

# Havária jelenség hatása Budapest forgalmára

A városi közlekedés és annak közvetlenül érintő hatásainak vizsgálata, valamint a javaslatok alkalmasnak adnak a felkészülésre és a komplikációk mérséklésére.

<https://doi.org/10.24228/KTSZ.2021.5.2>

**Szabó Zsombor<sup>1</sup> – Uti Gábor<sup>2</sup> – Dr. Sipos Tibor<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>BME Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar, Közlekedéstechnológiai és Közlekedésgazdasági Tanszék – KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft., Központi Közlekedésszervező Iroda

<sup>2</sup>Relativegap Hungary Kft.

<sup>3</sup>BME Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar, Közlekedéstechnológiai és Közlekedésgazdasági Tanszék – KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft., Mobilitás Kutatóközpont,  
e-mail: szabo.zsombor@kjk.bme.hu, gabor.uti@relativegap.com, sipos.tibor@kjk.bme.hu

## 1. BEVEZETÉS

A közúthálózat megfelelő működését korlátozó külső hatások szempontjából leginkább kritikusnak minősülő közúthálózati elemek analizálására irányuló módszertant mutatunk be. Egy fiktív, Budapestet is érintő katasztrófa hatását vizsgáltuk [5] forgalmi szempontból a már rögzített forgatókönyvek mentén. A vizsgálatok során cél volt, hogy a káresemény forgalmi áramlatokra, utazási időkre, torlódásokra és a hálózat egyes részeinek elérhetőségére gyakorolt hatását megbecsüljük. Budapest térségére jelenleg operációs modell nem létezik. A kiindulási állapot a BKK Zrt. által karbantartott Egységes Forgalmi Modell (EFM) biztosította, amely egy makrószintű stratégiai modell, és mint ilyen, elsősorban a Budapesten és az agglomerációban tervezett infrastruktúrális fejlesztések hatásának becsléséhez nyújt validált, szakmailag stabil és megbízható állapot. A vizsgálatok speciális jellege megkövetelte a modell jelentős átalakítását. A létrehozott modellváltozat alkalmas a jelenlegi csúcsidei közúti forgalmak megjelenítésére, valamint a vizsgált események várható hatásának bemutatására az egyes hálózati elemeken (százelékos, valamint abszolút változások az óras

forgalmakban). A kutatás a közúthálózat hatékony működését korlátozó rendszerszintű külső tényezők vizsgálatára irányul, mint például a természeti csapások következményeként előálló vészhelyzetek. Ezzel összhangban a vizsgálat elsődleges célja a leginkább kritikusnak minősülő közúthálózati elemek azonosítása és rangsorolása. A kritikus kommunikációs hálózati elemek azonosítását célzó módszertani keretek meghatározására irányult a [6]-ban bemutatott kutatás. Ennek alapvető célja a hálózati elemek működőképességét veszélyeztető sérülések hatásának becslése volt, valamint a teljes hálózat működőképességét leginkább befolyásoló ügynevezett kritikus elemek azonosítása. Az általános hálózati megfontolások vizsgálatán túlmutat a [2] vizsgálata, amely már kifejezetten a közúthálózat sérülékeny elemeinek azonosítására fókuszál. A [3] pedig közvetlenül a katasztrófák és a váratlan természeti jelenségek közúthálózatra gyakorolt hatásának becslését végezte el. Látható tehát, hogy a közúthálózat gyenge pontjainak azonosítására irányuló módszereket a nemzetközi szakirodalom széles körben vizsgálta [1], illetve vizsgálja, azonban a hazai hálózat zavarérzékenységének csökkentéséhez elengedhetetlen a vizsgálati módszertan hazai

rendszerkörnyezetbe történő adaptálása. Az első részben a vizsgálati modell felépítését mutatjuk be, ezt követően az alkalmazott eljárásokat ismertetjük, majd az utolsó részben az eredmények értékelését végeztük el.

## 2. A VIZSGÁLT HÁLÓZAT LEHATÁROLÁSA, FELÉPÍTÉSE, FORGATÓKÖNYVEK AZONOSÍTÁSA

A forgalmi modellezés a forgalmi áramlatokra, utazási szokásjellemzőkre jelentős befolyást gyakorló beavatkozások hatásának becslésére szolgáló döntéstámogató eszköz, amely több, jól elkülöníthető részre bontható. Ezek: a vizsgálat hatásterületét forgalmi körzetek segítségével leképező **területi modell**; a forgalmi körzetek közötti utazási igényt leíró **igény modell**; valamint a forgalmi körzetek között az utazási igények megvalósulását lehetővé tevő **hálózati modell**. A hálózaton ténylegesen megvalósuló utazásokat, illetve az útvonalválasztást a ráterhelési eljárás teszi lehetővé. A jelenlegi forgalmi igények megismerése, a területi és a hálózati modell megfelelő kialakítása és az utazási szokásjellemzőket leíró összefüggések feltárása segítségével leképezzük a jelenlegi állapotot, amely így a jövőbeli fejlesztések/ változások hatását is nagy biztonsággal vetíti előre. Jelen forgalmi vizsgálat a széles körben alkalmazott és validált PTV VISUM szoftver segítségével készült.

### 2.1. A modell alapjai – EFM

A modell alapját a BKK által létrehozott és folyamatosan karbantartott Egységes Forgalmi Modell (EFM) képezi, ez egy olyan makrószintű forgalmi modell, amely a Budapesten és agglomerációjában tervezett fejlesztések vizsgálatához nyújt szakmailag stabil, validált és egységes alapot. Az EFM tartalmaz minden közösségi közlekedési viszonylatot, az általuk bejárt útvonalakat és a főbb gyűjtőutakat a térségben. A területi és hálózati modell összesen 1200 forgalmi körzetből (zone), 16000 csomópontból (node), 30000 szakaszból (link) – ezek 45 különböző úttípusba sorolva – és 90000 kanyaradó mozgásból (turn) épül fel.

### 2.2. Útvonalválasztás

A közúti ráterhelési eljárások alapját az útvonalkereső eljárások (gráfelméleti algoritmusok) adják, amelyek a hálózat két pontja, illetve két forgalmi körzet középpontja közötti első vagy első „ $k$ ” darab „legrövidebb” útvonalakat keresik meg a hálózati elemek (szakaszok, csomópontok) ellenállásértékeinek figyelembevételével alapján. Az útvonalválasztás egy többdimenziós költségfüggvény minimumát keresi, amelynek elemei között van fix érték (útdíj, távolság stb.) és változó költségelem, ez a hálózat terheltségétől (kapacitás kihasználásától) függő utazási idő.

### 2.3. Utazási idő számítása

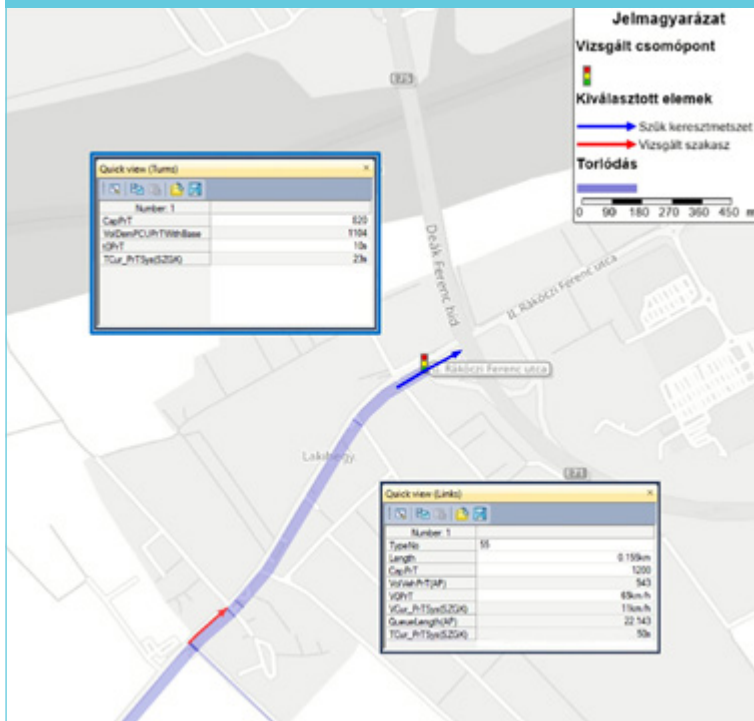
Az utazási idő számítása forgalomnagyság-késedelem (VDF) görbe segítségével történt. A forgalomnagyság-késedelem függvény (Volume – Delay Function) minden hálózati elemhez az aktuális kapacitáskihasználás függvényében rendel hozzá egy aktuális utazási időt. A forgalom növekedésével az utazási idő is nő, a sebesség pedig folyamatosan csökken, de sosem éri el a 0 értéket. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a modell nem kapacitáskorlátos, vagyis az utazási idő növekedése mellett tetszőlegesen nagy forgalom áthaladhat egy adott hálózati elemen.

Valós forgalmi viszonyok között, ha a forgalom eléri a kritikus értéket, a lefolyása zavarttá válik, a sebesség csökken és kialakul a torlódás. Torlódott állapotban a relatív mértékben alacsony tényleges forgalomnagyság mellett is jelentős idővesztés képződik. A városi közegben kulcsfontosságú torlódások leképezéséhez a meglévő modellt jelentősen át kellett alakítani.

### 2.4. Visszatorlódási eljárás működése

A torlódások kezelésére, leképezésére az EFM modell – kialakításából adódóan – nem képes, így a kapacitáshiányos szakaszok megjelenítése vagy a hálózat bizonyos részeinek kapacitásvesztése nem megfelelően reprodukálható. A kapacitáscsökkentett elemen kialakuló sebességet a program modellezi, azonban a

1. ábra: Visszatorlódási eljárás működése



sebessége, illetve a kanyarodó mozgások alapvető időbüntetési vagy a forgalomnagyság-késedelem görbék alakja ebben a munkában nem vizsgáltuk felül. Ugyanakkor elkerülhetetlen volt a VDF görbék időtényezőjének megváltoztatása az órásráterhelésnek megfelelően. Ezután teszt-futtatások segítségével azonosítottuk azokat a hálózati elemeket, ahol a napi forgalmi igények mellett korábban az esetleges hibás paraméterezés hatásai rejtve maradtak, egyedileg felülvizsgáltuk ezen hálózati elemek kapacitását (összesen közel 2000 szakasz, valamint 41000 kanyarodási mozgás kapacitását irtuk felül). Az iménti

hálózat többi elemének kapacitáskihasználása változatlan, így azokon az utazási idő is változatlan. Ennek okán a teljes útvonal időnövekedése messze elmarad a tényleges várható hatástól, mivel a kapacitáskorlátos elem előtti torlódás teljesen hiányzik. A kapacitáshiányos elemek okozta torlódások kezeléséhez a következő jelentős átalakításokat kellett elvégezni.

Első lépésként a rendelkezésre álló átlagos napi forgalomnagyság (ÁNF) értékekből csúcsórai (MOF) forgalmat generáltunk, amit a vizsgálat fókuszpontjában álló M0 autótúvonalhoz MOF/ÁNF értéke alapján határoztunk meg, és ez iránytól függetlenül hozzávetőlegesen a napi forgalom 10%-a. Ezt az arányt az egész hálózatra kiterjesztettük. A csúcsidei forgalmak vizsgálata mellett szükséges volt egy kevésbé terhelt állapot vizsgálata is, amihez egy csúcsidőn kívüli (MOF=0,7) forgalmi igényt állítottunk elő.

A hálózat olyan alapvető keretparamétereit, mint az úttípusok kapacitása, megengedett

lépések végrehajtását követően nyílt lehetőség a „Visszatorlódási” eljárás alkalmazására. A torlódást kezelő modell működését ezután a csúcsórai időszak mellett a M0 autótúvonal halásztelki csomópontjánál szemléltetjük (1. ábra).

A 1. ábra késsel jelölt „szűk keresztmetszet” kapacitása lényegesen kisebb, mint az adott irányban lévő utazási igény (820 [Ejm/ó], illetve 1104 [Ejm/ó]). A többlet-idővesztés a túlterhelt elem 13 másodperc (10mp→23mp). A hagyományos eljárás itt meg is állna, és a kapacitáshiányos elem mellett többlet-idővesztés nem jelentkezne. A Blocking Back eljárásnak köszönhetően azonban a kapacitáson felüli járművek visszatorlódhatnak a késsel jelölt szakaszokon, ezáltal ezeknek az egyb-

1 Visszatorlódási eljárás – Blocking back: a torlódások vagy események okozta kapacitás csökkenése a közúti infrastruktúrán és annak hatása a teljes modellezett hálózaton. A torlódási hullám terjedésének modellezéséhez, a torlódási visszahatást időbeli gradiensek módszerrel alkalmazzák az útválasztás során.

ként kapacitástartalékkal rendelkező szakaszoknak a sebessége is csökken (lásd pirossal jelölt szakasz).

A teljes eljutási idő így nem csak a túlterhelt elemen nő drasztikusan, hanem az alkalmazott eljárás következtében a torlódások modellben való leképezése a környező hálózati elemekhez is megnövekedett utazási időt rendel.

## 2.5. A modell validálása

A modell helyes működését a keresztmetszeti forgalmak megfelelőse mellett az útvonalválasztás és az eljutási idő ellenőrzése teszi lehetővé. A modell validálására és a különböző verziók utazási idő változásainak bemutatására hat útvonalat választottunk ki, amelyek, a 2. ábrán láthatók.

Az útvonalakat rögzített elemeken keresztül vezettük, így elkerülve, azt hogy az esetleges útvonalválasztásban jelentkező eltérés az egyes állapotok későbbi összehasonlíthatóságát nehezítse. A választott útvonalak utazási időértékeit az 1. táblázat tartalmazza, a modellben és a Google Maps útvonaltervezőjében kapott értékek összehasonlításával.

1. táblázat: Útvonalak eljutási ideje

Közbenső pont	Csúcside		Csúcsideon kívül	
	Google Maps	Visum	Google Maps	Visum
<b>(1) M0 autótűt</b>				
Háros	9...12	13min 6s	9...12	10min 17s
M5	18...24	26min 37s	18...24	20min 42s
M4	24...35	35min 55s	24...35	27min 43s
<b>(2) M6-6.sz.fűt-Budafoki út-Petűfi hid-Boráros tér-Soroksár</b>				
Savoya park	10...16	15min 47s	8...14	12min 25s
Boráros tér	20...35	29min 1s	14...26	20min 57s
Alsónémedi	36...65	55min 54s	28...50	40min 59s
<b>(3) Diűsd-Balatoni út-Nagyszűlűs utca-Petűfi hid-Csepel</b>				
Nagyszűlűs u.	18...35	36min 50s	14...22	17min 57s
Boráros tér	25...51	45min 53s	19...34	25min 49s
Halásztelek	43...91	76min 45s	35...62	49min 12s
<b>(4) M1-Egérűt-Szeremi út-Rákűci hid-Nagykűrosi út</b>				
Egérűt	6...9	8min 19s	5...7	5min 30s
Gyűli út	20...40	31min 51s	16...26	19min 9s
M5-M0	30...56	50min 31s	26...42	32min 27s
<b>(5) M1-Egérűt-Szeremi út-Rákűci hid-Ferihegyi gyorsforgalmi út</b>				
Egérűt	6...9	8min 19s	5...7	5min 30s
Gyűli út	20...40	31min 51s	16...26	19min 9s
M4	40...75	59min 31s	32...50	37min 28s
<b>(6) M1-Tűrűkbűlűnt-Szabadság utca-Angeli utca</b>				
Tűrűkbűlűnt	7...12	8min 50s	7...9	7min 20s
Diűsd	12...18	18min 21s	12...14	10min 57s
Nagytűtűnyi út	16...24	22min 19s	16...18	14min 47s

2. ábra: Modell validálásához választott útvonalak



## 3. VIZSGÁLAT

A vizsgálat fókuszában az M0 autópályát déli Duna-hídjai állnak. A kutatási projekt keretein belül több különböző forgatókönyv hatásait elemeztük és hasonlítottuk össze a jelenlegi állapothoz képest, de terjedelmi okokból csak három releváns forgatókönyvet fejtünk ki, amelyek leírását a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat: Vizsgált forgatókönyvek leírása

Forgatókönyv	Leírás
SC4	Haraszi Duna-híd kapacitása 30%-kal csökken.
SC5	Haraszi Duna-híd kapacitása 50%-kal, Budapesti hálózat kapacitása 25%-kal csökken.
SC6	Haraszi Duna-híd kapacitása 100%-kal, Budapesti hálózat kapacitása 50%-kal csökken.

### 3.1. A vizsgálat szempontrendszere

A különböző változatok kiértékeléséhez alapvetően négy értékelési metódust dolgoztunk ki:

- **A várható torlódások bemutatása.**
- **Eljutási idő változása;** a hálózat egy ki-

választott pontjához képest mennyire változott meg a különböző térségek elérhetősége.

- **Utazási idő változása;** a validáláshoz használt útvonalakon tapasztalható eljutási idők változása.
- **Összesített utazási idő változása;** iránytól és célponttól függetlenül egy-egy körzet összes utazásában bekövetkező százalékos változás.

## 4. EREDMÉNYEK

### 4.1. Negyedik forgatókönyv (Haraszi Duna-híd kapacitása 30%-kal csökken)

A 3. ábrán pirossal az újonnan kialakuló torlódásokat, szürkével a jelenlegi és a kapacitáscsökkentett esetben is meglévő torlódásokat, míg zölddel a csökkenő torlódásokat jelöltük.

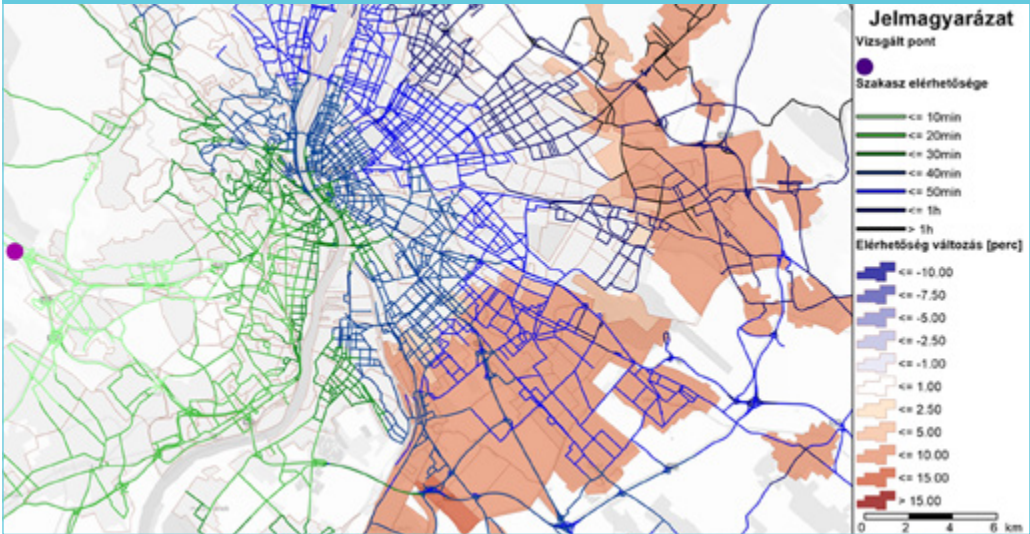
Csúcsórai igények mellett a kapacitást veszített híd környezetében jelentős torlódások várhatók. A város belső területén kismértékű változásokra lehet számítani.

A 4. ábrán a körzetek jelenlegi állapothoz viszonyított elérési idejének növekedése látható.

3. ábra: Kialakult torlódások (SC4)



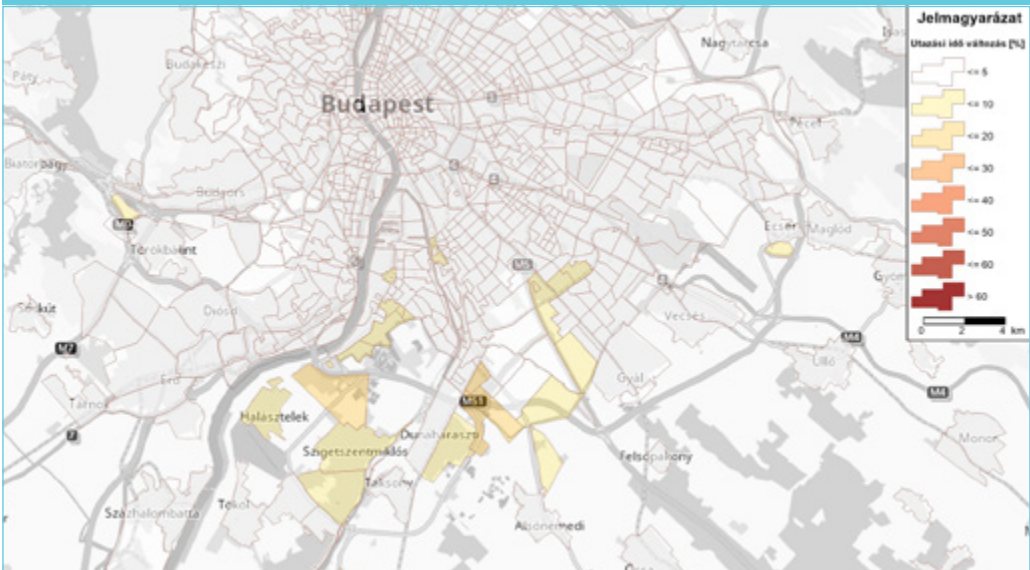
4. ábra: Eljutási idő változása (SC4)



A Haraszi híd kapacitáscsökkenése elsősorban az M0 autópálya térségében okoz érdemi változást, de az eljutási idő növekedése szinte sehhol sem éri el a 15 perces értéket. Az összesített eljutási idők romlását a 5. ábra mutatja be.

Látható, hogy elsősorban a híd közvetlen közelében található településrészek szenvednek el a legnagyobb arányú, eseteként a 20%-ot meghaladó összesített utazási idő növekedést.

5. ábra: Körzetek elérési idejének fajlagos változása (SC4)



6. ábra: Kialakult torlódások (SC5)

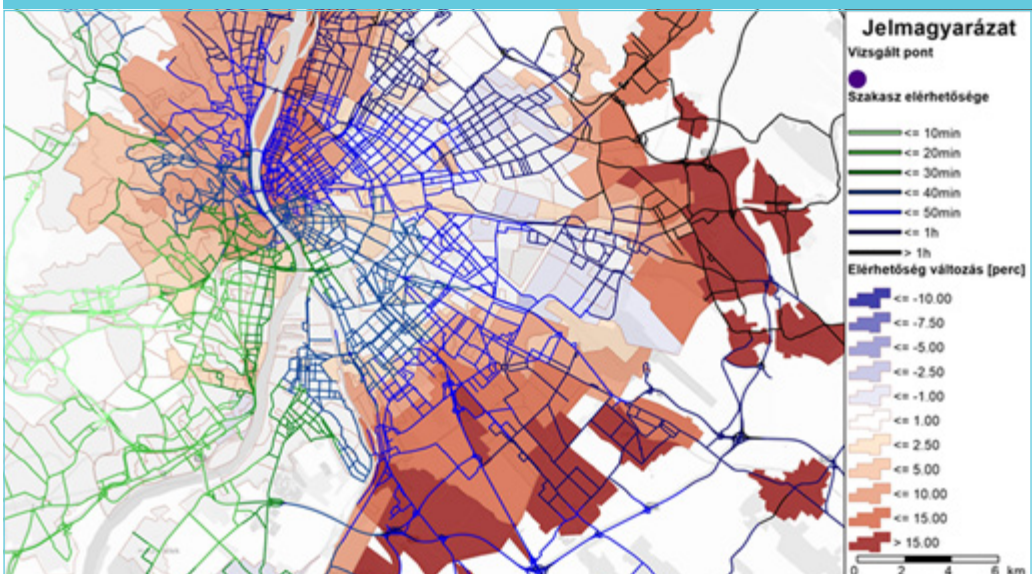


## 4.2. Ötödik forgatókönyv (Haraszi Duna-híd 50%-kal, budapesti hálózat kapacitása 25%-kal csökken).

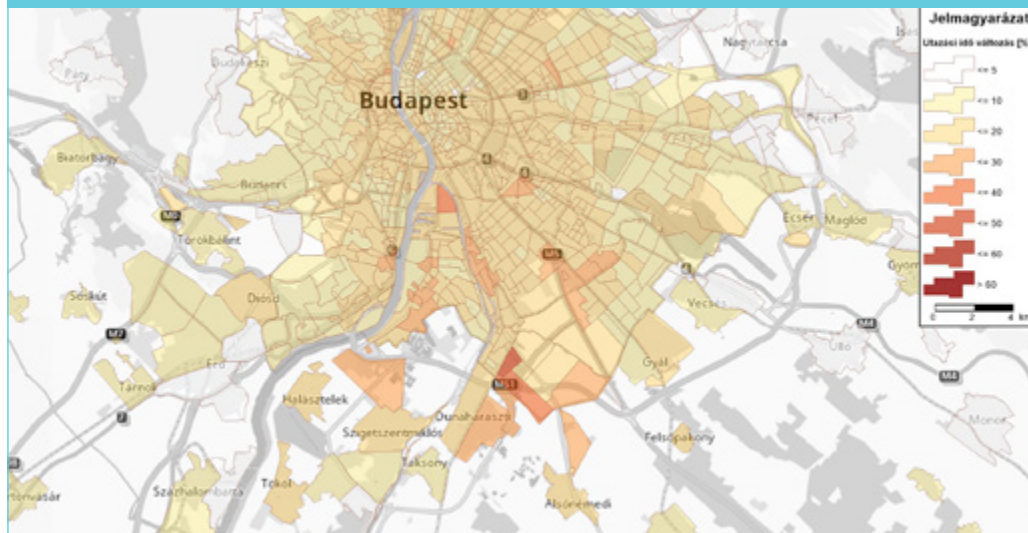
A 6. ábrán a vizsgált forgatókönyv esetén kialakuló torlódásokat szemléltetjük.

Az 50%-os kapacitáscsökkenés hatására a hídra vezető szakaszokon jelentős, több-kilométeres torlódások várhatók a csúcsórai igények mellett, és a város belső területeit is érő katasztrófa-helyzeti torlódásokhoz vezet az egész hálózat. A 7. ábrán a körzetek jelenlegi

7. ábra: Eljutási idő változása (SC5)



8. ábra: Körzetek elérési idejének fajlagos változása (SC5)



állapothoz viszonyított elérési idő növekedése látható.

Az eljutási idő változása a vizsgált csomópontból a dél-pesti régióban már meghaladja a 15 percet, és Budapest belső és északi kerületei esetén is jelentős elérhetőség-romlás várható.

Érdemes megjegyezni, hogy a külsőbb részeken kialakuló torlódások a belváros egyes régióit némileg tehermentesítik, így az eljutási idő néhány desztinációban nem változik érezhető mértékben. A 8. ábrán iránytól függetlenül jelennek meg az egyes körzetek összes utazásának összesített idejében várható fajlagos változások (szgk járműrétegre nézve).

Az ötödik forgatókönyv esetén mindenhol jellemzően 15-30%-os utazásiidő-növekedés várható, a katasztrófa sújtotta híd közvetlen környezetében, illetve Dél-Pest, valamint Csepel térségében ennél is nagyobb, akár 40-60%-os összesített idővesztés várható.

### 4.3. Hatodik forgatókönyv (Haraszti Duna-híd 100%-os kapacitást veszít, budapesti hálózat kapacitása 50%-kal csökken)

A 9. ábrán piros színnel a vizsgált változások hatására újonnan kialakuló torlódásokat, szürkével a jelenlegi és a kapacitáscsökkentett esetben is meglévő torlódásokat, míg zölddel a csökkenő torlódásokat lehet látni.

A Haraszti híd lezárása, valamint a városi hálózat 50%-os kapacitáscsökkenése következtében jelentős torlódások alakulnak ki a teljes hálózaton, különösen a belváros térségében és a sugár irányú, nagy forgalmat lebonyolító főutakon. Az M0 autópályán Haraszti Duna-hídjának „lezárása” okán a modellezett forgalom – hasonlóan a harmadik forgatókönyvhöz – alternatív útvonalat keres, és nem a híd közvetlen környezetében torlódik fel. A 10. ábrán látható a vizsgált csomópont elérhetőségének változása a csúcsidei igények mellett.

A városi hálózat kapacitáscsökkenése már a belső körzetek elérhetőségében is jelentős változást eredményez. Emellett a Haraszti híd teljes kapacitásvesztése miatt a dél-pesti régiók elérhetősége különösen nagy mértékben romlik. A hatodik forgatókönyv során vizsgált kapacitásvesztés esetén az egész hálózaton drasztikus utazásiidő-növekedés várható (11. ábra).



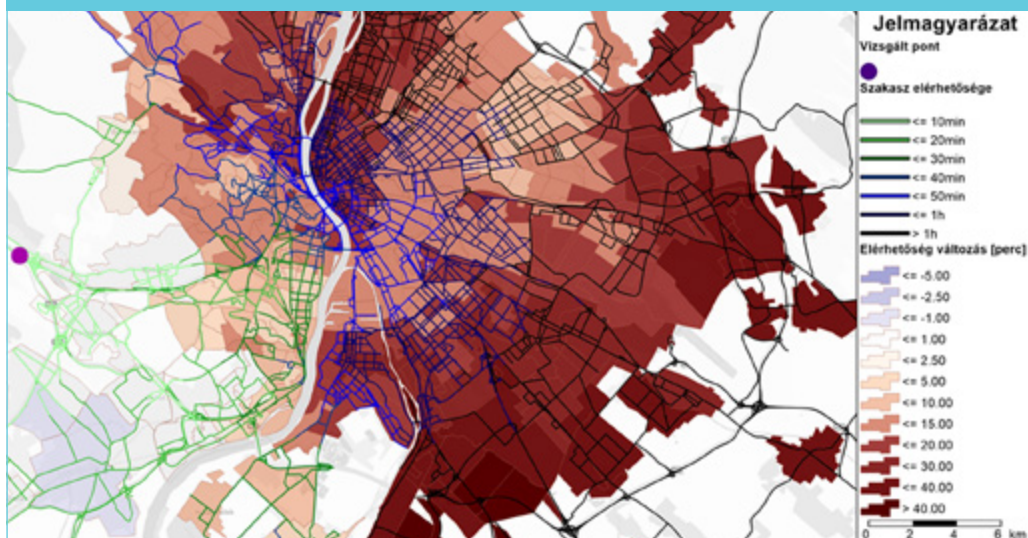
9. ábra: Kialakult torlódások (SC6)



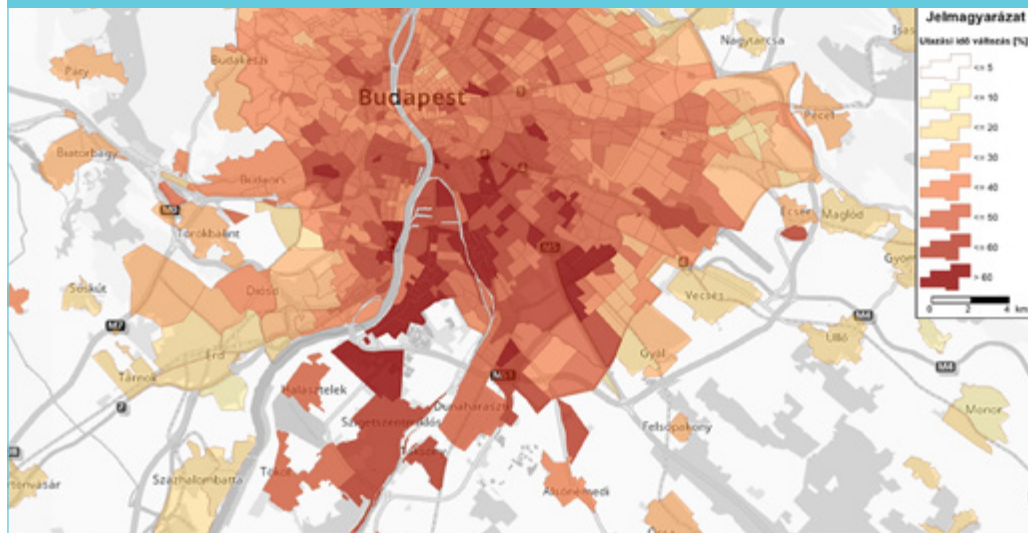
A legnagyobb veszteségek a dél-pesti régióban jelentkeznek, de kevésbé koncentrált módon, mint a Hárosi híd lezárásakor. Ennek oka, hogy az utazások eltérően oszlanak meg az egyes körzetekből, valamint az, hogy a

Haraszti híd jelentős kapacitásvesztése az átmenő forgalmat eltereli az M0 déli szektorából, ez részben csökkenti a dél-budai régióban várható torlódásokat.

10. ábra: Eljutási idő változás (SC6)



11. ábra: Körzetek elérési idejének fajlagos változása (SC6)



## 5. ÖSSZEFOGLALÁS

### 5.1. Eredmények

Az utazási lehetőségek romlását szemléletesen mutatja be a vizsgálatunk, ahol a modell validálására használt útvonalak aktuális eljutási idejét gyűjtöttük le a különböző változatok esetén.

A 3. táblázatban az útvonalakat a teljes hosszukban tapasztalható összesített utazási idő változása szerint mutatjuk be. Így az esetleges idővesztések konkrét helye és mértéke nem jelenik meg.

3. táblázat: Eljutási idő változása a vizsgált útvonalakon [perc]

Útvonal	Eljutási idő változása a vizsgált útvonalakon [perc]		
	SC4	SC5	SC6
1	8,1	17,7	-
2	-1,6	1,1	22,4
3	1,8	7,9	38,2
4	0,1	8,5	35,0
5	-0,4	5,5	31,6
6	-4,9	-4,9	-5,5

A vizsgálat fókuszában álló M0 autópályát utazási ideje minden változatban jelentős 8-20 perc közötti értékkel nő, míg a 6. forgatókönyv esetén ez az útvonal járhatatlan.

A 2-5. útvonalak az M0-sal „párhuzamos” alternatív, Budapesten belüli útvonalakat jelenítik meg. Itt szinte minden esetben jelentős idővesztés várható, amely esetenként megközelítheti az egy órás értéket.

A 6. útvonal a katasztrófa sújtotta övezeten kívül helyezkedik el. A belső városrészen, valamint különösen az M0 nyomvonalán kialakuló torlódások miatt ebben a térségben csökken a forgalmi terhelés, így az eljutási idők itt minden változat esetén csökkennek.

A vizsgálatok során mind a csúcsidei, mind az átlagos óras forgalmak mellett számszerűsítettük is a várható költségeket, mint az utazási idő változásából adódó veszteségértékeket, vagy a futásteljesítmény változást. Ezeket összefoglalóan, táblázatba rendezve a következőkben ismertetjük. A 4. táblázat az óras vizsgálatokból számított napi értéket jeleníti meg.

Az utazási idő fajlagos értékét az Innovációs és Technológiai Minisztérium költség-haszon

4. táblázat: Mutatószámok összehasonlítása

	SC4	SC5	SC6
Zóna elérési idő változása [%] (maximális érték)	19,46	40,47	96,16
Zóna elérési idő változása [%] (átlagos érték)	0,77	9,85	37,39
Futásteljesítmény (szgk) [km]	-15 224	15 700	-39 104
Futásteljesítmény (tgc) [km]	-753	-1 533	163 509
Hálózaton töltött idő (szgk) [h]	4 676	73 451	363 313
Hálózaton töltött idő (tgc) [h]	1 264	5 190	26 755
Utazási idő veszteségértéke szgk [millióFt]	34,75	545,85	2 699,97
Utazási idő veszteségértéke (tgc) [millió Ft]	11,27	46,28	238,60
<b>Összegzett utazási idő veszteségértéke [millió Ft]</b>	<b>46,02</b>	<b>592,14</b>	<b>2 938,57</b>

elemzési útmutatója alapján határoztuk meg (ITM, 2016). Valamennyi utazást a munkamotivált utazásokhoz tartozó értékkel számoltuk. Az euró – forint átváltást 2021.04.30-ai MNB árfolyam alapján 359,59 Ft/euró árfolyamon végeztük el. Személygépkocsi esetén az utas/jármű értéket 1,2-nek, tehergépkocsi esetén 1-nek vettük.

A táblázat alapján megállapítható, hogy a hálózaton töltött idő minden esetben nő. Ugyanakkor a 4. forgatókönyv esetében, mivel az M0 Duna-hídjainak 30%-os kapacitáscsökkenése még nincs érezhető hatással az útvonalválasztásra, a futásteljesítmény érdemben nem változik. Az M0 autópályán átlagsebességének csökkenése a rövidebb, de lassabb, belvárost átszelő útvonalakra tereli a forgalom egy részét, ami bizonyos relációkban az utazási távolság csökkenéséhez vezethet.

Az 5. forgatókönyvben vizsgált változások a belvárosban is kialakuló torlódások miatt jelentős futásteljesítmény-növekedést eredményeznek a teljes hálózaton.

A 6. forgatókönyv esetén az M0 autópályán déli szakasza átjárhatatlan, ezért annak teljes forgalma az egyébként is csökkentett kapacitású belvárosi hálózatot terheli, ezzel rendkívül nagy mértékben megnövelve mind a futásteljesítményt, mind a hálózaton töltött időt.

## 5.2. Fejlesztési lehetőségek

A jelenlegi forgalmi vizsgálatnak komoly korlátot szabott a rendelkezésre álló idő. Ezért a kiindulási alapon csak a legfontosabb változásokat tudtuk végrehajtani. A vizsgálatok fő korlátját jelentő napi forgalmi terhelést átalakítottuk időszakokra, valamint a hálózatot a vizsgálat szempontjából kritikus területen pontosítottuk, és felkészítettük az eljárást a torlódások kezelésére. Ugyanakkor számos további hatás még rejtve marad, a legfontosabb fejlesztési területeket – a teljesség igénye nélkül – foglaljuk össze.

### • Hálózat

Ahhoz, hogy a vizsgálatokat ki tudjuk terjeszteni, valamint az eredményeket pontosítani lehessen, az alábbi fejlesztéseket kell végrehajtani:

- A hálózat kibővítése minden szilárd burkolatú szakasszal.
- A kapacitáshiányos elemek pontosabb azonosítása, paraméterezése a teljes hálózaton.
- Az agglomerációs hálózat leképezése.

### • Forgalomlefolysis

A forgalomlefolysis tekintetében további előrelépést jelenthet az egyszerűsített, mértékadó órás forgalomleképezés helyett tetőszöveges napszakra előállított aszimmetri-

kus forgalmi terhelés figyelembevétele akár egymást követő több időszakra is (éjszaka, reggeli csúcóra, délutáni csúcóra stb.) a 2019. évi budapesti és agglomerációs háztartásfelvétel alapján. A jelenlegi fiktív óras forgalmi vizsgálatok egymástól függetlenül, a vizsgálat kezdetén torlódásmentes hálózaton történnek. Egy beavatkozás (például egy híd kapacitásának csökkentése) így csak az adott ráterhelési időszakban fejt ki hatását. Ha több, egymást követő időszak valós óras forgalmi igényeit terhelnénk a hálózatra úgy, hogy az adott időszak kezdetén az előző időszak forgalmi terhelése jelentené a kiindulási állapotot, akkor az adott időszak útvonalválasztása már a terhelt állapot mellett történhetne. Jelentősebb mértékű torlódásokat, valamint az alternatív útvonalak felértékelését eredményezve. Emellett az átlagos napi forgalom teljes – időszakkal történő – leképezése lehetőséget biztosítana arra, hogy az egyes időszakok eltérő forgalmi igényei mellett megfigyelhessük a torlódások kialakulásának és eltűnésének folyamatát. Ez lehetővé tenné tehát a teljes napi forgalomlefolys változásának vizsgálatát úgy, hogy az egyes időszakokban kialakult torlódások a következő időszak forgalmi áramlataira is hatást gyakorolnak, ezáltal a katasztrófavédelem hatásaira pontosabb becslést lehetne adni. Igény esetén vizsgálhatóvá válna a katasztrófa elhárítási időszakigényteléből adódó teljes veszteség, ha a helyreállítás becsült idejét is figyelembe vesszük. Az EFM jelenleg átlagos napi forgalmi igénytel dolgozik, de a módszertan lehetőséget biztosít további, szezonális hatás vagy héten belüli ingadozás figyelembevételére.

## • Eljárás és eredmények

Az eljárás továbbfejlesztése és a bemutatott eredmények bővítése esetében a következő lehetőségek adóttak:

- Szükség esetén speciális, katasztrófavédelmi réteg (járműtípus) kidolgozása (személygépjárműtől eltérő sebesség, párhuzamos villamos sín, buszsáv vagy ellenkező irányú sáv figyelembevétele az útvonalválasztásnál, torlódásokon való gyorsabb áthaladás stb.).
- A vizsgálat kiterjesztése a megrendelővel egyeztetett pontokra/relációkra (például:

katasztrófavédelmi központok elérhetősege, mentési pontok elérhetősege).

- Hosszabb távú hálózati sérülés esetén az utazási igénytel változásának becslése.
- A személygépjármű-forgalomra gyakorolt hatás mellett a közösségi közlekedésben okozott fennakadások vizsgálata (például: autóbusszal utazók veszteségei, megnövekedő várakozási- és menet-idők).
- A katasztrófavédelem elhárításának becsült idejének figyelembevétele.
- Az egymást követő időszakok folytatós vizsgálata esetén az előző időszak eredményeinek figyelembevétele.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzők köszönik az A KEHOP-1.1.0-15-2016-00003 Katasztrófa-kockázattérkeles rendszer, OKF-BME ÉPK valamint az OTKA-K-134760 projekt támogatását.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Barsi, Árpád ; Kugler, Zsófia ; Juhász, Attila ; Szabó, György ; Batini, Carlo ; Abdulmuttalib, Hussein ; Huang, Guoman ; Shen, Huanfeng (2019): Remote Sensing Data Quality Model: from data sources to lifecycle phases, International Journal Of Image And Data Fusion pp. 1-30. , 30 p. DOI: <https://doi.org/f9v8>
- [2] Leal, E., Oliveira, D., & Porto, W. (2014). Determining Critical Links in a Road Network: Vulnerability and Congestion Indicators. Procedia-Social and Behavioral Sciences PANAM, 162, 158–167. doi: DOI: <https://doi.org/f938>
- [3] Luathep, P. (2013). Identification of Critical Locations in Road Networks due to Disasters. Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 9. <http://easts.info/on-line/proceedings/vol9/PDF/P42.pdf>
- [4] Módszertani útmutató egyes közlekedési projektek költség-haszon elemzéséhez”. Nemzeti Fejlesztési Minisztérium, 2016.
- [5] Simon, J ; Vigh, LG (2017): Seismic Reliability Assessment of Typical Road Bridges in Hungary, JOURNAL OF

EARTHQUAKE ENGINEERING 21 : 0 pp. 1-29. , 29 p. DOI: <https://doi.org/f94b>

- [6] Sufyan, N., Saqib, N. A., & Zia, M. (2013). Detection of jamming attacks in 802.11

b wireless networks. EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, 2013(1), 208. doi: DOI: <https://doi.org/f939>



## The effect of hazard events on the traffic of Budapest

In this article, we present a methodology for the analysis of the road network elements that are considered to be the most critical in terms of external effects limiting the proper operation of the road network. The aim of the investigation was to estimate the impact of the damage on traffic flows, travel times, congestion, and the accessibility of certain parts of the network. There is currently no operational model for the Budapest area. The created model version is suitable for displaying the current peak road traffic and for presenting the expected impact of the investigated events on each network element. The present research focuses on the examination of systemic external factors limiting the efficient operation of the road network, such as emergencies occurring as a result of natural disasters.



## Die Auswirkungen von Havarie-Erscheinungen auf den Verkehr von Budapest

In diesem Artikel stellen wir eine Methodik zur Analyse der Straßennetzelemente vor, die in Bezug auf externe Effekte, die den ordnungsgemäßen Betrieb des Straßennetzes einschränken, als die kritischsten angesehen werden. Ziel der Untersuchung war es, die Auswirkungen der Schadenereignisse auf Verkehrsflüsse, Fahrzeiten, Staus und die Erreichbarkeit bestimmter Netzteile abzuschätzen. Für den Raum Budapest steht derzeit kein Betriebsmodell zur Verfügung. Die erstellte Modellversion eignet sich zur Darstellung des aktuellen Spitzenverkehrs im Straßenverkehr und zur Darstellung der zu erwartenden Auswirkungen der untersuchten Ereignisse auf die einzelnen Netzelemente. Die vorliegende Forschung konzentriert sich auf die Untersuchung systemischer externer Faktoren, die den effizienten Betrieb des Straßennetzes einschränken, wie beispielsweise Notfälle infolge von Naturkatastrophen.

