ról 110 km/h-ra, 120 km/h-ról 130 km/h-ra), ami az időszak első 5 évében láthatóan elég jelentős romlást eredményezett. A II. időszak alatt szinte folyamatosan napirenden volt a sebesség általános növelésének igénye, ami többek között az emelt sebességű szakaszok bevezetéséhez vezetett. Ezek az intézkedések forgalomáramlási, kapacitási szempontból minimális hasznot jelentenek, közlekedésbiztonsági „üzenetük” viszont egyértelműen káros.

A II. időszak utolsó három évében a baleseti sérültek számában figyelemre méltó csökkenés következett be, amit jórészt a valóban pozitív intézkedések kedvező hatásának tulajdonítottak, nevezetesen az „objektív felelősség” bevezetésének és a „zéró tolerancia” érvényesítésének. További elemzések azonban megmutatták, hogy a szinte váratlanul nagy javulás nem kizárólag a közlekedésbiztonsági intézkedéseknek köszönhető, hanem a csökkenő áru- és személyszállítási teljesítményeknek is. A közlekedési teljesítmények a kialakuló általános gazdasági válság, az üzemanyagárak jelentős növekedése miatt estek. [3.], [4.] A 2001-2010. évek közötti időszakban a közúti közlekedésbiztonságot különböző pozitív és negatív hatások egyaránt érték, ezek eredője a közlekedési áldozatok és a balesetek számának csökkenése volt. Az országos közúthálózaton végzett rendszeres sebességmérések eredményei azt mutatják, hogy észrevehetően nem esett vissza a forgalom átlagsebessége, és az automata sebességmérések hatása sem lehet jelentős, egyrészt még nagyon

### HALÁLOS SÉRÜLÉS KOCKÁZATA (ÖRSM)

(I.) 1991 – 2000 között:	$RSM = 92,48 * e^{-0,095 * t}$	$R^2 = 0,96$ ( $t = 1 \dots 10$ )
(II.) 2001-2010 között:	$RSM = 111,34 * e^{-0,085 * t}$	$R^2 = 0,86$ ( $t = 10 \dots 20$ )

### SZEMÉLYSÉRÜLÉSES BALESET KOCKÁZATA (RBM)

(I.) 1991 – 2000 között:	$RBM = 1030,1 * e^{-0,065 * t}$	$R^2 = 0,93$ ( $t = 1 \dots 10$ )
(II.) 2001-2010 között:	$RBM = 901,29 * e^{-0,037 * t}$	$R^2 = 0,82$ ( $t = 10 \dots 20$ )

kevés ilyen berendezés van, másrészt olyan nagy a beállított sebességhatár, hogy csekély a visszatartó erő, harmadrészt a gyakori szabálysértő külföldieket nem szankcionálják<sup>1</sup>.

## MI VÁRHATÓ 2011 – 2020 KÖZÖTT?

Az EU meghirdette a 2011-2020. évek közlekedésbiztonsági feladatait tartalmazó „Új Fehér Könyv”-et [5.], amelyben a célkitűzés ismételt az áldozatok számának 50%-os csökkentése. Ez egyértelműen számunkra is azt jelenti, hogy el kell készíteni a szóban forgó időszakra vonatkozó nemzeti közlekedésbiztonsági programot, és a célkitűzés sem lehet más, mint amit az EU Fehér Könyv tartalmaz.

A program részletes megtervezése a hazai elméleti és gyakorlati szakemberek összehangolt munkáját igényli. Gyakori szakmai egyeztetésekre, a lehetőségek felmérésére és a szóba jöhető intézkedések hatásának becslésére van szükség. Ezt a munkát 2011-ben be kellene fejezni, hogy az év végére elfogadott és érvényes hosszú távú programunk legyen. A továbbiakban egy-két megjegyzéssel szeretnék a tervezéshez hozzájárulni.

Az előrejelzés, „jóslás” nem egy egyszerű matematikai formula használata, a „görbék továbbhúzása”, hanem a körülmények, háttér adatok, meghatározó események előre látása és hatásuk mérlegelése. Az exponenciális függvény korábban már „működött”, valószínűleg most is fog, de hogy milyen meredekséggel halad tovább az ismeretlen 10 éves időszakban, az

a körülmények – pl. a megelőzési tevékenység intenzitásának és hatásfokának – függvénye. Az elkövetkező 10 év közlekedési történéseit – szerintem – egy olyan szakértői csoportnak kellene valószínűsíteni, amelyik több szakma képviselőiből áll, mivel többek között a következő kérdésekre kell választ találni: mennyi lesz a gépjárművek száma, életkora, műszaki színvonala, futásteljesítménye, egyes közlekedési csoportok életkori megoszlása, a biztonságos közúti infrastruktúra fejlődése, az intelligens közlekedési rendszerek (pl. e-Call) elterjedése, stb. E tényezők mind befolyásolják a közúti baleseti helyzetet. Várható például, hogy az elektromos járművek és gépjárművek száma növekszik, és a kisméretű – gazdaságos üzemű – személygépkocsik aránya is nő, stb. Ezek hatását a közúti biztonság alakulására csak szakértői becslések alapján lehet megjósolni.

A 3. és 4. ábrán bemutatott trendekből számítható sérülési és baleseti adatokat, a forgalmi teljesítmény függvényében, a 3. táblázat mutatja. Az előre jelzett kockázati mutatókból a várható gépjárművek mennyisége, illetve futásteljesítménye segítségével megbecsülhető a balesetek és a meghaltak száma 2020-ban. Véleményem szerint a 46 milliárd járműkilométer futásteljesítmény tűnik valószínűnek 2020-ban, ami 3,8-3,9 millió gépjárművet jelent ebben az évben.

(A program tervezésekor tisztázandó, hogy a 2010. vagy a 2011. évi adatok lesznek-e az ún. bázis adatok? Az EU direktíva [5.] azt írja, hogy a 2010. évi adatokhoz kell mérni a 2020. évi céladatokat. Ez bizonyos

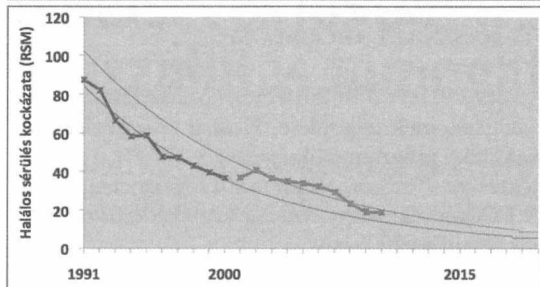
3. táblázat: Meghaltak és balesetek számának becslése

A 2020-ra vonatkozó előrebecsléshez használt trendek	Becsült forgalmi teljesítmény 2020-ban (milliárd járműkm)	Összes sz. s. baleset (eset)		Meghaltak (fő)	
		2020-ban	Csökkenés a 2011 évi bázishoz viszonyítva*	2020-ban	Csökkenés a 2011. évi bázishoz viszonyítva *
I. időszak (1991-2000)	43	6225	-61%	230	-71%
	46	6660	-58%	246	-69%
II. időszak (2001-2010)	43	12750	-20%	373	-52%
	46	13640	-15%	400	-49%
I+II időszak (1991-2010)	43	12098	-24%	460	-42%
	46	12942	-19%	491	-37%

A szerző becslése : a balesetek száma: 16 000, a meghaltak száma: 780

<sup>1</sup> E téren változás várható: újsághír szerint 75 pontban módosítja a közlekedési tárgyú törvényt a kormány, egy jövő héten elfogadandó salátatörvényben. Kötelező lesz a helyszíni bírság kiszabása, újraszabályoznak a járművezetői oktatást, jelentősen szigorítják, pár kivételtől eltekintve gyakorlatilag ellehetetlenítik az útemeni hirdetőtáblák elhelyezését, és a törvény általános indoklása szerint megteremtik a külföldi közúti szabálysértők felelősségére vonásának feltételeit. (www.index.hu 2010. december 19.)

3. ábra. Halálos sérülés kockázatának előrejelzése



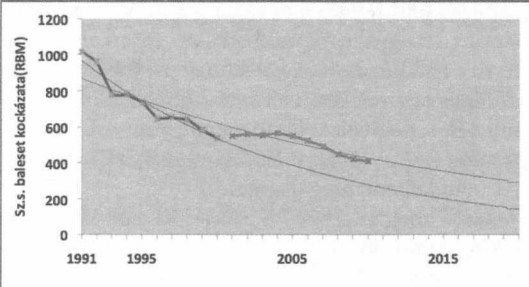
ellentmondást jelent a korábbi Fehér Könyvel, ott ugyanis a 2001-2010. időszakra a 2001. és nem a 2000. évi alapadatot tekintették bázisnak. Egészen más eredményt kaptunk volna 2010-ben, ha a bázisév 2000 lett volna 2001 helyett.)

Várható (remélhető), hogy ha a gazdasági válságon túljut az ország, és a gépjárművek száma, valamint a forgalmi teljesítmények, – ha nem is a korábbi ütemben – ismét növekszenek, ezek következtében a baleseti helyzet változik. A következetes és összehangolt baleset-megelőzési tevékenység feladata, hogy a korábbi javuló tendenciát megtartsa. A politikai és szakmai irányítás, vagyis a döntéshozás szintjén vissza kell térni a „biztonságtudatos” szemléletmódhoz, és követni kell a nemzetközi és hazai szakmai körökben megkérdőjelezhetetlen elvet, ami elsősorban a forgalom csillapításával és a forgalom sebességének kezelésével (speed management) függ össze.

A 3. táblázatban három trendet vettem figyelembe. Megbecsültem, milyen közlekedésbiztonsági „eredmény” várható, ha az I. vagy a II. időszak, illetve ezek kombinációjának általános megelőzési „politikáját” követjük a 2011-2020-as időszakban. Véleményem szerint a „kombinált trend” megvalósulása tűnik a legvalószínűbbnek, és ezzel a meghaltak számának kb. 40%-os, a balesetek számának kb. 20%-os csökkenése jelenthet reálisan elérhető célt. Természetesen sok függ a megelőzési munka intenzitásától és a körülmények alakulásától is, bizonyos keretek között azonban ezek tervezhetők.

Ha az I. és II. időszak tényadataira exponenciális trendet illesztünk („kombinált megelőzési politika” feltételezése) és ezzel előre jelezzük az összes halálos sérülés kockázatát, akkor azt kapjuk, hogy 2020-ban ez az érték kerekítve 10 (meghalt/10<sup>9</sup> járműkm) lesz, ami a 2010. évi 19-cel szemben jelentősen kisebb, és gyakorlatilag a fejlettebb európai országok 2010-es színvonalának

4. ábra. Személyes sérülések kockázatának előrejelzése



felel meg. (A jelenlegi rendkívül kedvező angol, svéd értékeket még várhatóan 10 év múlva sem tudjuk elérni.) Mondhatjuk, hogy a közúti közlekedésünkben kialakuló halálos sérülés kockázata tekintetében elmaradásunk kb. 10 év. A 2020-ig tartó időszak közlekedésbiztonsági politikájától függ, hogy ez az elmaradás megmarad, vagy csökkenti tudjuk.

## ÖSSZEFOGLALÓ MEGJEGYZÉSEK:

- A 2001-2010. évek közötti időszakban a közúti közlekedés baleseti és sérülési adatai kisebb-nagyobb mértékben csökkentek ugyan, azonban az EU Fehér Könyv és a hazai közlekedéspolitika által megfogalmazott számszerű közlekedésbiztonsági célkitűzéseket – egy kivétellel – nem sikerült teljesíteni. [1.]
- Az abszolút számok helyett a – szakszerűbb – relatív mutatókkal végzett összehasonlító elemzések eredményei javuló biztonsági helyzetet mutatnak. A hazai közúti közlekedésben mind a halálos sérülés, mind a balesetbe kerülés kockázata jelentősen csökkent, azaz közúti közlekedésünk határozottan biztonságosabb lett. Az előzetes értékelés szerint a baleset-megelőzés terén végzett hazai erőfeszítések lényegében eredményesek voltak.
- Az elkövetkező hónapok feladata, az elmúlt 10 év közúti biztonsági helyzetének részletes, szakszerű elemzése már a végleges, hivatalos adatok birtokában. Értékelni kell az egyes – pontosan meghatározott – baleset-megelőzési intézkedések valószínűsíthető hatását és hatékonyságát, erre a tudásra a 2020-ig tartó, hosszú távú program tervezéséhez van szükség.
- Véleményem szerint nem csak 2-3 éves akcióprogramokat kellene tervezni, ahogyan ezt a „HOGYAN TOVÁBB” konferencia sugallta [6. ], hanem – az EU programmal összhangban – 10 éves hosszú távú reális „tervet” is célszerű készíteni, aminek alakulását viszont két évente „monitorozni” kell, és ha szükséges a korrekciókat ezután kell végrehajtani.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Időközben a Nemzeti Fejlesztési Minisztérium és a Belügyminisztérium 2011. januárban elfogadta a „Közúti Közlekedésbiztonsági Akcióprogram 2011-2013” című dokumentumot.

- 2020-ig az EU ugyanolyan „egyszerű” közlekedésbiztonsági célkitűzést fogalmazott meg, mint a korábbi Fehér Könyvben, nevezetesen a halálos áldozatok számának 50%-os csökkentését. Véleményem szerint a magyar programban alapvetően el kellene térni a célkitűzésnek ilyen számszerű meghatározásától, és egy reálisan elérhető kockázatsökkenést, mint elérendő célt kellene megfogalmazni. (Ennek pontos értékét és formáját hazai szakértői egyeztetés után kellene megállapítani.)
- Az EU meghatározta a stratégiai célokat is az elkövetkezendő 10 évre [6.]. A Magyar Közlekedésbiztonsági Programnak – véleményem szerint – nem szabad automatikusan átvenni ezeket a célokat, hanem a sajátos hazai helyzet függvényében kell ezeket kiegészíteni, illetve a prioritásokat meghatározni. Például az EU célkitűzések között most nem szerepel hangsúlyosan a „speed management”, holott Magyarországon e téren még nagyon sok ki nem használt potenciális lehetőség van. A „sebesség kezelésének” – minden részletfeladatával együtt – egyértelműen a legnagyobb prioritású stratégiai eszköznek kell lennie az elkövetkezendő évek hazai baleset-megelőzési tevékenységében.
- Nyilvánvaló követelmény, hogy a hosszú távú „tervnek” (adott esetben az MKBP\_2020-nak nevezhető közlekedésbiztonsági programnak), a tervidőszak előtt készen kellene lenni, ezért is a közeljövő sűrű feladata a 2011-ben kezdődő újabb 10 éves

időszak közlekedésbiztonsági programjának, ezen belül a konkrét intézkedéseknek, mielőbbi megtervezése és jóváhagyása.

## FELHASZNÁLT IRODALOM:

- [1.] Jankó D.: A 2001-2010 évek közlekedésbiztonsági célkitűzéseinek teljesülése. Hosszú távú közlekedésbiztonsági program szükségessége. Közlekedésbiztonsági Szemle 2011 (megjelenés alatt)
- [2.] Gégyény I.: Magyarország közlekedésbiztonságának alakulása 2008-ban. Közlekedésbiztonsági Szemle 2009/10.
- [3.] Jankó, D.: A baleseti helyzet alakulása az országos közutak külsőségi szakaszain. Közlekedésépítési Szemle 60. évfolyam 2. szám 2010. február
- [4.] Holló P.: A közúti biztonság javulásának néhány háttértényezője. Közlekedéstudományi Szemle LX évf. 4. szám. 2010. szeptember
- [5.] Towards a European road safety area: policy orientation on road safety 2011-2020. European Commission. Brussels 20.7.2010. COM (2010) 389 final
- [6.] HOGYAN TOVÁBB? Közlekedésbiztonság a Fehér Könyv után. Közlekedésbiztonsági Konferencia 2010. november 30. Budapest, Teve utca



## Risks of accident and fatal injuries in public road transport

Last year closed the ten-year long period (2001 – 2010) in the course of which the White Book of the EU and the Hungarian Transport Policy 2003-2015 specified the aims of developing our public road safety. At the end of the period a number of analyses evaluated the fulfillment of the aims by simply comparing the number of fatalities and injuries of public road accidents in the first and last year of the period in question. It is very important to have as many properly prepared analyses as possible to serve as the basis of the prevention program for the next ten-year period. With the analysis of the various indices and the resulting conclusions the article can serve as a basis to increase transport safety.

## Tödliche Verletzungs- und Unfallrisiken in Straßenverkehr

Der 10 jährige Zeitraum beendet in dem letzten Jahr (2001-2010), der die Zielsetzungen der Verbesserung von unserem Sicherungszustand durch die ungarische Verkehrspolitik 2003-2015 neben dem Eu Weißen Buch vorgeschrieben hat. Mehr Analyse sind am Ende des Zeitraumes zum Vorschein gekommen, indem die Erfüllung des Zielsetzungen durch den einfachen Vergleich der Zahlen der Unfällen mit Personenverletzungen und tödlichen Opfern in dem ersten und letzten Jahr des geprüften Zeitraum bewertet wurden. Es ist sehr wichtig, um mehr und gründlicher Bewertungen zu machen, um laut deren Ergebnissen zweckmäßig das Vorbeugungsprogramm für die nächsten 10 Jahre zu vorbereiten. Der Artikel kann Hilfe mit dem Analyse und der Folgerungen von verschiedenen Zeigern als Grund für die Erhöhung der Verkehrssicherung dienen.

## Az elektronikus fuvar- és raktárbörzék lehetséges jövőbeli szerepköre a kombinált áruszállítás támogatásában

A publikáció áttekintést ad a nemzetközileg ismert megoldásokról (online piacterek, logisztikai folyamatok támogatása, optimumkeresési módszerek stb.). Rámutat arra, hogy a szakirodalom nem bővelkedik az elektronikus fuvar- és raktárbörzék közötti áruszállításon kívüli alkalmazási lehetőségeinek terén, illetve hogy egyes vizsgálatok csak részterületekre terjednek ki (pl. az elektronikus fuvarbörzéknek csupán a vasúti áruszállításban történő bevezetését vizsgálták). Mindezek indokolják a téma kiterjedtebb feldolgozását.

**Kovács Gábor**

e-mail: kovacs@kku.bme.hu

### 1. AZ ELEKTRONIKUS FUVAR- ÉS RAKTÁRBÖRZÉK LEHETŐSÉGEI A KOMBINÁLT ÁRUSZÁLLÍTÁS HATÉKONYSÁGÁNAK JAVÍTÁSÁRA

Az elektronikus fuvar- és raktárbörzék a szállítási/ raktározási kapacitások/feladatok összehangolására létrejött online piacterek [6], amelyek bizonyos feltételek mellett alkalmasak lehetnek összetett logisztikai folyamatok támogatására is [7]. A szakirodalom mindemellett szegény az elektronikus fuvar- és raktárbörzék közötti áruszállításon kívüli alkalmazási lehetőségeinek elemzése terén. Bruns és társai [2] az elektronikus fuvarbörzék vasúti áruszállításban történő bevezetését javasolják, egy új trend, a zöld logisztika egyik megvalósítási lehetőségeként. Azonban ennek is a fő célja „csupán” a szabad vasúti kapacitások lekötése, nem pedig az áruszállítási módok összekapcsolása. Emellett létezik néhány fuvarbörze (például cargotc.com), amelyek csupán annyiban segítik a kombinált áruszállítást, hogy különféle áruszállítási módokra vonatkozóan engednek ajánlatokat adni, azonban ezt semmilyen döntéstámogató, optimumkereső algoritmussal nem támogatják.

A korábbi kutatások és a szakirodalmi ismeretek alapján a fuvar- és raktárbörze alapvetően két kü-

lönféle minőségi szinten biztosíthatja a kombinált áruszállítás támogatását:

- Az elektronikus fuvar- és raktárbörzén a nagy távolságú és nagy mennyiséget képviselő szállítást biztosító járművek kapacitásaira lehet foglalatást tenni, a különböző áruszállítási módok kapcsolódási pontjain fellépő átmeneti tárolási feladatokhoz szabad kapacitást pedig a raktárbörzén lehet keresni. Ennek a legfőbb hátránya, hogy a felhasználókra bízva e lehetőség igénybevétele.
- Az elektronikus fuvar- és raktárbörze alapvető tulajdonságát, az online kapcsolatot és adatbázist kihasználva lehetőség van az igények és a kapacitások optimális összerendelésére [9], valamint az eszközpark-átcsoportosítás [8] megvalósítására. Ez esetben többszintű, készlet- és szállításoptimalizálási probléma is felmerülhet.

Mivel az első lehetőséget egyrészt a meglévő elektronikus fuvar- és raktárbörzék jellegüknél fogva biztosíthatják, másrészt közel sem biztos, hogy ennek alkalmazásával akár egyéni, akár globális szinten kielégítő megoldás születik, ezért a későbbi vizsgálatok tárgyát a második szint, azon belül is a szállításoptimalizálás jelenti.

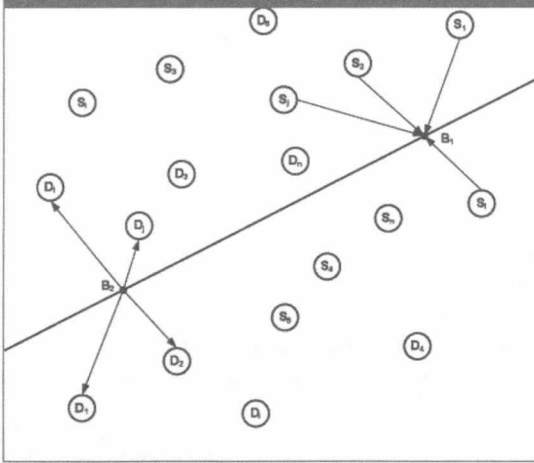
### 2. AZ IGÉNY-KAPACITÁS ÖSSZERENDELÉS MODELLJE, LOGIKÁJA, CÉLFÜGGVÉNYE

Az 1. ábrán egy képzeletbeli körzet látható, felüntetve rajta a szállítási feladatok fel- és leadási pontjait, a körzetet átszelő, kombinált szállítást

lehetővé tevő áruszállítási mód útvonalát (vasúti vagy folyami áruszállítás) és az átrakást biztosító bimodális csomópontokat. A folytatáshoz az 1. ábrával összhangban az alábbiak definiálása szükséges:

- szállítási feladatok:  $1, 2, \dots, i, \dots, j, \dots, l, \dots, n$ ;
- a kombinált áruszállításba vont szállítási feladatok:  $1, 2, \dots, j, \dots, l$ ;
- $S_j$ : a szállítási feladatok feladási állomása;
- $D_j$ : a szállítási feladatok célállomása;
- $B_1, B_2$ : az átrakást lehetővé tevő bimodális áruszállítási csomópontok.

1. ábra: Az elektronikus fuvarbörzék szerepe a kombinált áruszállítás szervezésében



A szállítási feladatok elektronikus fuvarbörzékkel támogatott kombinált módon történő teljesítését az alábbi főbb tényezők befolyásolják:

- a layout, azon belül is:
  - a szállítási feladatok fel- és leadási pontjainak egymáshoz képesti elhelyezkedése,
  - a szállítási feladatok fel- és leadási pontjainak a bimodális áruszállítási csomópontokhoz képesti elhelyezkedése,
  - fontos feltétel a szállítási feladatok fel- és leadási pontjainak a bimodális áruszállítási csomópontokból történő közvetlen elérhetősége;
- a fizikai jellemzők:
  - a szállítási feladatokhoz rendelt áruk fizikai jellemzői,
  - a kombinált szállítást lehetővé tevő áruszállítási eszköz (vasúti kocsis, hajó) kapacitásjellemzői;
- időbeli paraméterek:
  - a szállítási feladatok teljesítéséhez kapcsolódó időelemek,
  - a kombinált szállítást biztosító eszközpark időbeli foglaltsága.

Alaphelyzetben a szállítási feladatokat egyenként, egy-egy szabad kapacitás (közúti áruszállító jármű) hozzárendelésével teljesítik a jelenlegi fuvarbörzék. Ekkor „l” számú szállítási feladat vonatkozásában és „l” számú szállítójármű igénybevételével a (1.) képletben látható szállítási teljesítmény ébred a (2.) képletben látható összes futásteljesítmény mellett.

$$Q^H = \sum_{j=1}^l I_j d_{S_j D_j} \quad (1.)$$

$$F^H = \sum_{j=1}^l d_{S_j D_j} \quad (2.)$$

$Q^H$ : hagyományos áruszállítás mellett ébredő anyagmozgatási teljesítmény

$F^H$ : hagyományos áruszállítás mellett ébredő futásteljesítmény

$j = 1, 2, \dots, j, \dots, l$ : szállítási feladatok

$I_j$ : az  $j$ . szállítási feladathoz tartozó árumennyiség (pl. tonna, egységgrakomány)

$d_{S_j D_j}$ : az  $j$ . szállítási feladat fel- és leadási állomásai közötti távolság

Ugyanezen „l” számú szállítási feladat kombinált módon történő teljesítése által az összes szállítási teljesítmény az esetek nagy részében növekszik, legkedvezőbb esetben a szállítási feladatok fel- és leadási pontjainak a bimodális fel- és leadási csomópontokkal való egybeesése esetén legfeljebb ugyanakkora lesz (3.), viszont az összes futásteljesítmény (4.)  $>1$  esetén csökkenhet is, ami a későbbi optimumkeresés egyik fontos feltétele lesz.

$$Q^B = \sum_{j=1}^l I_j d_{S_j B_1} + \sum_{j=1}^l I_j d_{B_1 B_2} + \sum_{j=1}^l I_j d_{B_2 D_j} \quad (3.)$$

$$F^B = \sum_{j=1}^l d_{S_j B_1} + d_{B_1 B_2} + \sum_{j=1}^l d_{B_2 D_j} \quad (4.)$$

$Q^B$ : kombinált áruszállítás mellett ébredő anyagmozgatási teljesítmény

$F^B$ : kombinált áruszállítás mellett ébredő futásteljesítmény

$i = 1, 2, \dots, j, \dots, l$ : a kombinált áruszállításba vont szállítási feladatok

$d_{S_j B_1}$ : az  $j$ . szállítási feladat feladási állomásának távolsága a bimodális gyűjtőponttól

$d_{B_1 B_2}$ : a bimodális elosztóközpont távolsága a  $j$ . szállítási feladat célállomásától

$d_{B_1 B_2}$ : a bimodális gyűjtő- és elosztóközpontok távolsága

A célfüggvény az összes anyagmozgatási teljesítménynövekmény minimalizálása (5.), az ehhez



tartozó összes futásteljesítmény csökkenés maximalizálása (6.) a kombinált szállítást biztosító jármű minél jobb kihasználása mellett (7.).

$$Q^{CF} = \frac{Q^B}{Q^H} = \text{MIN!} \quad (5.)$$

$$F^{CF} = \frac{F^H}{F^B} = \text{MAX!} \quad (6.)$$

$$K^{CF} = \sum_{j=1}^I I_j = \text{MAX!} \leq K \quad (7.)$$

$Q^{CF}$ ,  $F^{CF}$ ,  $K^{CF}$ : az optimalizálás célfüggvényének összetevői

K: a kombinált szállítást biztosító jármű kapacitása

Az (5.) és (6.) képletekben látható célfüggvények

$$H = K^{CF} \frac{F^{CF}}{Q^{CF}} = \text{MAX!} \quad (8.)$$

$$H = \frac{(\sum_{j=1}^I I_j) * (\sum_{j=1}^I I_j d_{S_j D_j}) * (\sum_{j=1}^I d_{S_j D_j})}{(\sum_{j=1}^I I_j d_{S_j B_1} + \sum_{j=1}^I I_j d_{B_1 B_2} + \sum_{j=1}^I I_j d_{B_2 D_j}) * (\sum_{j=1}^I d_{S_j B_1} + d_{B_1 B_2} + \sum_{j=1}^I d_{B_2 D_j})} \quad (9.)$$

A (9.) képletben látható célfüggvény és az általa definiált optimumkeresési feladat összetettsége, valamint a módszertani hasonlóságok miatt a megoldást a fuvarbörzéken használható járat tervező algoritmus megalkotása során [9] sikeresen alkalmazott metaheurisztikus optimum kereső algoritmus, a hangyakolónia algoritmus segítségével lehet megtalálni.

### 3. AZ OPTIMUMKERESÉSI PROBLÉMA MEGOLDÁSA HANGYAKOLÓNIA ALGORITMUS (BA\_ACO) SEGÍTSÉGÉVEL

#### 3.1. A BA\_ACO ALGORITMUS LOGIKÁJA

Az Ant Colony optimalizáló algoritmus egy, Marco Dorigo által kifejlesztett, a hangyák szociális viselkedésének modellezésén alapuló metaheurisztikus módszer. A hangyák a természetben először véletlenszerűen keresnek élelemforrást, majd ha élelmet találnak, a bolyba visszatérve feromonnal jelölik meg az utat. Más hangyák az utakon lévő feromonjel alapján nagyobb valószínűséggel választják ki a megjelölt utat a véletlen vándorlás helyett. A rövidebb utak hamarabb bejárhatók, így ezeken több, a hosszabbakon pedig kevesebb feromon lesz. Idővel az utakon lévő feromon mennyisége csökken (párolog), a lokális optimumnál való leragadást gátolva meg [1], [3], [4], [5].

A kombinált áruszállítás elektronikus fuvar- és raktárbörzékkel történő támogatása során a han-

gys jellemzője, hogy a bimodális csomópontokhoz közeli fel- és leadási pontokkal rendelkező szállítási feladatokat részesítik előnyben. A futásteljesítmény-csökkenés maximalizálása (6.) és a kombinált szállítást végző jármű minél jobb kihasználása (7.) viszont a minél több szállítási feladat bevonásának irányába hat, ami az összes szállítási teljesítményt növelheti. A három célfüggvény összevonásával egy hasznfüggvény képezhető (8.), amely a kombinált szállítással létrejövő felszabadult kapacitások számával arányos, az optimalizálás célfüggvénye így a H függvény minél magasabb értékének meghatározása (8.), (9.), vagyis olyan szállítási feladatok kombinált úton történő teljesítése, amely ezt lehetővé teszi.

gyak élelemkereséséhez hasonló probléma merül fel: a cél a bimodális csomópontokra gyűjtés és onnan elosztás a (8.) és (9.) képletekben és az azokat megelőző bekezdésekben definiált optimumkeresési problémának megfelelően, melynek megoldási menetét a 2. ábra, ill. a soron következő néhány bekezdés szerint lehet végrehajtani (BA\_ACO).

1. Kiinduló adatok meghatározása:

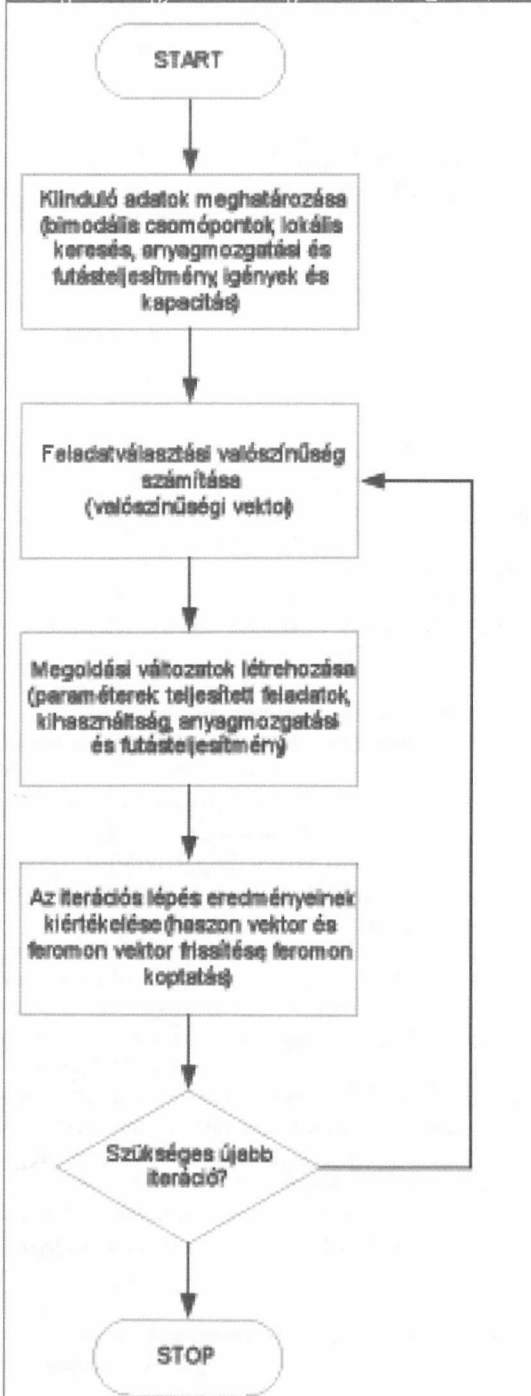
- az optimumkeresés kiindulópontja (kombinált áruszállítási csomópontok);
- a keresési tér szűkítése (lokális keresés): a bimodális csomópontokhoz és a kombinált áruszállítást biztosító jármű kapacitásához képest teljesíthető szállítási feladatok távolság és árumennyiség alapján történő kiválasztása;
- a szállítási feladatok egyedi szállítási feladatként, ill. kombinált módon történő továbbításához kapcsolódó távolság, anyagmozgatási teljesítmény és futásteljesítmény értékek számítása ((1.), (2.), (3.), (4.) képletek és azok elemei);
- feromon vektor előállítása (az egyes szállítási feladatok kombinált módon történő teljesítésének hatékonyságát jellemző szám, kezdetben csupa 1-es értéket tartalmaz).
- hasznvektor (az egyes szállítási feladatok kombinált áruszállításba történő bevonása mekkora haszonnal jár) kinullázása;

2. Feladatválasztási valószínűség számítása:

Annak valószínűsége, hogy a j-edik szállítási feladatot kombinált módon teljesítjük:

$$p_j = \frac{\varphi_j^\alpha \cdot \left(\frac{1}{l_j}\right)^\beta}{\sum_{j=1}^L \left[\varphi_j^\alpha \cdot \left(\frac{1}{l_j}\right)^\beta\right]} \quad (10.)$$

2. ábra: A kombinált áruszállítás elektronikus fuvarbörzék segítségével történő szervezését támogató hangyakolónia algoritmus (BA\_ACO)



$\varphi_j$ : a j. szállítási feladathoz tartozó feromon mennyisége

$l_j$ : a j. szállítási feladathoz tartozó elszállítandó árumennyiség

$L$ : a választható szállítási feladatok száma ( $j = 1 \dots L$ )

$\alpha$ : a keresésből származó információk fontosságát kifejező kitevő ( $\alpha = 2$ )

$\beta$ : heurisztikus információ (mennyiség) fontosságát kifejező kitevő ( $\beta = 1/3$ )

– a fenti valószínűségekből képezhető egy vektor, amely a szállítási feladatok kombinált áruszállításba vonásának valószínűségét mutatja (valószínűségi vektor).

3. Megoldási változatok létrehozása:

– véletlenszámok generálása, majd szállítási feladatok kiválasztása a valószínűségi vektor alapján, a korlátozó feltétel (a kombinált áruszállítást biztosító jármű kapacitása) teljesüléséig;

– a járat fő paramétereinek (szállítási feladatok, kihasználtság, anyagmozgatási teljesítmény, futásteljesítmény) meghatározása;

– a fenti lépések végrehajtása a hangyakolónia számának megfelelően (pl. 10 hangya=10 verzió).

4. Az iterációs lépés eredményeinek kiértékelése:

– haszonvektor feltöltése: az iterációs lépésben elért legnagyobb járatszintű haszon beírása az egyes szállítási feladatokhoz a (9.) képlet alapján. Ebben a vektorban csak azon helyeken lesz érték, melyeket a hangyák közül legalább egy érintett, több hangya esetén a lépés során elért legnagyobb haszon kerül beírásra;

– az iterációs lépések során elért maximális haszon ( $H_{\max}$ ) frissítése, amennyiben sikerült javulást elérni;

– a feromon vektor frissítése (az 5/36-os szorzó a konzervatív és a felfedező keresés közötti egyensúlyt biztosítja;  $H_{\max}$  használata un. erős elitizmust eredményez):

$$\varphi_j = \varphi_j + \frac{5}{36} \cdot \varphi_j \cdot \frac{H_j}{H_{\max}} \quad (11.)$$

$H_j$ : a j. szállítási feladat kombinált módon történő teljesítésével elért haszon

$H_{\max}$ : az iterációs lépések során elért legnagyobb haszon

– feromon koptatás (csak az adott iteráció során bejárt viszonylatokon kell feromon frissítést végrehajtani):

$$\varphi_j = \varphi_j \cdot (1 - \rho) \quad (12.)$$

$\rho$ : feromon párolgási együttható ( $\rho = 0,1$ )

5. Újabb iterációs lépés végrehajtása (2, 3, 4 lépések) mindaddig, amíg további lényeges javulás ( $H_{max}$ ) már nem elérhető vagy bizonyos lépésszám után.

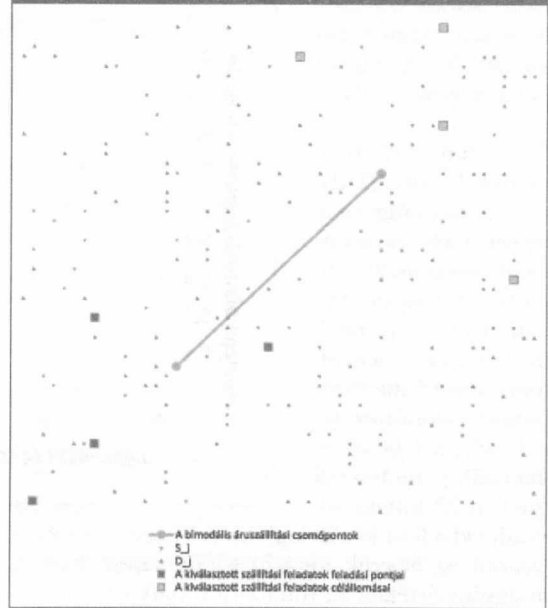
### 3.2. A BA\_ACO FŐBB FUTTATÁSI EREDMÉNYEI, PÉLDA AZ ALKALMAZÁSRA

Az előző pontokban bemutatott algoritmus MS VBA környezetben készült el. A tesztelés az alábbi paraméterek alapján került végrehajtásra:

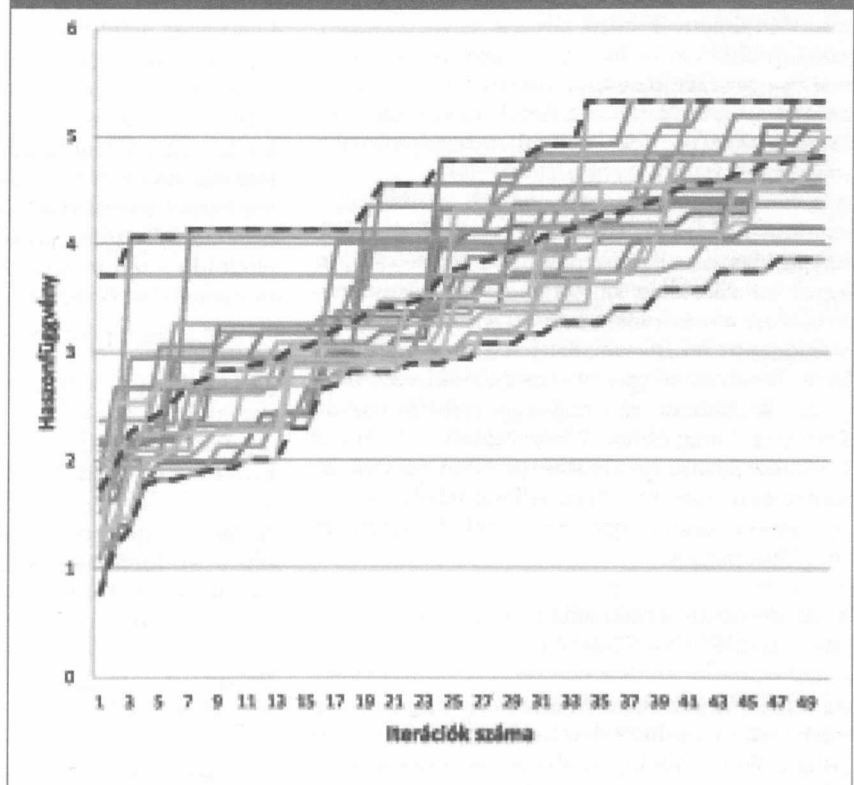
- szállítási feladatok száma: 99 (99 feladási és 99 rendeltetési pont),
- a szállítási feladatokhoz rendelt árumennyiség: 1 vagy 2,
- a kombinált áruszállítást biztosító eszköz kapacitása: 5,
- a bimodális áruszállítási csomópontok, a szállítási feladatok fel- és leadási állomásai, valamint a kombinált áruszállítást biztosító eszköz (vasúti pálya, folyó) nyomvonala (lásd. a 3. ábrán),
- a fentiekből számítható az anyagmozgatási- és futásteljesítmény,
- futtatások száma: 22,
- futtatásonként 50 iteráció,
- iterációnként 10 megoldási verzió (hangya) létrehozása.

A megoldás a 3. ábrán látható: a kombinált szállításba négy szállítási feladat lett bevonva, 100%-os kapacitáskihasználtság mellett. A rész-célfüggvények értékeinek ismeretében a legjobb megoldást alapul véve ( $Q^{CF}=1,259$ ,  $F^{CF}=1,3404$ ,  $K^{CF}=5$ ) számítható a célfüggvénynek leginkább megfelelő haszon érték ( $H=5,323$ ). Ez a megoldás látható a 3. ábrán, mely alapján levonható az a következtetés, hogy az algoritmus a bimodális csomópontokhoz közeli fel- és leadási pontokat keresi, azok

3. ábra: Példa a kombinált áruszállítás elektronikus fuvarbörzék segítségével történő szervezését támogató hangyakolónia algoritmus (BA\_ACO) alkalmazására



4. ábra: A haszonfüggvény alakulása a BA\_ACO futtatásai során



közül is a legjobb kapacitás-kihasználtságot eredményezőket. A célfüggvény tárgyalása során támasztott kritériumokat a BA\_ACO algoritmus tehát teljesíti.

A 4. ábra a 22 futtatásban kapott 22 darab haszonfüggvény egyes iterációk során elért változásait mutatja. Az egyes futtatásokat jelképező függvények között iterációk szintjén számított szórásnégyzetek átlaga 0,5056. A használt paraméterek mellett 22 futtatásból

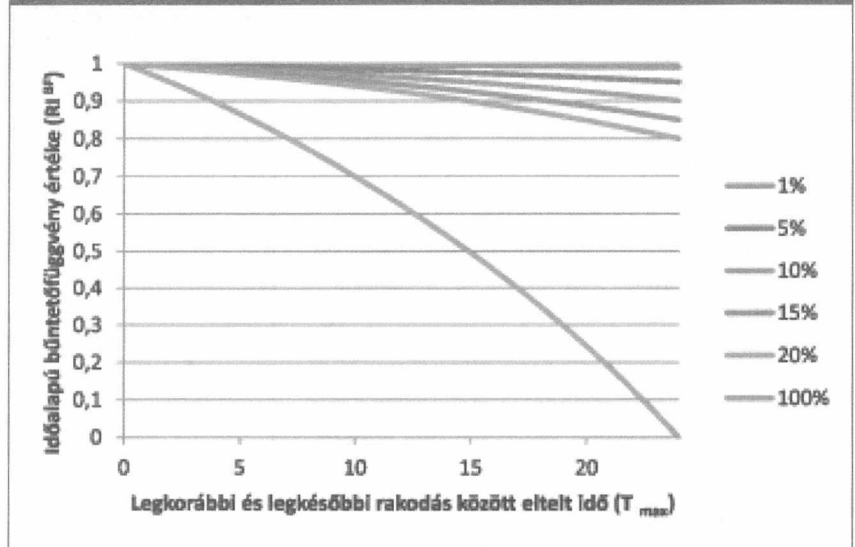
5 adta ki a fent közölt legjobb célfüggvény értéket, viszont az 50-edik iteráció során kapott haszonfüggvény értékek 22 futtatásra vonatkoztatott átlagos szórásnégyzete (0,4375) az előző szóráértéknél 13,47%-kal alacsonyabb volt, vagyis a kezdeti véletlen keresés és nagyobb ingadozások után az algoritmus által adott független futtatásokból származó eredmények közti távolság egyre csökken. Megfigyelhető az is, hogy a 4. ábrán látható függvények egy szűkülő szalag (szaggatott fekete vonal) által határolt területen mozognak, miközben átlagértékük (középső fekete vonal) a szalag aljáról a teteje felé tart.

Amennyiben nem 10, hanem ennél nagyobb számú hangyát alkalmaznánk (pl. 20, 30, 40), az egyes futtatásokban kapott haszonfüggvény értékek közti szórás csökkenne, vagyis kisebb lenne a szaggatott fekete vonallal határolt terület (szalag). Továbbá, magasabb hangyszám esetén az iterációk számával ez a szalag gyorsabban szűkül. Bizonyos hangyszám felett viszont már nincs érezhető javulás az algoritmus sebességének tekintetében, vagyis az ilyen jellegű feladatok többek között megkívánják az optimális hangyszám megválasztását is.

#### 4. A BA\_ACO KIEGÉSZÍTÉSE IDŐALAPÚ BÜNTETŐFÜGGVÉNNYEL

Az előző pontokban bemutatott BA\_ACO algoritmus az említett layout és igény/kapacitás jellemzőket a célfüggvénybe épített módon veszi

5. ábra: Néhány lehetséges időalapú büntetőfüggvény különféle időtényező súlyszámok (maximális %-os csökkentő hatás) mellett



figyelembe, az időjellemzőket szűréssel (pl. adott napra, időszakra vonatkozó tervezés) lehet beállítani. Ez utóbbiak esetén a célfüggvényt büntetni lehet, kisebb-nagyobb mértékben attól függően, hogy az egyes szállítási feladatok rakományai a kombinált áruszállítást biztosító eszközre milyen időbeli ütemezéssel kerülnek fel, vagyis meghatározott mértékben a nagy távolságú szállítást biztosító eszköz (vasúti kocsik, hajók) teljes rakodásának és várakozásának ideje (az első szállítási feladat felrakásától az utolsóig eltelt idő) is figyelembe vehető. A (13.) képletben látható módon a legkorábban és a legkésőbb rakodásra kész (vagyis a bimodális áruszállítási csomópontba érkezett) szállítási feladatok felrakodásának kezdése között eltelt idő lesz a büntetőfüggvény alapja (a cél ennek minél kisebb értéken tartása):

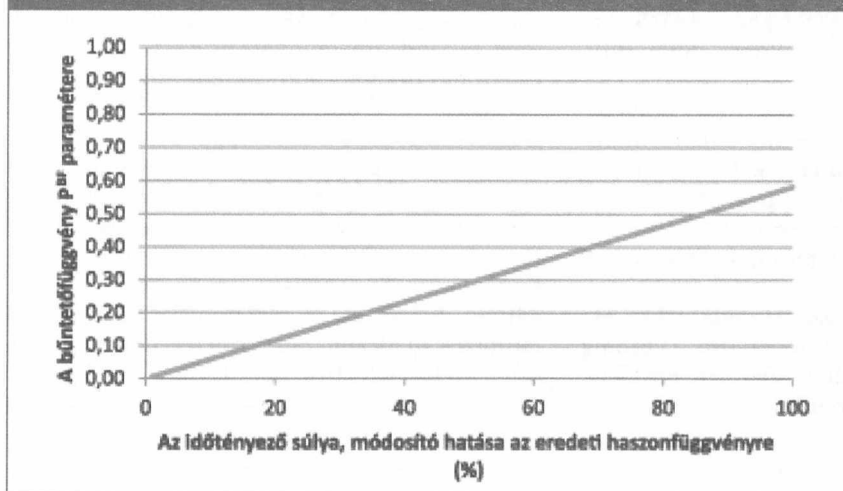
$$T^{\max} = \text{MAX}\{T_j\} - \text{MIN}\{T_j\} = \text{MIN!} \quad (13.)$$

$j = 1, 2, \dots, j, \dots, l$ : a kombinált áruszállításba vont szállítási feladatok

$T_j$ : a szállítási feladatok nagytávolságú szállításra történő átrakásának kezdése (0...24)

A menetrend szerint közlekedő járatok esetén az időbeli szűrést úgy célszerű végrehajtani, hogy a várható (menetrendben rögzített) indulási időben a vizsgált szállítási feladatok kombinált áruszállításra készen kell, hogy álljanak (itt a fő cél a teljes rakodás időbeli elhúzódásának büntetése). A (13.) képlet eredményét célszerű közvetlenül a H haszonfüggvény (8.) számításánál figyelembe venni, azon-

6. ábra: Az időalapú büntetőfüggvény  $p^{BF}$  paraméterének alakulása az időtényező súlyának (maximális %-os csökkentő hatás) függvényében



ban ügyelni kell annak helyes súlyára, vagyis az eredeti célfüggvény (8.) csökkentésének mértékére. A (14.) képletben egy lehetséges büntetőfüggvény definiálása látható ( $RI^{BF}$  – a maximális rakodási időközt figyelembe vevő függvény), melynek fő jellemzői:

- előzetes szűrést igényel: csak a 24 órán belül és/vagy az ütemezett indulási időponttól legfeljebb 24 órával korábban a bimodális áruszállítási csomóponton átrakásra kész szállítási feladatokat veszi figyelembe;
- a növekvő várakozási/rakodási időket gyorsuló ütemben bünteti (5. ábra);
- maximális értéke 1, minimális értéke az időtényező súlyától függ (pl. 10%-os súly esetén maximálisan 10%-kal csökkenti a (8.) képletben definiált hasznofüggvény értékét ( $H' = 0,9H \dots H$ ));
- a  $p^{BF}$  paraméter értéke 1%-os maximális csökkentő hatás esetén  $58,1977 \cdot 10^{-4}$ , ami az időtényező súlyával (mennyivel csökkenti az eredeti hasznofüggvény értékét, %) lineárisan változik (6. ábra).

Az  $RI^{BF}$  függvény különböző időtényező súlyszámok ( $p^{BF}$  paraméter és a hozzá tartozó hasznofüggvény-csökkentés maximális százalékos értéke) melletti alakulása az 5. ábrán, míg ennek beépítése a hasznofüggvénybe a (15.) képletben látható.

$$RI^{BF} = (1 + p^{BF}) - p^{BF} e^{\frac{\tau^{max}}{24}} \quad (14.)$$

$$H' = RI^{BF} K^{CF} \frac{F^{CF}}{Q^{CF}} = \text{MAX!} \quad (15.)$$

A  $p^{BF}$  paramétert célszerű olyan értékűre megválasztani, amelyet a logisztikai folyamat adottságai indokolnak. Olyan feladatok esetén, ahol kevésbé lényeges a magasabb állásidő, a  $p^{BF}$  paramétert kicsire kell venni, amelynek hatására az eredeti hasznofüggvény csak kismértékben csökken. Azon feladatok esetén viszont, ahol az idő kritikus tényező, ezt növekvő százalékban kifeje-

zett haszoncsökkentő hatásként (6. ábra) kell alkalmazni.

## 5. KÖVETKEZTETÉSEK

A kifejlesztett hangyakolónia algoritmus képes megadni, hogy az elektronikus fuvar- és raktárbörzén megjelenő szállítási feladatok közül melyeket érdemes a megadott jellemzőkkel rendelkező, kombinált áruszállítást biztosító áruszállítási mód (vasút, folyami áruszállítás) igénybevételével teljesíteni. Segítségével összességében, rendszerszinten csökkenthető a járművek összes futásteljesítménye, ezáltal a feladatok teljesítéséhez igénybe vett járművek időbeli foglaltsága, valamint az általuk használt utak terheltsége. A BA\_ACO algoritmus ezzel a kombinált áruszállítás, a környezetbarát áruszállítási módok terjedését segíti elő. Mindez persze nagyon nehezen lenne megvalósítható a fuvarbörzék információs és kommunikációs kapcsolat létesítő szerepe nélkül, más szavakkal kifejezve: a területileg szétszórt és egymástól független igények BA\_ACO-val támogatott szállításszervezését a megfelelő elektronikus fuvarbörze nélkül nem lehet megteremteni.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A munka szakmai tartalma kapcsolódik a „Minőségorientált, összehangolt oktatási és K+F+I stratégia, valamint működési modell kidolgozása a Műegyetemen” c. projekt szakmai célkitűzéseinek megvalósításához. A projekt megvalósítását az ÚMFT TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0002 programja támogatja.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Bonabeau, E., Dorigo, M., Theraulaz, G.: *Swarm Intelligence: From Natural to Artificial Systems*. Oxford University Press, ISBN 0-19-513159-2, 1999.
- [2] Bruns, A. S., Günes, N., Zelewski, S.: *Online-Frachtenbörse für den trans-europäischen Schienengüterverkehr*. *Internationales Verkehrswesen* (62) 11, pp. 25-29., 2010.
- [3] Dorigo, M.: *Optimization, Learning and Natural Algorithms*. PhD thesis, Politecnico di Milano, Italy, 1992.
- [4] Dorigo, M., Gambardella, L. M.: *Ant Colony System: A Cooperative Learning Approach to the Travelling Salesman Problem*. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation* 1, pp. 53-66., 1997.

- [5] Dorigo, M., Stützle T.: *Ant Colony Optimization*. MIT Press, ISBN 0-262-04219-3, 2004.
- [6] G. Kovács: The structure, modules, services and operational process of modern electronic freight and warehouse exchanges. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 37/1-2 (2009), pp. 33-38.
- [7] G. Kovács: Possible methods of application of electronic freight and warehouse exchanges in solving the city logistics problems. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 38/1 (2010), pp. 25-28.
- [8] Kovács G.: *Az elektronikus fuvar- és raktárbörzék új alkalmazási területei*. *Logisztikai Innovációs füzetek* 2010, pp. 74-78.
- [9] Kovács G.: *Az elektronikus fuvarbörzékben alkalmazható optimumkeresési eljárások, algoritmusok*. *Logisztikai Évkönyv* 2011, pp. 28.-35.



### The possible future role of electronic freight and warehouse exchanges in the support of combined transport of goods

The electronic freight and warehouse exchanges are online market [6] places created for the harmonization of transport/storage tasks, which in certain conditions can be qualified to support even complex logistic processes [7]. Nonetheless, the technical literature is rather modest as far as the analysis of the possibilities of using the electronic freight and warehouse exchanges outside the field of public road transport. Bruns and his colleagues [2] propose the introduction of electronic freight exchanges in rail transportation as a possible way to realize a new trend, the green logistics. However, this trend also aims at merely using up the „free” rail capacities and not at connecting the various modes of goods transport. In addition to this, there are a few freight exchanges (e.g. cargotc.com) which help the combined transport of goods by accepting offers submitted for different modes of goods transport, but they have no decision-making, optimum-searching algorithms to support it.

### Die mögliche Rolle der Elektronischen Fracht und Lagerbörsen in der Unterstützung der Kombinierten Warenlieferungen

Die elektronische Fracht- und Lagerbörsen sind die für die Koordinierung der Fracht- und Lagerkapazität, der Aufgaben erstellte Online Marktplätze [6], die neben einigen Bedingungen für Unterstützung von der komplexen logistischen Prozesse auch entsprechend sind [7]. Aber der Fachliteratur ist arm auf dem Gebiet für die Analyse der Verwendungsmöglichkeiten von der elektronischen Fracht- und Lagerbörsen außen der Warenlieferung. Bruns und seine Kollegen [2] empfehlen die Einführung der elektronischen Frachtbörsen in die Warenlieferungen mit Bahn mit einem neuen Trend, als eine Realisierungsmöglichkeit der grünen Logistik. Aber diese hat die Hauptziel „nur“ die Festbindung der freien Bahnkapazität und nicht die Verbindung der Warenlieferungsmethode. Neben diese gibt es einige Frachtbörse (z.B. cargotc.com), die die kombinierte Warenlieferung nur so helfen, dass sie für verschiedenen Warenlieferungsarten Angebot anbieten erlauben, aber diese durch keine entscheidungsunterstützende, optimumsuchende Algorithmen unterstützen.

## E SZÁMUNK LEKTORAI:

Dr. habil. Holló Péter  
 Horváth Lajos  
 Dr. Péter Tamás  
 Dr. Várlaki Péter

## Börzsönyi Közlekedési Szövetség 1. rész: Jól működő közlekedési rendszer bemutatása (Best Practice)

A közösségi és egyéni közlekedés összehasonlítása térben és időben egyaránt állandóan foglalkoztathatja az üzemeltetőket és a szolgáltatásokat igénybe vevőket, a közlekedés valamennyi résztvevőjét. A külföldi példák mindig tetszetősek, sokszor magától értetődő megoldásokat kínálnak, a gyakorlat azonban ennél bonyolultabb! Mindenesetre a több nézőpontból elvégzett vizsgálatok segíthetnek e változatos területen az eligazodásban, a gondolatébresztésben.

---

**Borza Viktor**

e-mail: borzav@vpe.hu

---

### 1. BEVEZETÉS

A jóléti országok, az egyéni közlekedés használhatóságának biztosítása mellett, azzal párhuzamosan fenntartanak egy közösségi közlekedési rendszert, elsősorban szociális és ökológiai megfontolások miatt. Az Európai Unió tagállamoktól elvárható, hogy a közösségi közlekedési struktúrájuk több mint látszat-rendszer legyen, és mint az egyéni közlekedés reális alternatívája jelenjen meg. A közlekedés egyéni és közösségi formája egyaránt költséges infrastruktúra-beruházásokat igényel, ám míg (rövid távon és szigorúan fiskális nézőpontból) az egyéni közlekedést használók a központi költségvetés számára komoly bevételt, addig a közösségi közlekedést használók általában jelentős kiadást jelentenek. Tény, hogy felelősséggel tartozunk „unokáinknak” azzal, hogy egy élhető bolygót hagyunk rájuk, de felelősséggel tartozunk „gyermekünknek” is azzal, hogy nem finanszírozzuk közösségi közlekedési rendszerünket pazarlóan, olyan külső-belső adósság vagy államháztartási hiány mellett, amelyet nekik kell majd rendezniük utánunk.

De miképpen lehet egy közösségi közlekedési rendszert gazdasági értelemben is fenntartható-

vá tenni? Az átfogó válasz nagyon egyszerű: csökkenteni kell a működés költségeit (a pazarlóan működő részelemek kiszűrésével), egyszersmind növelni kell a rendszer önfelkaroló képességét (a használók által fizetett használati díjak összegének növelésével).

A működés költségeinek csökkentése azonban nem magától értetődő ott (és különösen igaz ez a vasúti alágazatra), ahol a költségstruktúrán belül az állandó költségek dominálnak [1]. Hiába fogjuk vissza a kibocsátást, ha azzal a költségek érdekében nem csökkenthetők. Számottevő megtakarítást az állandó költségelemek halmazán, a redundanciák kiszűrésével érhetünk el. Redundanciaként legkönnyebben a közlekedési rendszer egymást helyettesíteni képes alágazatainak párhuzamos fenntartása azonosítható. A működési költség csökkenthető, ha a közúti/vasúti közösségi közlekedés látszatversenyének fenntartása helyett összehangoljuk a két alágazat működését. Egy tarifaközösségre épülő, összehangolt menetrenddel szolgáltató multimodális közlekedési rendszerben redundanciákká válnak a részrendszerekben még szükségesnek látszó, valójában azonban pazarlást jelentő rendszerelemek.

Ugyancsak nem magától értetődő a bevétel-növelés technikája, hiszen a tarifaemelés (önmagában alkalmazva) legfeljebb rövid távú megoldást jelent, azonban az így nyert többletbevétel gyorsan elolvad, amint a díjemeléssel elpártoló használók által korábban megfizetett bevétel kiesése

meghaladja azt. Az igazi megoldást éppen a használók számának növelése jelenti, amit viszont csak az egyéni közlekedéssel (legalább a domináns szegmensekben, ár-érték arányban) versenyképes szolgáltatás biztosítása tesz lehetővé. Versenyképes közösségi közlekedési rendszernek – a tapasztalatok alapján – az integrált ütemes menetrendre [2] épülő interoperábilis közlekedési láncokból felépülő struktúrákat szokás tekinteni, amelyek az igénybe vevők többsége számára (átszállásokkal ugyan, de) térben, időben és díjszabás tekintetében a személyautókhöz hasonló hozzáférési szabadságot biztosítanak.

A fenntartható közlekedési rendszer megteremtésének első lépése tehát az alágazatok járatainak menetrendi összehangolása úgy, hogy a felesleges redundanciák kiiktatásával felszabaduló eszközök célszerű felhasználásával, versenyképes szintre emelkedjen a rendszer térbeli-időbeli rendelkezésre állása. Ezáltal költségnövekedés nélkül jelentősen javítható (többlettulások megszerzése révén) a rendszer önfinanszírozó képessége.

A cikk első része, egy ilyen (a fentiekben körvonalazott) versenyképes közlekedési rendszer (azaz közlekedési szövetség) egyik viszonylatán szemlélteti a menetrendi összehangolás során alkalmazandó irányelveket. A cikk második része pedig egy a Bözseny térségében

bevezethető, kidolgozott, integrált ütemes menetrendi szerkezetet mutat be.

## 2. ENGADIN MINT PÉLDA

Honnan is vehetnénk hitelesebb példát a jól működő (országos szintű) közlekedési szövetségre, mint a modal split terén világszerte Svájcban? A példaviszonylatunk (St. Moritz – Scuol-Tarasp – Sent) Thomas Mann Varázshegyének földjén, Graubünden kantonban, az ugyancsak varázslatos Engadin völgyben található. A térség európai összehangolásban meglehetősen gyéren lakott, egymástól 5-10 km-re fekvő pár száz és néhány ezer fős kistelepülések<sup>1</sup> találhatók rajta.

Svájci példánk képzelt utasa St. Moritz főpostájától, a hozzávetőleg 100 km-re lévő Samnaun városka postahivatalára szeretne eljutni (mindkét hozzáférési pont az adott település központjának tekintendő) az utasforgalmi völgyidőszakként számon tartott déli órákban. Az internetes keresés eredményét az 1. táblázat szemlélteti. A többórás intervallumra végzett keresés megmutatja, hogy az alábbiakban bemutatásra kerülő eljutás nem egyedi: óránként azonosan ismétlődik. Engadinban (is) órás ütemes menetrend működik, valamennyi alágazatra kiterjedő, összehangolt közlekedési rendszerben.

1. táblázat: Eljutási lehetőségek St. Moritz és Sent főpostái között a 2010. évi menetrendi időszakban

menetrendi kereső (forrás: www.sbb.ch)			útvonalkereső (forrás: maps.google.com)		
St. Moritz, Hauptpost	11:52	autóbusz (3-as számú)	St. Moritz, Hauptpost	11:57	gyalog (kb. 4 perc)
St. Moritz, Bahnhof	11:55		St. Moritz	12:01	
St. Moritz, Bahnhof		gyalog (kb. 2 perc)	St. Moritz	12:02	gyorsvonat (RE 1140)
St. Moritz	12:02	gyorsvonat (RE 1140)	Samedan	12:09	személyvonat (R 1940)
Samedan	12:09		Samedan	12:14	gyalog (kb. 1 perc)
Samedan	12:14	személyvonat (R 1940)	Scuol-Tarasp	13:23	autóbusz (BUS 115)
Scuol-Tarasp	13:23		Scuol-Tarasp	13:58	autóbusz (BUS 1115)
Scuol-Tarasp		gyalog (kb. 1 perc)	Scuol-Tarasp, staziun		autóbusz (BUS 1115)
Scuol-Tarasp, staziun	13:30	autóbusz (BUS 115)	Martina, posta	14:00	autóbusz (BUS 1115)
Martina, posta	13:58		Martina, posta	14:00	autóbusz (BUS 1115)
Martina, posta	14:00	autóbusz (BUS 1115)	Samnaun Dorf, Post	14:45	
Samnaun Dorf, Post	14:45		Samnaun Dorf, Post	14:45	

<sup>1</sup> Azért esett a választás egy alacsony népsűrűségű területre, mert Svájc sűrűbben lakott területeire jellemzőbb az óránál gyakoribb járatkövetésre épülő közlekedési rendszer, azonban a következőkben bemutatott hazai adaptáció esetében (eszközoldalról és a jelenlegi mobilitási igény tekintetében is) egy alapvetően órás alapütem tűnik reális célkitűzésnek.



## 1. kép: St. Moritz, vasútállomás

A baloldali képen látható, hogy az első vágány és az autóbusz között adott a közös peronos átszállás lehetősége, a középső kép ezt a közös peront mutatja. A jobboldali képből megállapítható, hogy a további vágányok már csak külön szintű megközelítéssel érhetők el, így a peronlift ellenére sem lehetséges az elvárt egy-két perces intermodális átszállás [a szerző felvételei 2010-ben készültek].



## 3. VÁROSI ÉS VASÚTI KÖZLEKEDÉS KAPCSOLÓDÁSA – ST. MORITZ

St. Moritz főpostájától a vasútállomásra (1. kép) a [www.sbb.ch](http://www.sbb.ch) menetrendi keresője autóbust, míg a [maps.google.com](http://maps.google.com) útvonalkeresője gyalogos eljutást javasol. Az autóbusz menetideje ugyan rövidebb a gyaloglásnál, de a 7 perces átszállási idő miatt mégis gyorsabb, ha a főpostától elsétálunk a vasútállomásig. Napjaink svájci közlekedési csomópont-fejlesztési programja nem véletlenül fókuszál az infrastruktúra-fejlesztés átszállási időminimalizáló hatására (többnyire közös peronos átszállást segítő menetrend-alapú fejlesztési koncepció részeként megvalósuló állomásátépítéssel). Egy csomópont átszállási idősükségletének néhány perces csökkentése egyenértékű azzal, mintha az érintett viszonylaton közlekedő járatok menetidejét csökkentenék ugyanennyivel (pl. nagysebességű vasutak rendkívül költséges kiépítésével). [3]

## 4. FELTÉTELES MEGÁLLÁS ÉS KÖZÖS PERONOS ÁTSZÁLLÁS VASÚTON – SAMEDAN

St. Moritz-ból a Churba tartó regionális expressz-vonattal, egy közbenső feltételes megálló után, alig néhány perc után át kell szállnunk egy másik, Pontesinából Scuol-Taraspig közlekedő személyvonatra. A gyors átszállásért és az átszállás okozta kiszolgáltatottság-érzés csökkentése érdekében az átszállás minden esetben (és mindkét irányban) ugyanazon két vágány közös peronján zajlik (2. kép). Az útnak ezen a rövid szakaszán két dologra érdemes felfigyelni. Egyrészt vasúti közlekedésben is teljesen hétköznapi alkalmazást nyert a csak fel-/leszállásjelzés esetén megálló vonatok gy-

korlata. Ezzel a megoldással az egyébként gyakran feszes ütemes menetrend kötöttségei miatt esetlegesen felgyülemelő késések a csúcsidőszakon kívül fokozatosan eliminálhatók, ami a versenyképességet feleslegesen rontó többlettartalék beépítése nélkül is növeli a rendszer robusztusságát. Másrészt, az egy gazdasági régióként működő Felső-Engadin településközi forgalmában alapütem szerint, minden órában átszállásra kényszerülnek a regionális utasok Samedanban.

### 4.1 ÁTSZÁLLÁS VS. KÖZVETLEN VONAT

Samedan vasúti csomópont, ahol a St. Moritzból Churba tartó Albula vasútvonal, valamint az olaszországi Tiranóból a Bernina-hágón átvezető korridorvonalból Pontresinában leágazó, az Enn (Inn) folyó

## 2. kép: Samedan, vasútállomás

Az Albula és az Inn-völgyi vonatok közti óránként ismétlődő csatlakozási rendszer a 2. és 3. vágányok közötti peronon, a nagyszámú átszálló utas ellenére, rendszerint egy percen belül megvalósul [a szerző felvétele 2010-ben készült]



völgyében Scuol-Taraspig megépített Engadin vasútvonal találkozik egymással. Samedanból az Albula felé elsősorban távolsági, az Engadin felé az előbbinél (téli-nyári turizmus-) szezonban valamivel kisebb, szezonon kívül valamivel relatív nagyobb volumenű, elsősorban hivatásforgalmi-regionális utazás a jellemző. St. Moritz és Pontresina felől azonban egyaránt vegyes összetételű és volumenét tekintve is egymáshoz nagyon hasonló forgalom érkezik Samedanba. A döntést, amely szerint az Albula vonatai St. Moritzból, az Engadiné pedig Pontresinából indulnak, valószínűleg történelmi, marketing és üzemeltetési okok miatt hozták meg<sup>2</sup>, az azonban mindenképpen tetten érhető, hogy a svájci gyakorlatnak megfelelően itt is a távolsági forgalmat kedvezményezik a hivatásforgalmi forgalommal szemben (hiszen ez a preferencia következik a vasút egészséges közlekedési munkamegosztásban betöltött szerepéből is).

Felmerülhet, hogy ha ennyire kiegyensúlyozott az átszállási ponton áthaladó utasáramlat a közvetlen és átszállásos irányokban, akkor miért nem felváltva, kétóránként az egyik, majd kétóránként a másik irányba közlekedik közvetlenül a vonat? Így mindkét irányba lenne közvetlen és átszállásos eljutás is. Ez a „megoldás” valójában a kényelmes, konfliktuskerülő magatartás tipikusan káros megnyilvánulása volna, amelynek eredményeként mindenki rosszabbul járna az igazi döntést meg nem hozó „döntéshozón” kívül.

– Az ütemes menetrend definitív alapüteme az 1 óra, mert így az utasnak elég a járatok percértékét megjegyezni. A váltakozó célállomású közvetlen eljutás következtében, az óránkénti járatsűrűség megléte ellenére sem volna elég a percérték megjegyzése, hiszen bizonyos órákban más volna a közlekedési rendszer egy alaptulajdonsága, mint máskor.

– Üzemeltetési szempontból még rosszabb következményekkel kellene számolni. St. Moritzba óra:58-kor érkezik az ütemes menetvonal, és (amint már tudjuk) óra:02-kor indul onnan. Pontresinában óra:56 az érkezés és szintén óra:02 az indulás. Az Engadinán zárt ingavonatok közlekednek, amelyek visszafordulására (Svájcban) bőven elegendő a 4-6 perces végállomási tartózkodás, a változó szerelvény nagyságú Albula-

vonatok viszont mozdony-körüljárásos irányváltásra kényszerülnek, amelyre már kevés ez az idő. A jelenlegi „tisztá” rendszerben a 64 perces St. Moritz-i tartózkodás (akár egy üzemi pályaudvari látogatással együtt is) elegendő erre, azonban a kétóránkénti távolsági szerelvényérkezés (az egész órára szimmetrikus integrált ütemes menetrendben [4]) már csak egy többlétszerelvény forgalomba állításával volna megvalósítható. Pontresinában ezen felül még egy új vonatfogadó vágány megépítése is szükségessé válna (hiszen már csak minden második órában volna önmagában elegendő a jelenlegi rendszer szerinti 1. vágány, – ami nem melleleg aluljárózás nélkül, szintben megközelíthető a település és a csatlakozó autóbuszok felől – az Inn-völgyi ingavonattal azonnali visszafordulására). A többlétszerelvény és az állomásbővítés a vasúti közlekedés meghatározó részét képviselő állandó költség-tartalom még további megnövekedését eredményezné, azaz a működési hatékonyság csökkentésével, növelné az adófizetők terheit.

## 5. INTERMODÁLIS ÉS BUSZKÖZLEKEDÉSI CSOMÓPONTOK – SCUOL-TARASP, MARTINA

Samedantól tehát a Pontresinából érkező személyvonattal folytatjuk képzeletbeli utazásunkat, hogy 69 perc varázslatos Inn-völgyi utazást követően megérkezzünk egy mintaszerű intermodális csomópontba, Scuol-Tarasp állomására (3. kép). A csomópontból a valamelyest kiszélesedő völgyben „több emeletben” sorakoznak egymás után a települések, melyeket „emeletenként” külön-külön fűztek fel a Svájci Posta üzemeltetésében lévő autóbuszok egyes viszonylataival. Nekünk a Nauders, Mühle felé közlekedő járatot kell kiválasztanunk, hogy egy meglehetősen „erőltetett menetben” elérjük a „feles pókból” induló autóbuszunkkal a martinai „egész pókot”. A 28 perces menetidő érdekében a mi járatunk több útjába eső települést is kikerül az elkerülő utakon. Ez volt „az ára” annak, hogy teljes körű átszállási rendszert lehessen kialakítani Martinán. A „kihagyott” települések természetesen saját autóbuszjáratot kaptak, amelyek ugyanabból a „pókból” in-

<sup>2</sup> Az Albulastrecke eredendően St. Moritzból indult (pontosabban oda érkezett), és nyilván jobban cseng a turisták által Pontresinánál jobban ismert városnév a menetrendi kiadványokban és az átszállási hangsbemondáskor is, ráadásul a hektikus utasvolumen miatt változó szerelvény-összeállítást is könnyebb az üzemi pályaudvarral rendelkező St. Moritzban elvégezni.

### 3. kép: Scuol-Tarasp, vasútállomás

Az intermodális csomópont az 1. vágánnyal közös peronos kialakítású autóbusszállások elhelyezkedése által biztosít gyors átszállási lehetőséget az Inn-völgyi vonat és buszok között. A közös peronos átszállás és a hatékony szerelvényforduló egyaránt megköveteli, hogy a feles pókba érkező vonat 11 perc alatt saját ellenvonatába forduljon [a szerző felvétele 2008-ban készült].



dulnak, illetve a gerincvonal korábbi leágazó pontjaiban, a „visszametszett” járatra, „ráhordó” midibusszal biztosítanak csatlakozást.

Martina „egész pókja” most a mi kényelmünket is szolgálja, hiszen így mindössze 2 perces átszállási veszteséggel, szinte azonnal folytathatjuk utunkat a végállomásunk, Samnaun felé. A samnauni buszunkon kívül az ausztriai Landeck felé is a martinai pókból indul csatlakozó autóbusszállást, az Inn-völgyi gerincvonal folytatásaként.

## 5.1 ÁTSZÁLLÁS VS. KÖZVETLEN BUSZ

A képzeletbeli utazásunk során igénybe vett autóbuszos közlekedési rendszer legfőbb tanulsága, hogy Svájcban szakítottak az átszállásmentes eljutást mindennél többre értékelő utasokat vizionáló mítosszal. Míg hazánkban a távolsági autóbusz-közlekedés vasúttal szembeni legfőbb versenylőnyeként szokás emlegetni az átszállásmentes eljutást, addig Svájcban, akár félóránként vagy ennél is gyakrabban „átszállásra kényszerítik” az utasokat. Nem kérdés, hogy az átszállás bizonyos fokú kényelmetlenséggel jár, de (amellett, hogy ennek a kényelmetlenségnek a minimalizálása érde-

kében célszerűen megtervezett átszállóállomásokot alakítanak ki) ezen az áron alacsony üzemeltetési költségek mellett is biztosítani tudják a legalább órás eljutást a rendszer térben is (az egyéni közlekedéssel) versenyképes sűrűséget biztosító számban megtalálható hozzáférési pontjai között. Ha ugyanezzel az autóbusz-kocsiszámmal a hazánkban megszokottak szerinti közvetlen eljutást favorizáló közlekedésszervezési gyakorlatot alkalmaznák, akkor Samnaunba legfeljebb napi 2-3 járat közlekedne, ami nyilván nem volna reálisan számba vehető alternatívája az egyéni közlekedésnek. Megfordítva a nézőpontot, ugyanakkor az is igaz, hogy a svájci gyakorlat adaptálásával, a magyarországi közszolgáltatásban résztvevő autóbusz-kocsiszám bőven elegendő volna arra, hogy mi is legalább órás eljutási gyakoriságot tudjunk biztosítani, a jelenleginél kiterjedtebb közlekedési hálózatunkon.

Az autóbuszok közötti átszállásra épülő rendszer nem csak a járatsűrűség növelésével<sup>3</sup> csökkenti az adott járműállagra jutó eljutási időt, de a menetidőt is lerövidíti azáltal, hogy a zsáktelepülésekre való betérés helyett, csatlakozó járat látja el ezt a feladatot.

## 6. TARIFAKÖZÖSSÉG – SWISS TRAVEL SYSTEM

Persze a gyakori és gyors átszállásokra épülő rendszer csak úgy működhet az utasok megalgására, ha nem kell minden egyes járművön külön-külön menetjegyet váltani, és a menetdíj nem függ az út során igénybe vett közlekedési eszközök típusától, illetve az átszállások számától. Svájcban természetesen ilyen, az egész országra kiterjedő integrált tarifarendszer működik [5].

A képzeletbeli utazásunk egy úti menetdíja másodosztályon 27 CHF (kb. 5400 Ft), első osztályon 42 CHF (kb. 8400 Ft). Első osztály csak az út vasúton megtett részén található. Vasúton azonban minden szegmensben, kivétel nélkül valamennyi vonaton igénybe vehető első osztályú szolgáltatás. Ez nem meglepő, hiszen nincsen olyan felmérés, ami alapján kiválasztható volna valamely vonattípus, ahol kisebb vagy nagyobb igény volna prémiumszolgáltatásra, mint egy másik vonaton. Az erre fogékony uta-

<sup>3</sup> A nagyobb járatsűrűség következtében csökken az eljutási idő szerves részét képező várakozási idő.

sok homogén eloszlásban található a hálózat bármely elképzelt viszonylatán.

A menetdíj meglehetősen borsos, azonban az egyszeri utasok (jellemzően külföldi turisták) kivételével mindenki rendelkezik a teljes közlekedési hálózatra érvényes félárú kártyával (Halbtax). A kártya tulajdonosainak csak a menetdíj felét kell megfizetni, jelen esetben másodosztályon már csak 13,5 CHF (kb. 2700 Ft), első osztályon pedig 21 CHF (kb. 4200 Ft) a viteldíj.

A félárú kártya ára egy évre 150 CHF (kb. 30 000 Ft), de három évre előre megváltva már csak 350 CHF (kb. 70 000 Ft). A kártya tulajdonosai számtalan további kedvezményre jogosultak. Vásárolhatnak például olyan szabadon választott 6 napra (vagy 6 személy számára) érvényes, a teljes hálózaton ingyenes utazásra jogosító napijegyet, melynek ára (ha a hétköznap reggeli csúcsidőben nem kívánja használni a tulajdonosa, akkor) naponta csak 45 CHF (kb. 9000 Ft). Ez azt jelenti, hogy egy Budapest-Debrecen egészárú menettérítési vonatjegy-nél kevesebbet kell fizetni azért, hogy egy egész napon át a hegyi felvonóktól a 200 km/h sebességgel száguldó InterCity vonatokon vagy a mesebeli tavak habjait átszelő hajójáratokon át bármely város helyi közlekedési rendszeréig, reggel 9 órától (hétfőig egész nap) éjjelig, Svájcot keresztül-kasul beutazhassa a jegy tulajdonosa.

## TANULSÁGOK

Összefoglalva:

Engadinban integrált közösségi közlekedési rendszer működik, ahol az együttműködő alágazatok a klasszikus feladatuknak megfelelő szerepet töltik be:

- A vasút a távolsági közlekedésre koncentrálna, regionális forgalomban a gerincjáratokat szolgáltatja ritka megállással (településenként legfeljebb egy, intermodális átadópontként szolgáló állomáson), relatív nagy haladási sebességgel.

- Az autóbussz a távolsági közlekedésben nem vesz részt, regionális forgalomban a vasúttal nem rendelkező hálózatrészeiken gerincjáratokat is szolgáltat, azonban elsődleges feladata a gerincjáratokhoz igazodó gyűjtő-terítő funkció ellátása. A vasúthoz csatlakozó autóbusszjáratok feltárják a vasút által érintett településeket (nem csak a vasút mentén), így a vonatnak nem kell a településen belül többször megállnia.

- Valamennyi közlekedési viszonylaton (legáltalában) óránkénti járatsűrűséggel, ütemesen közlekednek a járatok, szigorúan az integrált ütemes menetrend szabályai szerint.

- A járatok a hálózat egyetlen szakaszán sem közlekednek párhuzamosan, az átadópontonkon 1-2 perces átszállási idővel csatlakoznak egymáshoz. Átszállásmentes eljutás csak elenyésző számú viszonylaton áll az utasok rendelkezésére.

- A rendszer egészen azonos szabályok szerint, egységes tarifarendszer működik, az utas bármely viszonylatra integrált jegyet, vagy bérletet válthat, attól függetlenül, hogy a közlekedési eszközök milyen kombinációjával éri el az úti célját.

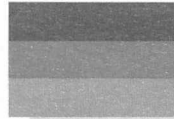
## FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Borza Viktor: Az integrált ütemes vasúti menetrend gazdasági alapjai, Közlekedéstudományi Szemle LVII. évfolyam 2007/10 p. 362-372
- [2] Borza Viktor – István György – Kormányos László – Vincze Béla: Integrált ütemes menetrend, Közlekedéstudományi Szemle LVII. évfolyam 2007/11 p. 402-416
- [3] Borza Viktor: Átszállási rendszerek integrált ütemes menetrendben, Közlekedéstudományi Szemle LX. évfolyam 2010/2 p. 21-32
- [4] Borza Viktor: A korszerű hazai vasúti személyszállítás menetrend-szerkezetét leképező távolsági ütemterkép, Közlekedéstudományi Szemle LIV. évfolyam 2004/11. p. 182-189.
- [5] <http://www.swisstravelsystem.ch>, 2010. augusztus 28.



## Börzsöny Transport Federation Part 1: Introducing a well-functioning transport system (Best practice)

In addition to guaranteeing the use of individual transport, the developed countries also have a public transport system, primarily due to social and ecological considerations. The public transport systems of the EU member states are expected to be more than a simple make-believe system and to function as a real alternative to individual transport. Individual and public transport alike demand costly investments in the infrastructure, but while the users of individual transport constitute a considerable source of income for the budget (in the short term and from a strictly fiscal point of view), the users of public transport generally mean a considerable expenditure for the budget.



## Verkehrsverband in Börzsöny Teil 1.: Vorstellung von einem gut funktionierenden System (Best Practice)

Die fürsorgliche Länder vorbehalten neben und parallel der Sicherung von dem Privatverkehr ein öffentliches Verkehrssystem, zuerst wegen sozialem und ökologischem Bedacht. Es ist erwartend von der Mitgliedländer der EU, dass ihre öffentliche Verkehrsstruktur mehr als ein Anschein-System sein, sondern ein Alternative für den Privatverkehr. Die private und öffentliche Form des Verkehrs beansprucht ebenso kostenintensive Infrastrukturinvestitionen, indem (in kurzem Zeitraum und aus strengem fiskalem Aspekt) der Privatverkehr für den Haushalt bedeutendes Einkommen, dann die Passagiere für öffentlichen Verkehr in allgemein erhebliche Ausgabe bedeutet.



# Vasúti kerékpár és sín futófelületi egyenetlenségeinek közvetett meghatározása

A környezetvédelmi tevékenység talán kissé háttérbe szoruló területe a zajterhelés, hiszen pl. a levegőtisztasággal kapcsolatban sokkal többet foglalkozunk. A kötöttpályás közlekedés zajkibocsátásának tudományos vizsgálata alkalmas e téma beemelésére a szélesebb szakmai körbe.

**Németh István - Schleinzer Gerald**

e-mail: nemeth3is@mav.hu,  
gerald.schleinzer@siemens.com

## 1. BEVEZETÉS

A világ népességének egyre növekvő hányada él városias régiókban, ahol a közlekedési zaj az egyik legfontosabb környezeti probléma. A környezetbarát járművek iránti határozott társadalmi igény végső soron a zaj- és rezgés-kibocsátással kapcsolatos előírások szigorításában jelenik meg, amelyek között a vasúti közlekedés zajának csökkentését is szükségszerűvé teszi. A vasúti járművek zajkibocsátásának három fő forrása van:

- gépezeti zaj, vagyis a fő- és segédüzemi berendezések zaja,
- kerék-sín érintkezési zaj és az
- aerodinamikai zaj.

Egy jól megtervezett vasúti járműnél a gépezeti zajkibocsátás csak kis járműsebesség mellett számottevő. A szokásos üzemi sebességek viszonylag széles tartományában a kerék-sín érintkezési zaj a meghatározó, és bár nagy sebességnél az aerodinamikai zaj veszi át a vezető szerepet, a kerék-sín érintkezési zaj még ekkor is jelentős marad. A kerék-sín érintkezési zajának több keletkezési mechanizmusa létezik, például:

- gördülési zaj,
- nyomkarima érintkezésből származó zaj és
- ívben haladó kerékpár akadós kúszása által gerjesztett csikorgás.

A továbbiakban csak a gördülési zajjal, ill. még pontosabban az azt előidéző sínegyenetlenségek-

kel (hullámosság) és kerékegyenetlenségekkel („poligonizáció”) foglalkozunk, mivel a másik két kerék-sín érintkezési zajtípus tárgyalása meghaladná ezen tanulmány kereteit. Az angolszász és német szakirodalommal ellentétben, a gépészmérnöki gyakorlatban szokásos felületi érdesség fogalmától való határozott megkülönböztetés érdekében, a továbbiakban is a felületi „egyenetlenség” terminus technicust használjuk. A kerék és sín felületi egyenetlenségét definíciószerűen a felületi hullámosság teljesítményspektruma adja meg, terc- (azaz 1/3 oktáv-) sávonként dB-ben, ahol a dB-szint vonatkoztatási értéke  $r_0=1\mu\text{m}$ :

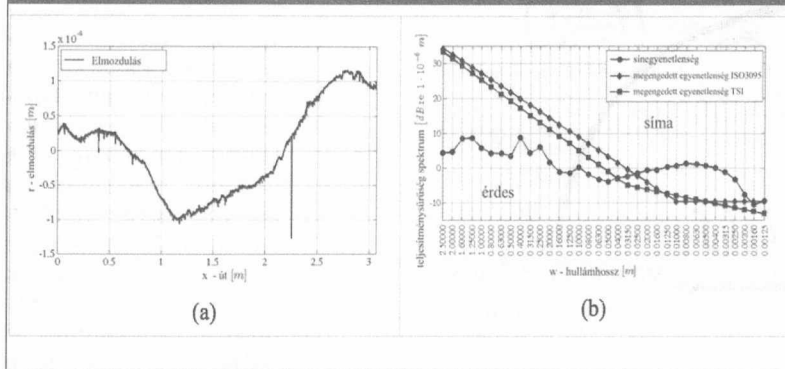
$$L_r(f) = 20 \lg \left( \frac{r(f)}{r_0} \right), \quad (1)$$

ahol:  $r(f)$  az  $r(x)$  egyenetlenség jel (elmozdulás-út függvény, 1. ábra) adott „f” frekvenciaközepű frekvenciasávban mért effektív értéke. Az 1. ábra mutatja az  $r(f)$  egyenetlenségi spektrumot és az ISO3095 szabvány [1], valamint a TSI előírás [2] szerinti határgörbét. A futófelület akusztikailag sima, ha az egyenetlenségi spektruma a megfelelő határgörbe alatt fut, ellenkező esetben a futófelület akusztikai szempontból érdes. A figyelembe vett hullámhossztartomány hozzávetőleg 2 mm-től 0,6 m-ig terjed<sup>1</sup>. A gördülési zaj megállapítására léteznek számítógépi szimulációs eszközök (pl. 2. ábra) és mérési eljárások is. A mikrofonok szabványos [1] elrendezését az ún. elhaladásos (pass-by) zajmérés végrehajtásához a 3. ábra mutatja.

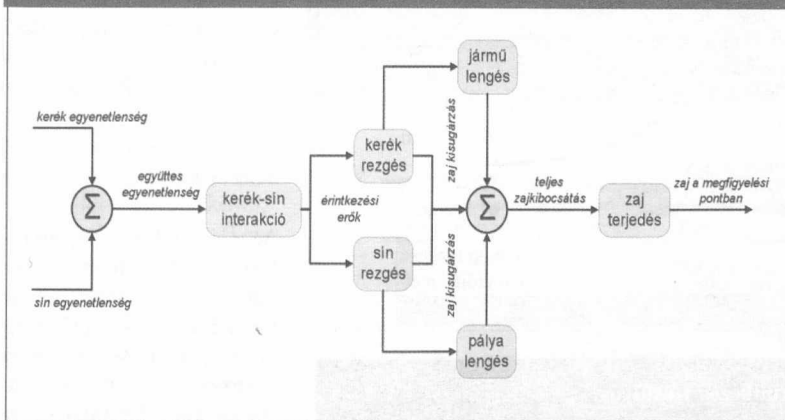
Ha kiindulásképpen feltesszük, hogy a kerék-sín együttes, azaz kombinált egyenetlensége  $R_c$  is-

<sup>1</sup> Az ISO3095 és a TSI erre vonatkozó előírásainak egységesítése folyamatban van.

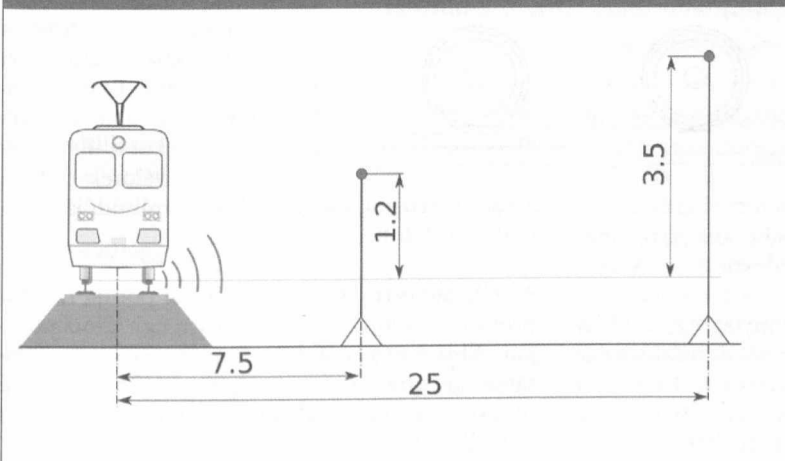
1. ábra Az (a) ábra egy mért egyenetlenségi (elmozdulás) jelet mutat az út függvényében; a (b) ábrán pedig látható egyrészt a hozzá tartozó tercsávós egyenetlenségi spektrum dB-ben, másrészt az ISO-3095 és a TSI vonatkozó határgörbéi



2. ábra A gördülési zaj számítógépi szimulációjának blokkvázlata



3. ábra Szabványos elhaladásos zajmérés mikrofonelrendezési vázlata [1]

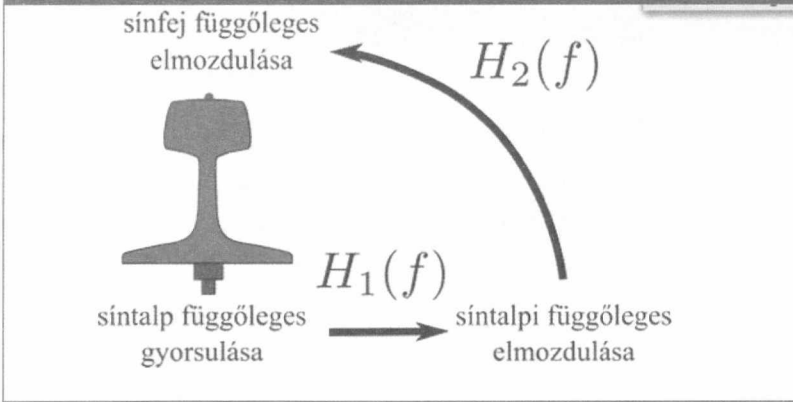


mert, a „p” hangnyomást pedig a pálya mellett jól definiált helyeken mérjük, akkor a kettő közötti  $H_{pR}$  átviteli függvény egyszerűen meghatározható. Jól látható, hogy akár mérésről, akár számításos eljárásról van szó, az együttes egyenetlenség ismerete elengedhetetlenül szükséges, hiszen mindkét esetben a vizsgált rendszer bemeneti jellemzőjét képviseli.

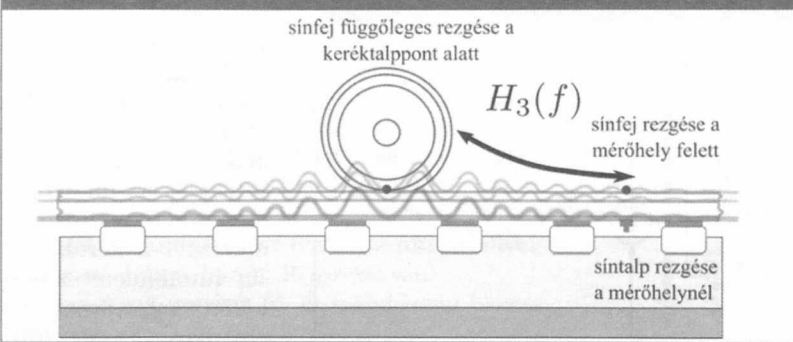
## 2. KERÉK- ÉS SÍNGYENETLENSÉG MÉRÉS

A kerék- és a síngyenetlenségek kellő pontosságú meghatározása ma is kihívást jelent a mérés technikában. Két alapvető mérési eljárás alakult ki: az ún. közvetlen és az ún. közvetett mérések. Közvetlen mérésnél a kerék és a sín futófelületét külön-külön valamilyen mechanikus, tehát érintkezésszerű vagy optikai, tehát érintkezésmentes készülék letapogatja. Ezek a készülékek relatív elmozdulás jeleket szolgáltatnak, szükség esetén a futófelület több párhuzamos nyomvonalára mentén is. A közvetlen mérés általában nagyon pontos, hiszen akár  $\pm 2$  dB pontosság is elérhető, viszont meglehetősen költségesek, nem csak a készülék ára miatt, hanem a méréssel együtt járó forgalomkiesés miatt is. Legfontosabb azonban, hogy a mérhető sínhossz gyakorlatilag néhány méterre korlátozott.

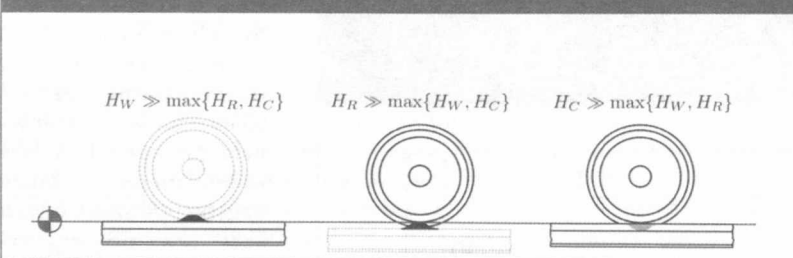
4. ábra Az elhaladásos (pass-by) módszer első lépése: a sántalpi gyorsulás kétszeres integrálása; második lépés: a sínfej függőleges elmozdulásának meghatározása



5. ábra A pass-by módszer harmadik lépése a pálya lecsengési rátáját veszi figyelembe



6. ábra A kerék, a sín és az érintkezés túlsúlyos receptanciájának hatásai



Egy széles körben ismert közvetett eljárás az ún. elhaladásos mérés (vagy pass-by analízis) amelyet eredetileg a TNO [3] fejlesztett ki. A vizsgálat alapjául a sántalpi gyorsulások mérése szolgál, ezért a mérőrendszer viszonylag egyszerű. A sínegyenletlenség azonban ennél a módszernél is csak egy rövid, néhány méteres szakaszon, a gyorsulásmérő közvetlen környezetében határozható meg. Ebben a tanulmányban megvizs-

abszolút értékét, vagyis csak az amplitúdóját vesszük figyelembe.

Az elhaladásos vizsgálat kiindulási pontja tehát a sántalpi gyorsulás mérése a pálya egy adott pontján. Első lépés a sántalpi függőleges elmozdulásának meghatározása a  $H_1(f) = 1/(2\pi f)^2$  átviteli függvény segítségével, amely nem más, mint a mért gyorsulásjel kétszeres integrálása (4. ábra).

gáltak az elhaladásos mérés alkalmazhatóságát, továbbá kifejlesztünk egy másik közvetett mérési eljárást is, amely a függőleges ágytokgyorsulások mérésén alapul. Ez utóbbi, az ágytokgyorsuláson alapuló módszer a pass-by analízishez hasonlóan csak néhány gyorsulásmérőt igényel, viszont azzal elmenthetővé teszi hosszabb vonalszakaszok felmérését is. A továbbiakban áttekintjük az elhaladásos mérés főbb lépéseit, bevezetjük az ágytokgyorsuláson alapuló módszert, végül bemutatunk néhány mérési eredményt a különböző módszerek összevetésére, ill. szemléltetésére.

## 2.1. ELHALADÁSOS MÉRÉS

Az alábbiakban lépésről lépésre bemutatjuk az ágytokgyorsulás és az együttes egyenletlenség közötti átviteli függvény meghatározását. A számításokat általában az egyenletlenségmérésnél szokásos effektív amplitúdó spektrumok felhasználásával végezzük. Fontos megjegyezni, hogy a továbbiakban, ahol ezt másképpen nem definiáljuk, ott a frekvencia függvényeknek ill. átviteli függvényeknek csak az



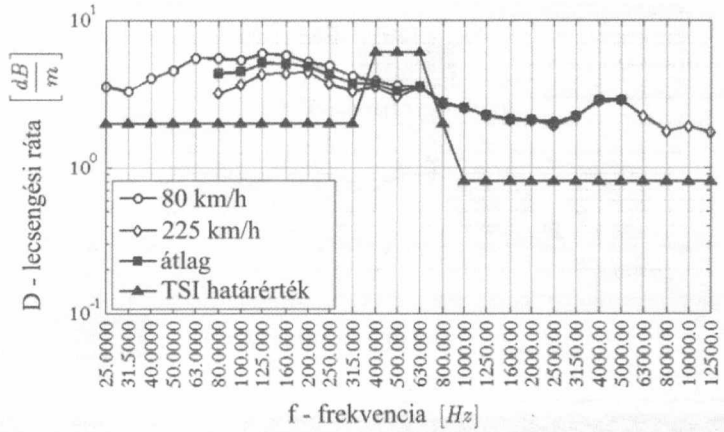
A második lépésben a sínfej elmozdulása, pontosabban annak spektruma kerül meghatározásra a  $H_2(f)$  átviteli függvény segítségével. Mivel néhány kHz gerjesztési frekvenciáig a sínnek nincsenek olyan saját lengésképei, amelyek a keresztmetszet deformációjával járnának, ezért  $H_2(f) \sim 1$  általában jó közelítéssel elfogadható. A harmadik lépés a kiértékelés egyik legfontosabb része. Ha a kerék-sín érintkezés helyén állandó „f” frekvenciájú és állandó  $A(0)$  amplitúdójú gerjesztést alkalmaznánk, akkor a sínszálban mindkét irányban ugyanilyen frekvenciájú, de csökkenő amplitúdójú lengések terjednének tova. Az amplitúdó térbeli csökkenéséről feltehető, hogy exponenciális lecsengést követ:  $A(x) = A(0) \exp(-\beta x)$ . Természetesen a lecsengés gyorsaságát mutató  $\beta$  az „f” frekvencia függvényében változhat. Ezen a ponton bevezethető egy  $H_3(f) = H_3(f, x, \beta(f))$  átviteli függvény, amely a gyorsulásmérő feletti sínfej elmozdulásából megadja a sínfej elmozdulását a kerék és sín érintkezésénél. Zajvizsgálatoknál a teljesítményspektrum

dB-ben kifejezett szintjei használatosak, ezért a  $\beta$  exponenciális kitevő helyett célszerűbb a „D” lecsengési ráta<sup>2</sup> (vagy lecsengési ütem) bevezetése:

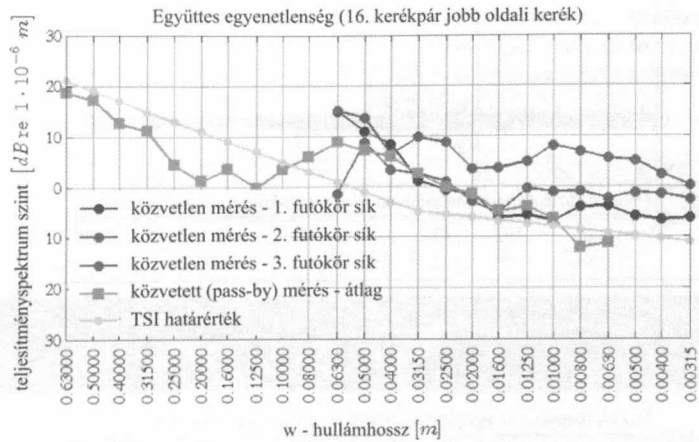
$$D = 20 \log_{10}(\exp(\beta)) \approx 8.686 \beta, \quad \left( \frac{dB}{m} \right) \quad (2)$$

Végül, a negyedik lépésben a kerék-sín érintkezésénél meghatározott függőleges

7. ábra Két járműsebességnél megállapított pálya lecsengési ráta, ezek átlaga és a TSI ben előírt minimális lecsengési ráta



8. ábra Az elhaladásos (pass-by) módszerrel megállapított együttes egyenetlenség összehasonlítása a közvetlen mérés eredményeivel és a sínegyenletlenség TSI szerinti határértékével. Az ábrán megfigyelhető az érintkezési ellipszis szűrő hatása is.



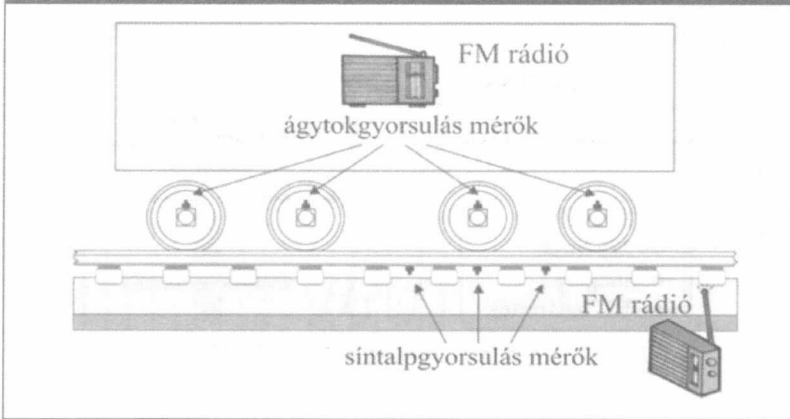
sínfejmozdulásból számítjuk az együttes egyenetlenséget, mégpedig az alábbi átviteli függvény segítségével:

$$H_4(f) = \frac{|H_R(f)|}{|H_W(f) + H_R(f) + H_C(f)|} \quad (3)$$

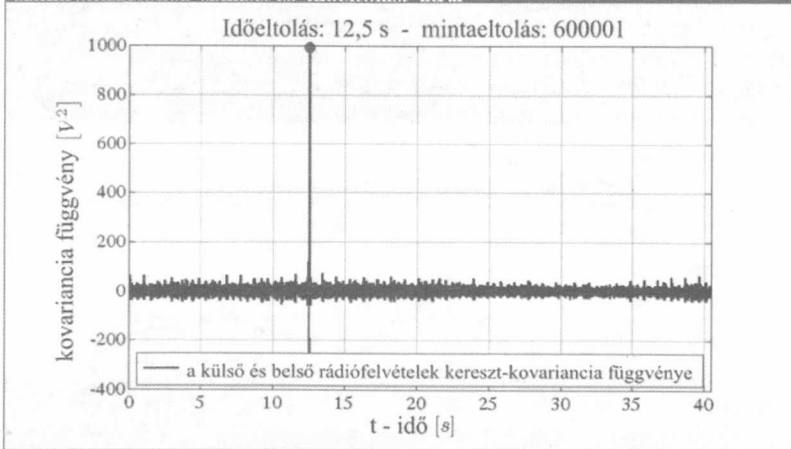
ahol:  $H_W(f)$ ,  $H_R(f)$  és  $H_C(f)$  a kerék, a sín, illetve a kerék-sín érintkezés receptanciái. Receptancia

<sup>2</sup> Angolul: Track Decay Rate (TDR); németül: Abklingrate

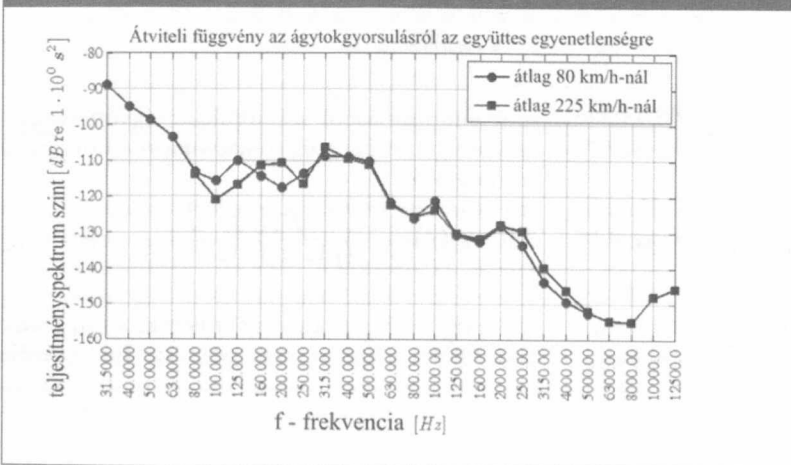
9. ábra A mérési elrendezés vázlata – gyorsulásérzékelők és rádiók a járművön és a pályán



10. ábra A pálya- és a járműoldalon mért rádiójelek keresztkovariancia függvényében jól látható az egyedi csúcs, amelyhez tartozó időeltolás a szinkronizációhoz szükséges időeltolást adja



11. ábra Átlagolt  $H_{rc,ac}$  átviteli függvények két sebességnél



alatt egy olyan átviteli függvényt értünk, amely adott pontbeli erőterjesztésre megadja ugyanazon pont elmozdulását, következképpen a mértékegysége m/N. A receptanciák meghatározhatók számítással, pl. véges elemes modellezéssel vagy mérésrel pl. impulzuskalapácsos átviteli függvény mérésrel is. Három szélsőséges eszményi eset különböztethető meg, a 6. ábrán bemutatottak szerint:

- A többi receptanciához képest nagy  $H_w$  kerékpár receptancia, azt eredményezi, hogy csak a kerékpár fog függőlegesen elmozdulni. Ebben az eszményi esetben elegendő lenne a mért ágytokgyorsulásokat kétszer integrálni, hogy megkapjuk a kerék és sín együttes egyenetlenségét.
- A helyzet teljesen hasonló, amennyiben a sín receptanciája  $H_R$  meghatározóan nagy. Ekkor a síngyorsulás kétszeres integrálása adná a keresett együttes egyenetlenségét.
- A kontaktus nagy  $H_C$  receptanciája esetén a kerék-sín együttes egyenetlenségét teljesen az érintkezés helyi alakváltozása (Hertz-rugó) veszi fel, vagyis sem a kerék, sem pedig a sín nem mozdul el függőlegesen. Ezért természetesen ágytok- vagy síntalpgyorsulás mérésrel nem lehetséges megállapítani az együttes egyenetlenségét.

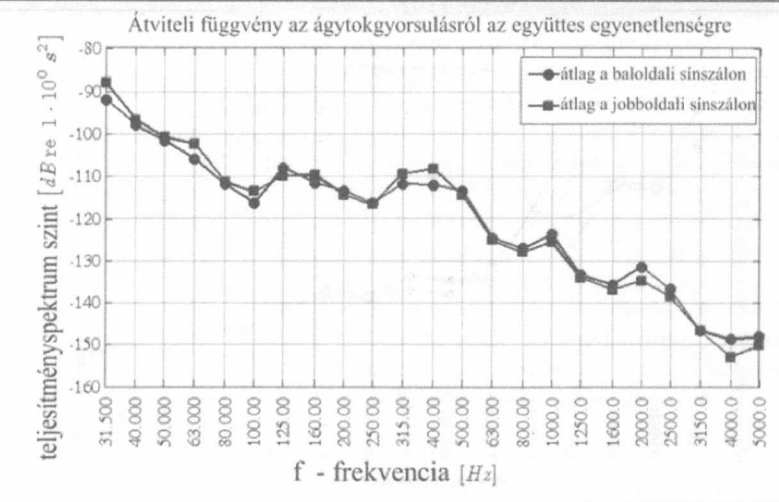
Eltekintve a pályajármű rendszer néhány rezonanciájától, a  $H_4(f)$  átviteli függvénynek három jellegzetes frekvenciatartománya állapítható meg. Általában elmondható, hogy a kerék receptanciája a kisebb, a síné pedig a közepes frekvenciák tartományában jelentős, míg a nagy frekvenciák tartományában a kerék-sín érintkezés receptanciája vágja le az amplitúdóátviteli karakterisztikát [4].

Az alábbiakban bemutatott valamennyi mérési eredmény 2008 júliusában, Bécs és Linz között hét majdnem teljesen azonos személykocsiból és egy villamos mozdonyból álló probavonattal végrehajtott mérésből származik. A kiértékeléshez 80 km/h és 225 km/h sebesség mellett végrehajtott mérések eredményeit használtuk fel. A síntalpi gyorsulást összesen hat gyorsulásérzékelővel mértük, három egymást követő keresztaljközön a jobb- és a baloldali sín-szálon.

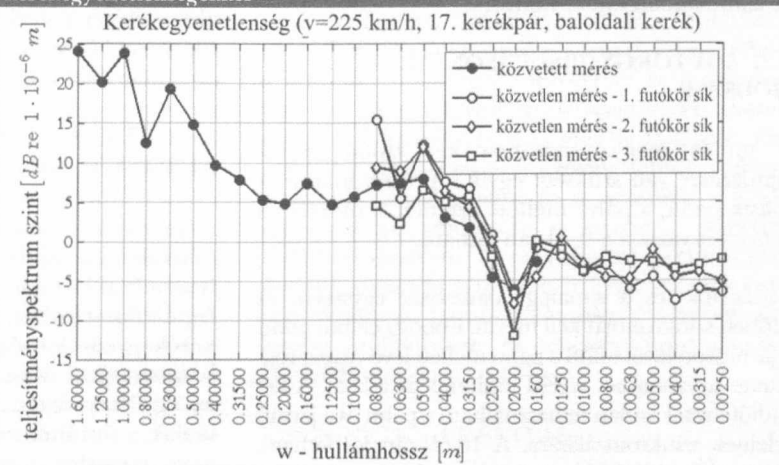
Mindenekelőtt a pálya lecsengési rátát határoztuk meg a fentebb ismertetett pass-by módszerrel. A 7. ábra mutatja a két járműsebességnél megállapított pálya lecsengési rátát, ezek átlagát és a TSI-ben előírt legkisebb lecsengési rátát. Látható, hogy a konkrét példában hozzávetőleg a 400-tól 630 Hz-ig terjedő tartományban a mért lecsengési ráta nem elegendő. Ennek azonban az együttes egyenetlenség megállapítása szempontjából első közelítésben nincs nagy jelentősége.

A 8. ábrán látható az elhaladásos módszerrel meghatározott és a közvetlen módszerrel mért együttes egyenetlenség összehasonlítása. A közvetlen mérést ØDS (Ødegaard & Dannekiold-Samsøe a Lloyd's

12. ábra A pálya és a jármű jobb-, ill. baloldalára kapott átlagolt átviteli függvények csak csekély eltérést mutatnak

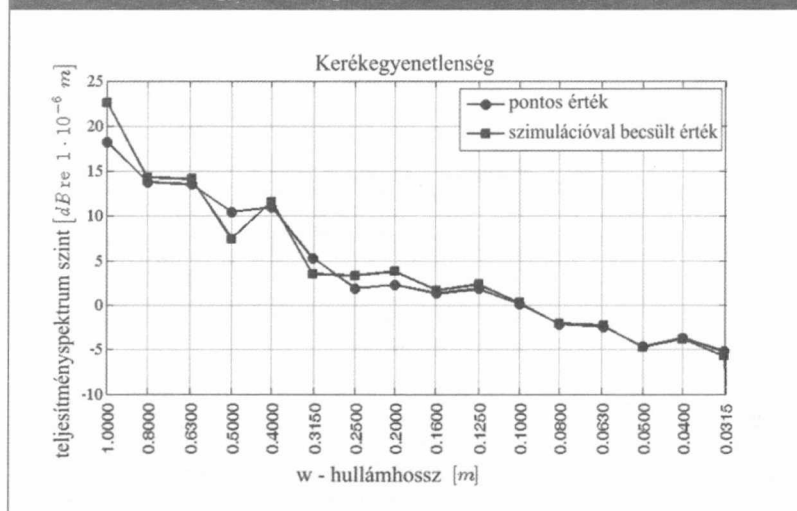


13. ábra Az ágytokgyorsulás mérésén alapuló módszerrel becsült kerékegyenetlenség összevetése a közvetlen módszerrel mért kerékegyenetlenségekkel



Register Group tagja) készülékkel a vonatkozó szabványnak [1] megfelelően hajtottuk végre. Jóllehet a konkrét mérés esetében a két módszer közös mérési tartománya meglehetősen keskeny, a jellegzőbék korrelációt mutatnak. Rövid, vagyis 10-15 mm hullámhossz alatti tartományban a közvetett mérés lényegesen kisebb egyenetlenséget eredményezett, mint a közvetlen. Ennek oka, hogy a kerék-sín érintkezés az érintkezési felület hosszánál rövidebb felületű egyenetlenségeket mechanikusan elnyomja, vagyis kiszűri. A közvetett módszer tehát az ún. akusztikailag effektív együttes egyenetlenséget adja meg. Vagyis ha a tényleges együttes egyenetlenséget akarjuk megkapni, akkor szükség van az

14. ábra Az ágytokgyorsulás meghatározásán alapuló egyenetlenség különválasztás verifikálása pálya-jármű szimuláció felhasználásával: pontos és szimulált kerékegyenetlenségek összehasonlítása



érintkezés mechanikus szűrő hatását kompenzáló numerikus szűrő alkalmazására, amittől azonban az alábbiakban eltekintettünk.

## 2.2. ÁGYTOKGYORSULÁSON ALAPULÓ MÓDSZER

A mérés megvalósításához két külön mérőrendszerre van szükség: egyik a próbavonaton, a másik pedig a pálya mellett üzemel. A mérési elrendezés vázolata a 9. ábrán látható.

Az ágytok- és a sántalpgyorsulásokat egyszerre és időben szinkronban kell mérni. Ebből a célból mind a járművön levő, mind a pálya mellett levő csapat rögzítette ugyanannak az FM rádióknak az adását. A két rádiófelvétel azután felhasználható a pálya és a jármű jeleinek szinkronizálására. A 10. ábrán jól látható, hogy a két rádiójel keresztkovariancia függvényének egyetlen jól meghatározott csúcsa van. Az ehhez a csúcshoz tartozó időeltolás éppen a rádió, illetve ezáltal a pálya-jármű gyorsulásjelek szinkronizálásához szükséges időeltolást adja meg. A keresztkovariancia függvény egyedi csúcsának köszönhetően a jelek szinkronba hozása a mintavételezési időnek megfelelő pontossággal végrehajtható.

Ezen a ponton megállapítható, hogy rendelkezésre áll a kerék-sín együttes egyenetlensége a pass-by analízisből, továbbá az ágytok és a sántalpgyorsulások, tehát az ágytokgyorsulásból az együttes egyenetlenséget megadó  $H_{rc,aw}$  átviteli függvény meghatározható. A hat pályaoldali, a nyolc járműoldali

gyorsulásérzékelő és a két sebesség mindent egybevetve 48 becslést ad a  $H_{rc,aw}$  átviteli függvényre. Az így módon meghatározott, azonos sebességhez tartozó átviteli függvényeket átlagoltuk, hogy sebességfüggésük jobban ellenőrizhető legyen. Ahogyan az a 11. ábrán látható, a  $H_{rc,aw}$  átviteli függvény ebben a konkrét esetben csak igen csekély sebességfüggőséget mutat. Szükség esetén sebességfüggő átviteli karakterisztikák gond nélkül meghatározhatók, és a további számításokhoz felhasználhatók. A pálya és a jármű jobb, ill. bal oldalán átlagolt átviteli függvények összevetése a módszer egyfajta validálásának tekinthető. A 12. ábra tanúsága szerint a két oldalra kapott átviteli függvény közötti eltérés az elfogadható  $\pm 2-3$  dB tartományban marad.

## 3. A KERÉK- ÉS SÍNEGYENETLENSÉGEK KÜLÖNVÁLASZTÁSA

Amennyiben szeretnénk a felelősséget a vasúti gördülési zaj kialakulásáért a pálya és a jármű üzemeltetői között felosztani, úgy ez a feladat, legalábbis részben, visszavezethető a sín- és a kerékegyenetlenségek külön-külön való meghatározására. Meg kell tehát határozni, hogy az együttes egyenetlenségnek mely része származik a síntől és mely a keréktől. A kombinált, azaz együttes egyenetlenségi spektrum úgy tekinthető, mint a sín- és kerékegyenetlenségi spektrumok egyfajta energetikai értelemben vett összege. Első pillantásra meg lehetne próbálni megmérni az együttes egyenetlenséget különböző kerekekkel ugyanazon a sínszálon, de könnyen belátható, hogy így mindig eggyel több ismeretlen maradna, mint amennyi egyenlet felírható. Természetesen a legkisebb négyzetek módszerével elérhető egyfajta megoldás, azonban a spektrumok fázisinformációinak hiányában az így kapott eredmény nem lesz elfogadható. A különben rendkívül hatékony fő- vagy független komponens analízis [5] ebben a konkrét esetben nem alkalmazható, mivel az átviteli függvények a kerék- és sínegyenetlenségekről a

kerék vagy a sín gyorsulására nem csak hogy lineárisan függők, de teljesen azonosak is. Másrészt viszont ez utóbbi tulajdonságról a továbbiakban kiderült, hogy a kerék- és a sínegyenletlenségek különválasztására alább bemutatott módszer alkalmazásához elengedhetetlenül szükséges.

A kiindulási pont tehát az, hogy az átviteli függvény az egyenletlenségről az ágytok függőleges gyorsulására ugyanaz, függetlenül attól, hogy kerék-, sín- vagy kombinált egyenletlenségről van-e szó. Az alábbi

$$r_c(x) = r_w(x) + r_r(x) \quad (4)$$

egyenletben, a kerékegyenletlenség  $r_w(x)$  determinisztikus, sőt mi több periodikus, míg a sín  $r_r(x)$  egyenletlenségéről feltesszük, hogy sztochasztikus. Ebből már következik, hogy összegük, az  $r_c(x)$  kombinált egyenletlenség is nyilvánvalóan sztochasztikus. A 4. egyenletben az „x” független változó a kerék által megtett utat jelenti. Másképpen úgy is lehetne fogalmazni, hogy a mért ágytokgyorsulás egy zajos jel, amely jelből (azaz a kerékegyenletlenségből származó részből) és zajból (azaz a sínegyenletlenségből származó részből) tevődik össze. Ezen gondolatmenetet követve, a kerék- és sínegyenletlenségek különválasztásának problémája átfogalmazható úgy, hogy hogyan elimináljuk a zajt a zajos jelből.

Egy lehetséges módszer az átlagolás. Az átlagolás elvégezhető idő vagy út, ill. frekvencia vagy hullámhossz tartományban is, azzal a kitéttel, hogy frekvencia- (ill. hullámhossz-) tartományban a fázisinformációkat is figyelembe kell venni. Először a mért ágytokgyorsulás jelet közelítőleg a kerék kerületének megfelelő hosszúságú szakaszokra bontjuk, majd ezeken gyors Fourier transzformációt (FFT) hajtunk végre. Az átlagolás frekvenciatartománybeli elvégzése után az eredményt tercsávós spektrummá alakítjuk. Végül, a korábban meghatározott  $H_{r_c, q_w}$  átviteli függvény segítségével megkapjuk a kerékegyenletlenség egy becslését. A 13. ábra egy konkrét kerék 225 km/h sebességnél mért ágytokgyorsulásának kiértékelésével kapott kerékegyenletlenségét mutatja. Látható, hogy a becslött kerékegyenletlenség jól közelíti a kerék futófelületének három párhuzamos nyomvonalán közvetlen méréssel felvett egyenletlenségeket. Megjegyzendő azonban, hogy a két módszerrel kapott eredmények közös hullámhossz tartománya meglehetősen

keskeny. A módszer bizonyos fokú verifikálása számítógépi pálya-jármű szimuláció segítségével is lehetséges. Számításainkban a járművet egy negyedjármű modell helyettesíti, míg a pályát rugalmas, diszkrét alátámasztású gerenda elemekkel modelleztük. A verifikálás során a számítógépi szimulációval meghatározott ágytokgyorsulásokra alkalmaztuk a fentebb bemutatott eljárást, majd az így kapott szimulált kerékegyenletlenséget összevetettük az ismert bemenő jellemzővel, vagyis a pontos kerékegyenletlenséggel (14. ábra). Látható, hogy a szimulált és a pontos érték közötti eltérés különösen az akusztikai szempontból lényeges rövid hullámhosszok tartományában elfogadhatóan kicsi, ennek ellenére további mérés ellenőrzések feltétlenül indokoltak.

## KÖVETKEZTETÉSEK

Az elhaladásos (pass-by) analízis elemzése és tesztelése alapján megállapítható, hogy a módszer jól használható az együttes egyenletlenség és a pálya lecsengési ráta meghatározására. Az általunk alkalmazott jelszinkronizáció a kutatásnak egy olyan „mellékterméke”, amely jól bevethető a mérés technika egyéb területein is. A kifejlesztett, függőleges ágytokgyorsulás-mérésen alapuló eljárás jól kiegészítheti a pass-by analízist. Egyrészt lehetővé teszi a sínegyenletlenség mérését hosszabb pályaszakaszokon is, másrészt a kerékegyenletlenség mérésére is egyszerű, közvetett módszert biztosít. A pálya-jármű szimulációval becsült, valamint a pontos értékek jelentős egyezést mutatnak, azonban a módszer validálása szélesebb hullámhossz- és sebesség tartományban elengedhetetlenül szükséges.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatás a gráci Kompetenzzentrum – Das Virtuelle Fahrzeug Forschungsgesellschaft mbH (ViF) berkeiben valósult meg.

A szerzők ezért köszönetüket fejezik ki a „Kplus Tudásközpontok Programnak”, amely létrejött az Osztrák Szövetségi Közlekedési, Innovációs és Technológia Minisztérium (BMVIT), az Osztrák Kutatástámogatási Alapítvány (FFG), Stájerország, valamint a Stájer Gazdaságfejlesztési Társaság (SFG) anyagi támogatásával. Köszönet illeti a támogató cégeket és projekt partnereket: Siemens Transportation Systems GmbH & Co KG Grác, voestalpine Schienen GmbH Donawitz és a Gráci Műszaki Egyetem.

A szerzők köszönetüket fejezik ki továbbá a MÁV Zrt. Vasúti Mérnöki és Mérésügyi Szolgáltató Központjának a magyar nyelvű tanulmány elkészítéséhez nyújtott segítségért.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

[1] EN ISO 3095:2005 D: Railway Applications – Acoustics – Measurement of Noise Emitted by Railbound Vehicles. August 2005.

[2] European Commission: Decision of 23 December 2005 Concerning the Technical Specification for Interoperability Relating to the Subsystem ‘Rolling Stock – Noise’ of the Trans-European Conventional Rail System. Official Journal of the European Union, 2006/66/EC

[3] Janssens, M.H.A. – Dittrich, M.G. – de Beer, F.G. – Jones, C.J.C.: Railway noise measurement method for pass-by noise, total effective roughness, transfer functions and track spatial decay. Journal of Sound and Vibration vol. 293, 2006. (p. 1007–1028)

[4] Németh, I. – Schleinzer, G.: Assessment of Railway Track Models from Dynamical Aspects. In Proceedings of the 7th International Conference on Railway Bogies and Running Gears, Budapest, 2007.

[5] Stone, J.V.: Independent Component Analysis. Encyclopedia of Statistics in Behavioral Science, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, vol. 2, 2005. (p. 907–912) ISBN-13: 978-0-470-86080-9



### Determining indirectly the roughness of rail bicycle and rail treads

The study reviews an indirect measuring procedure developed for determining the unevenness of the rolling surface of rail wheelset and the treads of rails.

The growing demand of the society for environment-friendly vehicles can be considered a general trend, which appears, among others in the increasingly stricter regulations concerning vibration and noise emission. In the case of rail vehicles the primary source of noise is generated by the contact of wheels and rails in the usual operational speed range. Although in the case of high-speed railway transport the aero dynamical noise takes the lead, the ratio of wheel-rail contact noise still remains considerable. One of the main types of noise originating from the contact of the wheel and the rail is the rolling noise, caused by the unevenness of the treads of the wheel and the rail. These types of unevenness generate vibrations in the vehicle and on the track alike and this energy is emitted partly in the form of noise.

It is evident from the above that systematically determining the unevenness of the wheel and rail is of fundamental importance, partly in order to control noise emission and partly in order to prepare calculations of acoustics.

### Indirekte Bestimmung der Rauheiten der Bahnfahräder und Schiene auf ihren Laufflächen

Die Studie darlegt eine indirekte Messmethode entwickelt für die Bestimmung der Unebenheiten der Radsatzer auf ihre Rollenfläche und der Schienen auf ihren Laufflächen.

Als allgemeine Tendenz kann die Erhöhung von dem gesellschaftlichen Anspruch für umweltfreundliche Fahrzeuge betrachten, die unter anderem in der Verschärfung der Vorschriften betreffend auf Lärm und Schwingung erscheint. Die primäre Quelle des von Bahnfahrzeuge ausgehenden Lärms bei Standard Geschwindigkeitsbereich ist der Lärm zwischen dem Rad und der Schiene. Der aerodynamische Lärm nimmt die Führungsrolle bei Bahnverkehr mit hohem Geschwindigkeit über, aber der Anteil der Kontaktlärm zwischen dem Rad und der Schiene bleibt noch immer signifikante. Der Haupttyp des Lärms entstehend aus dem Kontakt zwischen dem Rad und Schiene ist der Rollenlärm, die die Unebenheit der Laufflächen des Rades und der Schiene verursacht. Dies Unebenheiten erregen Schwingungen sowohl im Fahrzeug als auch in der Laufbahn, deren Energie sich teilweise in der Form der Lärm strahlt aus.

Die Bestimmung der Rad- und Schieneunebenheiten haben also grundlegende Bedeutung, einerseits im Interesse der wirklichen Lärmemissionsprüfung und Überwachung, andererseits im Interesse der Ausführung der verschiedenen akustischen Berechnungen.



nek alávetett közúti fejlesztési prioritásokat, újra felfedezi a folyami hajózás szerepének súlyát. Ezt nem csak a dugómentes közlekedés lehetősége, hanem a mintegy 60%-kal alacsonyabb energiaigény, valamint az CO<sub>2</sub> és egyéb emissziós csökkentési célok is indokolják. Négyéves tevékenységgel létrejöttek egy teljes körű, újgenerációs hajózási rendszer alapjai elméleti tervek és digitális modellezés útján. Az új rendszer kifejlesztésével a fővárosi agglomerációs közlekedés egy részének – vagyis a munkanaponkénti 20 000 – 40 000 ingázó gépkocsis közlekedés (1. ábra<sup>1</sup>) – kiváltása a megvalósítás közeli fázisba jut. A tervező mérnökcsoport azt vette célba, hogy megfelelő támogatások esetén 2013 végére megépíti, és próbaújtjára engedi a flotta prototípusát. Ez egy 165 fős szállításra tervezett gyorsjáratú katamarán. Ezt követően hazai kis- és közép vállalatok csapatának a projektbe bevonásával 20 db nagyobb és 10 db kisebb hajóból álló flottával talpra állhat egy új közlekedési mód az agglomerációs közlekedés kiszolgálására.

## 2. INNOVÁCIÓK A KÖZLEKEDÉSI RENDSZERBEN

A hajók olyan katamaránok, amelyek hajóteste könnyűszerkezetes kialakítású, alacsony merülésű az utastér és a hajóvezetői fülke kompozit szerkezettel épül. Utasfedélzete és kormányállása a kor követelményeinek megfelelő. Az utastér teljesen klimatizált, és kizárólag ülő utasokra tervezett. A hajók sebessége eléri a 40-45 km/h értéket, és speciális kormányművekkel felszerelt, amelyek lehetővé teszik az objektumok gyors kikötését. A hajó átlagosan 30-32 km/h utazási sebességgel közlekedhet, a tervezett többmegállós forgalom mellett, a főváros északi és déli településeinek kapcsolati rendszerében.

A kikötés módja, emberi beavatkozás nélkülire tervezett. A kiszolgáló kormányrendszer lehetővé teszi a hajók haladási irányra merőleges kikötését hegymeneti, valamint lejtmeneti viszonyok között is. A gyors kikötési műveletek és az utascserék feltételeit is automatizált eljárások segítik. Hasonlóan automatizált a hajóvezető és a ki-, beszálló utasok közötti információcsera a kikötők közötti mozgások alatt. Az utasok helyfoglalási rendszerét az adott útvonalak és állomások vonatkozásában csipkartyás rendszer szolgálja ki. A rendszert egy hajóvezetői diszpécser rendszer támogatja, amelyre mind a hajózó útvonal térképek, mind

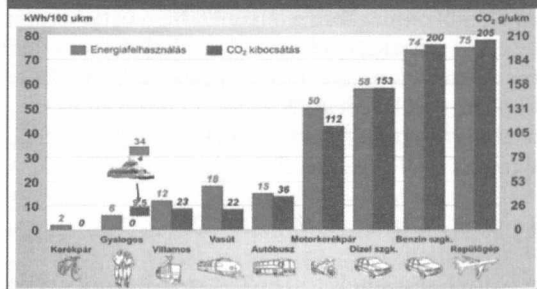
a diszpécser által a hajókövető rendszerre küldött információk eljutnak. Ez a hajózás napi 16-18-órás felügyeletét biztosítja a teljes útvonalon. E hálózatra kapcsolódnak a tervek szerint azok az utasterminálok, amelyeket a kikötőkben telepítenek, valamint az internetes helyfoglaló rendszer információi is.

A géptér teljesen zárt és felügyelet nélküli, teljesen automatizált üzemre tervezett, amelyhez a megfelelő menettulajdonságokat a 2X660 LE-s motorok biztosítják. A főmotorok, – amelyeket CNG üzemanyag fog meghajtani – napi két tankolással látják el kétműszakos feladataikat. Mintegy 12 000 üzemórás karbantartások közötti ciklusidővel rendelkeznek, mialatt emissziós tulajdonságaik, valamint energiaigényük nagyon kedvező (2. ábra), és az utazáshoz szinte zajmentes környezetet biztosítanak. A tervek szerint a CNG üzemanyagot megújuló energia biztosítja.

A hajók navigációs tulajdonságait egy újrendszerű differenciál kormányrendszer – hajótestenként két-két eltérő vezérlésű lapáttal –, valamint a katamarán mindkét orrába beépített orrsugarhajtóművek szolgálják ki.

A katamaránokhoz megfelelő intermodális kikötői rendszer tartozik. E kikötők a hajók megfelelő gyors-kikötési feltételeit is biztosítják, a fogadáshoz kiépített eszközeikkel, az informatikai rendszerhez alkalmas WIFI-hálózati berendezésekkel és utastermináljaikkal. A kikötők esetén – minden kikötői ponton – megfelelő P+R-rendszer kell rendelkezésre álljon megfelelő közúti kapcsolatokkal, valamint a gyalogos utasok számára közösségi járműráhordó kapcsolatokkal együtt.

2. ábra: Különböző közlekedési eszközök energiafelhasználása és CO<sub>2</sub> kibocsátása



<sup>1</sup> Az ábrák forrása: a Városkutató Kft Dugódíj anyaga 2008. Készült a Fővárosi Önkormányzat részére.



Az új közösségi közlekedésre kialakított hajózási szolgáltatás elsődleges célja a legfontosabb fővárosi közlekedési csomópontokba történő közvetlen bekapcsolódás, mind fizikai értelemben, mind pedig a tervezett szolgáltatás részét képező egységes fővárosi jegyrendszer bevezetésével.

### 3. AZ ÚJ RENDSZER FELÁLLÍTÁSÁNAK FELTÉTELEI

Az új hajózási rendszert a tervezők önálló fejlesztési témákra bontva dolgozzák fel, megfelelő szakmai háttérű cégek, valamint kutatóintézetek bevonásával. A fejlesztés az egyes témákon belül magába foglalja a részletes tervezési, a kísérleti modellezési, valamint bizonyos esetekben a „deszka-modell” gyártási és vizsgálati feladatokat is. Ezeket a vizsgálatokat egyes esetekben a prototípusok megépítéséhez szükséges végleges gyártási dokumentációk kidolgozása, a funkciópróbák megtervezése, a prototípus gyártása és szerelése, a prototípus-próbák lefolytatása követi.

Ezt követik a prototípusok tartampróbái, majd a két M0-ás híd közötti utazási próbák lefolytatása.

A rendszer normál forgalomba helyezésére előre láthatólag 2014-ben kerülhet sor az első vonalon. Ennek feltétele, hogy az érintett kikötési területeken a kikötési helyre vonatkozó beruházásokat – területi kikötői klaszter szervezésében – lehetőleg uniós finanszírozással az önkormányzatok előkészítsék, és a beruházásokat elvégezzék.

A hajózási rendszerhez tartozó flottát, valamint az informatikai rendszert és a vállalkozás egyéb elemeit egy új cég megalapításával együtt, megfelelő tőke bevonásával a rendszer tervezői kívánják létrehozni.

### 4. AZ EGYES FEJLESZTÉSI FELADATOK

A fejlesztési feladatok főbb részei:

- hajótest alaki meghatározása,
- a várható hajóellenállás és a propulziós viszonyok,
- a kikötési automatika fejlesztése,
- manőver-berendezések és vezérlésük modellezése és tervezése,
- a kikötői objektum fejlesztése,
- az üzemanyag-ellátási berendezések tervezése,
- az utastéri és kormányállási felépítmények kialakítása,
- a hajók belső formavilágának kialakítása,
- sorozatgyártási feltételek kialakítása.

### 4.1 A HAJÓTEST ALAKI MEGHATÁROZÁSA

Mindkét hajótestet a tervezők hazai konstrukcióval kívánják létrehozni, amelyhez fel kívánják használni az utóbbi években külföldön épített hasonló hajók tapasztalatait is. Ezek a hajók azonban két fontos tervezési kritériumnak megfelelően jelentősen eltérnek a külföldi építésű objektumoktól. Egyrészt ezeket olyan rövid útvonalú vonalhajóknak tervezik, amelyek nagyon sok forgalmas kikötési ponton teljesítenek gálgátot, vagyis az üzemi sebesség mellett nagy jelentőségű a magas utazási, tehát az alacsony kikötési idő szerepe. Kiemelt a szerepe a hajó méretéhez tartozó, viszonylag magas teljesítményű motorok közvetlenül az utastér alatti elhelyezésének mind az utastéri zaj, mind pedig a motorok szükségszerű karbantartása esetén való hozzáférés szempontjából is, amit minimális bontási munkával célszerű megoldani. Azt is ki kell emelni, hogy a hajókat ugyan alapvetően a dunai alkalmazáson belüli közösségi közlekedésre tervezik, de továbbfejlesztett típusváltozatokkal felmerül a hajók kisáru-szállítási és folyam-tengeri alkalmazása is. Ezért a víz alatti részekhez mindhárom tervezési célt célszerű egyszerre megvalósítani. Mindezek figyelembevételére fontos szempont a tervek kidolgozásakor.

Minden változathoz digitális szimulációkkal meg kell vizsgálni az összes indítási, utazási és manőverezési funkciókat a különböző úszáshelyzetek és hullámzási feltételek mellett. Ezek alapján határozhatók meg a két úszótest alaki jellemzői, valamint azok egymástól mért távolsága. Ezek a jellemzők határolják be a hajók várható üzemi energiafelhasználási hatékonyságát, valamint tervezett utasszállítási kapacitását, amely a két önálló hajótípusban 165, illetve 70 fős lesz.

Az egyes típusok tervezett vízvonalhossza 30,5, illetve 24 m, hajószéllessége 8,5, illetve 7,2 m, merülése 1,2, illetve 0,9 m.

### 4.2 A VÁRHATÓ HAJÓELLENÁLLÁS ÉS PROPULZIÓS VISZONYOK

A hajóellenállások görbéit – a sebesség függvényében – a szimulációs kísérleteket követően, a közeljövőben egy külföldi hajókísérleti intézet „vontatási csatornájában” kívánják a tervezők vizsgálni, amikor az 1/10-es modellen végzendő mérések a végleges beépítésre szánt meghajtási teljesítményeket igazolják, illetve magukat a vízvonaltervetet véglegesítik. A vizsgálatok során fontos kérdéskört tölt be a hajótestek farkkiképzése, va-

lamint a kormánylapátok és a hajócsavartengelykilépések kialakítása is mind az ellenállás, mind a manőverezési szempontok alapján. Ugyancsak szükségesnek látszik a hajócsavarokra több változat vizsgálata, az optimális hatásfok elérésének megfelelő csavar-szárnyszám és a kavitációs viszonyok elkerülése, valamint azok alacsony zaj, és rezgéskeltő hatása miatt. A vizsgálatok eredményeként a prototípushoz alkalmas hajótest-elrendezést kapjuk meg, amelyet nagy szilárdságú alumínium szerkezettel kívánnak a tervezők megvalósítani.

### 4.3 A KIKÖTÉSI AUTOMATIKA FEJLESZTÉSE

A rövidre szabott kikötési idő, mint cél elérését csak speciális kikötési eszközökkel lehetséges automatizálás útján megoldani. A kikötésekben mind a kikötési idő, mind az utascseré ideje jelentős az utazási idő szempontjából, emiatt a hagyományos „köteles” kikötési módot nem lehet alkalmazni. Ugyancsak el kellett vetni a „lejtmeneti” megfordulási manővert is. Ezért csak az utazási irányra merőleges kikötés lehetséges marad, amelyet a hajók mindkét oldalán, külön a be- és kiszálláshoz létesített széles, az automatikus ajtónyitással együtt kihajtott, az utascserét szolgáló rámpa is támogat. A hajótestet rögzíteni kell a kikötői objektumhoz, amelyet a kikötés aktuális oldalán a rámpák alatt elhelyezett pneumatikus működtetésű rögzítő fejek végeznek el, telemetriai vezérléssel, a kikötői objektum és a hajótest közötti mechanikus kapcsolat létrehozásával. A kapcsolat oldását a hajó újbóli indításakor a hajóvezető aktiválja, megfelelő hangjelzések mellett. Fentieknek megfelelően minden kikötői objektumot ilyen berendezésekkel fel kell szerelni.

### 4.4 MANŐVER-BERENDEZÉSEK

A hajók irányítási manővereit – ezeken belül a kikötési manővert is – különböző berendezések és automatizálás fogják támogatni a biztonságos üzemelési feltételek érdekében. A hajótestek orr-részében orrsugár hajtóműveket – mindkét oldalon egyet-egyét –, míg az úszótestek farában két-két kormánylapátot építenek be. Az orrsugár hajtóművek egyrészt a dinamikus fordulókat is segítik, másrészt alkalmasak a beépített kettős differenciál kormánylapát rendszerrel együtt a hajótest utazási irányára merőleges kikötési funkciók létrehozására is. Az orrsugár hajtóművek villamos hajtásra tervezték, egyenként 40 kW teljesítmény mellett.

A kormánylapátok, – amelyeket mind a hajótest lapát tengelye kilépési oldalán, mind az alsó rögzítésnél csapágycsukások vezetnek meg – olyan kialakításúak, hogy több üzemiállapotú automatizált beállításuk biztosítása mellett, folyamatos kihajtási lehetőséget adnak. Az alábbi üzemiállapotokat lehetséges a rendszerrel előállítani:

- normál manőver, amelyben a lapátok párhuzamos kihajtással vezéreltek,
- szűk-fordulók – jobb/bal – , amelynél a külső lapátok, a fordulókör szerint, a belső lapátok kitérését kétszeres szöggel valósítják meg,
- vézfékezési manőver, amelynél a bal és jobb test lapátjai testenként ellenkező kitéréssel vezéreltek,
- kikötési manőverek, amikor a kívánt kikötői oldalra elől az orrsugár kormány, hátul a lapátok beállítása – hasonlóan a szűkfordulós manőverhez – vezéreltek, ezáltal olyan vektorpárt alkotnak, amellyel a hajó a normál haladási irányra merőleges mozgást végez. Mindezek a manőverek olyan vezérlés alatt valósulnak meg, amely három különböző hiba ellenére is képes a manővert – csökkentett hatásfok mellett – biztonságosan végrehajtani.

### 4.5 A KIKÖTŐI OBJEKTUM FEJLESZTÉSE

A kikötői objektumra felállított tervezési feltételek szerint a három alaptípus, valamint az azokra építhető moduláris adapterek segítségével a teljes kikötési és utascserét kiszolgáló rendszert több változatban tervezik, hogy moduláris változatokkal lehessen felépíteni, a helyi alkalmazási feltételeknek megfelelően, figyelembe véve a Duna vízállásának  $\pm 3$  m-es változásaiból adódó szintkülönbségeket, valamint a folyó partfali kialakítását, fél-automatikus korrigálási lehetőség biztosításával.

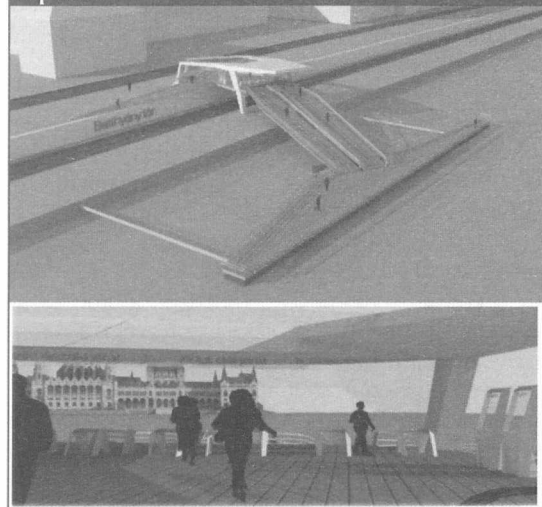
- Az egyik alaptípus, – amely a fővárosi alsó rakpartok elrendezéséhez igazodik – figyelembe kell vegye a rakparti autós forgalom zavartalan áthidalását, mégpedig a várható 6000-7000 fő/órás utascseréigények csúcsidős kiszolgálása mellett. Az eddig a részleteiben is elkészített tanulmányterv, – amely egy végzős ipari formatervező mérnök munkája volt 2009-ben – a Batthyány tér közlekedési és környezeti feltételeire készült (3. ábra).
- A kikötői objektum második típusa az épített ferde és meredek partfali feltételeknek kell megfeleljen mindazon helyeken, ahol a környezetben nincs átmenő forgalom, viszont P+R parkolók elhelyezése, valamint más közösségi közlekedési kapcsolat kialakítása lehetséges.

– A harmadik típust a ki nem épített partfali feltételek szabhatják meg.

Mindhárom típus esetén biztosítottak az alábbi feltételek, megfelelő technikai eszközök beépíthetősége mellett:

- kikötési manővernél hajó tájolása és rögzítése,
- ki- és beszállási folyosók különválasztása utasbeléptető rendszer, valamint parkolási beléptetés, jegy- és helyfoglalási ellenőrzéssel, utastájékoztató rendszer, az objektum partfali rögzítése és kikötési felülegelete (vízállási korrekcióval),
- nagy forgalmú kikötőknél mozgójárda, illetve lépcső beépíthetősége (mozgáskorlátozott feltételekkel).

3. ábra: A tanulmányterv szerinti Batthyány téri kikötői objektum és a meglévő közlekedési kapcsolatok



## 4.6 AZ ÜZEMANYAG-ELLÁTÓ BERENDEZÉSEK

A hajók CNG-meghajtásához szükséges tankoló rendszert, – amely a kikötői objektumra is beépíthető – a külföldi tapasztalatok alapján lehet kialakítani a közlekedési rendszer egyik végállomási kikötőjében. Ez az üzemanyag-ellátó rendszer, amelynek üzemanyaga megújuló energiára épül, a szennyvíz és a háztartási hulladékok újrafeldolgozásán alapulhat, a közösségi közlekedés olcsó és szinte emissziómentes kiszolgálására. A hajózásban elsőként történő bevezetése talán mintaként szolgálhat a teljes közösségi közlekedés költségcsökkentéséhez, valamint az állami környezeti felelősségvállalás növekedéséhez.

A hazánkban már létező és a fővárosi szennyvíz-feldolgozásban alkalmazott hulladék-technoló-

giára épülő rendszert a fejlesztés során az alábbi elemekkel kell bővíteni:

- kikötői alkalmazásra célzott komprimált tároló és gyorstankoló rendszer kialakítása,
- CNG-üzemanyagra alkalmas hajómotor fejlesztése,
- CNG-üzemanyagra alkalmas tárolás megoldása a hajótesten belül.

## 4.7 AZ UTASTÉRI ÉS KORMÁNYÁLLÁSI FELÉPÍTMÉNYEK, ÉS EZEK FŐBB ELEMRENDSZEREI

A hajók felépítményeit a repülésben széleskörűen használt kompozit szerkezetre lehet alapozni. Mivel a tervbe vett formatervi kialakítás egy nagy komforttal bíró és körkilyátást lehetővé tevő utas- és hajóvezetési teret vett célba, komoly szerkezeti elemzések szükségesek mind a hajótestek és utastéri szerkezet, mind pedig az arra ráépített hajóvezetői fedélzeti ház szerkezeti kialakítására is, a megfelelő teherhordó szerkezeti rendszer kialakítása érdekében. A fentiekből adódóan az így kialakított szerkezeten végeselem-elemzéses szimulációval kell ellenőrizni az esetleges hullámjárás feltételek mellett létrejövő terhelési állapotok esetén beálló igénybevételeket.

A kormányálláson belül külön gondot kell fordítani mindazon ergonómiai jellemzők kielégítésére, amelyek a hajóvezetést biztonságossá teszik. Ezek a géptéri automatizálás, valamint a hajóvezetést támogató automatizálási rendszerek, amelyek az éjszakai és a manőverezéseket támogató automatizálási eljárások kezeléséből, valamint jelzéseinek észleléseiből adódóan szükségesek, továbbá az utas-hajóvezető, valamint forgalmi felülegeletek (vízi és közúti) és hajóvezetői párbeszéd szükségessége miatt gyors reakcióidőket igényelnek.

Ezeknek megfelelően a hajózási szolgáltatás háttérének kialakítása megfelelően robusztus on-line információs rendszer (flottadiszpécsér rendszer) kialakítását is igényli. Ez mindenkor képes kell legyen a flotta egyes járműveit vezetők, valamint a járművek és kikötési pontok és az utasok helyfoglalási és automatikus beszállási (valamint P+R) igényeit és jegykezelési szolgáltatásait is kielégíteni. Ezen belül kell kialakítani mindazon kommunikációs eszközöket, amelyek a hajókon, illetve a hajóállomásokon elhelyezve a korszerű utastájékoztatót és helyfoglalási rendszert interaktív kezelési eszközöként szolgálják ki.

## 4.8 A HAJÓK FORMAVILÁGÁNAK KIALAKÍTÁSA

A hajók külső formavilága (4. ábra) azt kívánja kihangsúlyozni, hogy ezek az eszközök megbízható, komfortos, nagy sebességű és környezetbarát módon szolgálják a modern városlakók közösségi mobilitását. Különösképpen igaz ez mind a külső, mind a belső, utastéri felszereltségre. A belső kialakítás és felszereltség a modern luxus-kategóriás autóbuszoknak fog megfelelni a burkolatok, az ülések konstrukciója, valamint a teljes utastéri szolgáltatási rend tekintetében, beleértve az utasok WIFI-hálózatot ellátását és a média nagy képernyős szolgáltatási lehetőségét is.

4. ábra: Előtanulmány a fővárosi gyorshajózási rendszer egyik típusára. (165-személyes hajó)



## 4.9 SOROZATGYÁRTÁSI FELTÉTELEK KIALAKÍTÁSA

A szolgáltatási rendszer főbb prototípus elemeinek megvalósítására, valamint az ezzel kapcsolatos próbák lefolytatására 2013 végéig kerülhet sor, ha a megvalósításhoz szükséges finanszírozási fedezet (magántőke és EU pályázati lehetőségek) rendelkezésre áll.

A konstrukciós tervek kidolgozásában, amelyek a hajókon kívül az összes mintakonstrukciókat felölelik (kikötői objektum, diszpécser rendszer, utasterminálok típusai) több mint 12 cég vesz részt, megfelelő tudományos háttértámogatás mellett. A sorozatgyártási dokumentáció tervezése a prototípus próbák, valamint az azt követő üzemi próbák eredményeként kidolgozott feltételekre épül.

A sorozatgyártás feltételeit a tervezők „elosztott moduláris gyártás” szervezésével kívánják megoldani. A gyártásban olyan KKV szakképeket kell szerepeltetni, amelyek képesek magas minőségi feltételek mellett, pontos határidő megtartásával hatékonyan teljesíteni, olyan emelt szintű minőségellenőrzés mellett, amelyet a tervezők helyi előírásai és személyes ellenőrző tevékenysége biztosít. Ezek alapján megfelelő felfutással a végszerelést végző vállalatnál negyedévenként 2-3 hajó kibocsátásával lehet számolni, azzal a feltétellel, hogy a gyártási rendszerben minden résztvevő KKV megfelelően kidolgozott – napi ellenőrzésű – projektfrissítésű hálótervben tevékenykedik, minőségi és költségkritériumok figyelése mellett.

## 5. TOVÁBBI KILÁTÁSOK

A közlekedési rendszerbe állítandó, mintegy 40 hajóból álló és 28 kikötőt kiszolgáló flottát 4-6 éves teljes felfutással lehet létrehozni, a megfelelő utazási igények függvényében.

Azzal lehet számolni, hogy a hajópark a közösségi közlekedés kiszolgálásán túl, alkalmas lesz a jelenlegi folyami személy- és kisáruszállítás bővítésére és/vagy annak korszerűsítésére is.

Mivel ezek a járművek és az azokat kiszolgáló kikötői és diszpécser rendszer a kor követelményeit elégtik ki, és a jelenlegi folyami járműpark többségében már a technikai és gazdaságossági élettartam határait is jócskán túllépte, fetelelezhető, hogy ez az újgenerációs flotta más rendeltetési célokkal még további objektumtípusok megvalósítását is szolgálhatja. Ezek a fejlesztések remélhetően hozzájárulnak az élhetőbb fővárosi környezet és a környezetkímélőbb közösségi közlekedés, valamint egy tudatos és jövőbe mutató nagyvárosi szemlélet kialakításához. Mindez a Duna megfelelő felhasználásának, valamint a fővárosi emberek és a Duna egészséges és természetszerető kapcsolata visszaállításának részét is képezi.

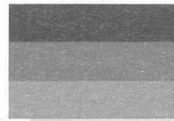
\*\*\*

*(A téma akkor lenne igazán teljes, amennyiben a gazdasági, forgalmi értékeléssel kiegészülne. Így a technikai, hajózási lehetőségek részletezése, a figyelemfelkeltésre, továbbgondolásra ad lehetőséget, ezért adunk helyet irodalomjegyzék hiányában is az írásnak. a főszerk.)*



## The Danube-Express public speed-shiping system Innovation and environment- conscious product development

The introduction of the EU regulations supporting environment-conscious services and products has given an impetus to the search for new and complex solutions in almost all the sectors of industry. Transport is one of the biggest energy consumer and the primary generator of emission. The new means as well as the equipment and systems servicing them appear in almost all sub-sectors of transport bringing the latest achievements of development into our everyday life. The area which is in the biggest need of development is the transport of the suburbs around the capital. As a result of the mobilization of the past few years, the congestion toll which is planned to be introduced will not be able in itself to solve problems, such as the congestion of the roads, and the permanent parking problems in the capital. A group of engineers engaged in the Hungarian research & development has undertaken to find a solution to the problem, by developing a new public transport system, using the Danube for public transport.



## Der Donau-Express: ein öffentli- che Schnellschiffahrt-System Innovation und umweltscho- nende Produktmanagement.

Die Einführung der EU-Vorschriften für die Entwicklung der umweltschonenden Produkten und Dienstleistungen hat fast in allen Gewerben die Suche der neuen und komplexen Lösungen. Fast in allen Teilsektoren des Verkehrs – als einer der größten Energieverbraucher und Emissionsquelle – erscheinen die neue Mittel und deren bedienenden Geräten und Systeme, die die Entwicklungen der letzten Jahren ins unsere Alltagsleben einfügen. Das meisten entwickelnde Gebiet des Heimatverkehrs ist der Agglomerationsverkehr der Hauptstadt. Diese kämpft in den letzten Jahren mit vielen Problemen infolge der Straßenbelastung und der stetigen Parkplatzbelastung, die die Einführung der geplanten Stausteuer auch nicht lösen kann. Ein Ingenieurteam hat als zu seiner Aufgabe in ungarischen F+E (Forschung und Entwicklung) gemacht, dass sie laut des Verbrauches des öffentlichen Donauverkehrs eine Lösung für dieses Problem mit der Entwicklung von einem neuen öffentlichen Verkehrssystem suchen werden.

# KTE

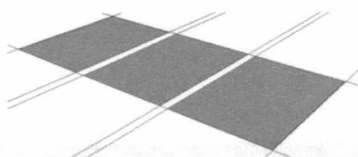
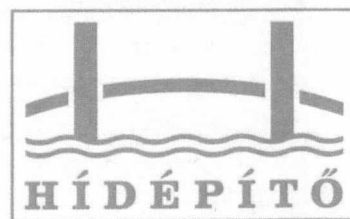
# Támogatóink



Bárczy Kft.



"Forg-Tech" Kft.



Közlekedésfejlesztés Kft.



MÁV VAGON Kft.



# Támogatóink

**MAGYAR  
ASZFALT**



**M L**  
MÉLYÉPÍTŐ LABOR KFT.

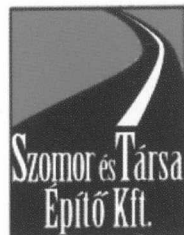
**Morgan Carbon**  
A DIVISION OF MORGAN CRUCIBLE



**VOLÁN ZRT. NÓGRÁD**



**SPECIÁLTERV**  
ÉPÍTŐMÉRNÖKI KFT.



**TS**  
Hungaria



**T** Transinvest  
Budapest



Unitranscoop Fuvarozó és  
Szolgáltató Kft.

**Vértes**  **Volán Zrt.**

**VOLÁNBUSZ**



