

LXXI. ÉVFOLYAM 2. SZÁM
2021. ÁPRILIS

KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI SZEMLE



A KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI EGYESÜLET SZAKLAPJA
ALAPÍTVÁ 1951-BEN

VÁLASZTÁS A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIÁN

2021-ben a Magyar Tudományos Akadémia megújította elnökségét. Új elnököt és új osztályelnököket választott. Az osztályokhoz tartozó bizottságokat is újraválasztották a köztestületi tagok. A Műszaki Osztályhoz tartozó Közlekedéstudományi és Járműtudományi Bizottsághoz bejelentkezett 105 köztestületi tag titkos szavazással 2021-2024. évi ciklusra a bizottság tagjává választotta a következőket:

Prof. Dr. Kövesné Gilicze Éva Professzor Emerita *(BME KJK)*

Prof. Dr. Tánzos Lászlóné Professzor Emerita *(BME KJK)*

Prof. Dr. Farkas András egyetemi tanár *(ÓE)*

Prof. Dr. Gáspár Péter egyetemi tanár *(BME KJK)*

Prof. Dr. Varga István egyetemi tanár *(BME KJK)*

Prof. Dr. Várlaki Péter egyetemi tanár *(SZE)*

Prof. Dr. Fi István Professzor Emeritus *(BME ÉMK)*

Prof. Dr. Gáspár László Professzor Emeritus *(SZE)*

Prof. Dr. Koren Csaba Professzor Emeritus *(SZE)*

Prof. Dr. Timár András Professzor Emeritus *(PE)*

Prof. Dr. Turchányi Károly Professzor Emeritus *(NKE)*

Dr. Barsi Árpád egyetemi tanár *(BME ÉMK)*

Dr. Csiszár Csaba egyetemi docens *(BME)*

Dr. Horváth Balázs egyetemi docens *(SZE)*

Dr. Tóth János egyetemi docens *(BME)*

Dr. Török Árpád tudományos főmunkatárs *(BME KJK)*

Dr. Török Ádám egyetemi docens *(BME KJK)*

A bizottsági tagok titkos szavazással Török Ádámot elnökké, Horváth Balázst pedig titkárrá választották.

Gratulálunk!

Az új elnök és titkár a hagyományok megőrzése mellett évi legalább négy tudományos bizottsági ülés megszervezését tervezi (ezek közül jelentős, több évre visszamenő hagyománnyal rendelkezik a Tudomány Ünnepe, valamint a Közlekedési Kultúra Napja alkalmából ünnepi ülések megrendezése). A pandémia okozta nehézségek miatt előreláthatóan csak virtuális ülések lesznek, amelyekről a Bizottság a Közlekedéstudományi Szemlében összefoglalókat jelentet meg.

*Dr. Katona András
főszerkesztő*

KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI SZEMLE

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

Megjelenik kéthavonta
www.ktenet.hu

ALAPÍTOTTA:
a Közlekedéstudományi Egyesület

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG:
Kövésné Dr. Gilicz Éva elnök
Dr. Katona András főszerkesztő
Barlog Károly
Dr. Békési István
Berta Tamás
Bretz Gyula
Horváth Lajos
Mészáros Tibor
Dr. Prileszky István
Somogyi Marcell
Szűcs Lajos
Dr. Tánczos Lászlóné
Dr. Tóth János
Dr. Tóth László

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

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

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

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

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

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

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

ISSN 0023 4362

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



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

TARTALOM

Strommer Tamás – Munkácsy András Tánczos Lászlóné

Az utazási időmegtakarítás értéke
a szakirodalom tükrében 4

Dr. Somogyi Rita

Műholdas navigációs eljárások bevezetése
magyarországi vidéki repülőtereken 16

Lengyel Henrietta – Tettamanti Tamás Szalay Zsolt

Közúti infrastruktúra konfliktus-helyzete
a magasan automatizált járművekkel 24

Mika Péter

Dinamikus keréktalperő mérés a közúti
forgalomban 33

Dr. Zsákai Tibor

Szemelvények a Cegléd környéki vasutak
történetéből 48

Varga Károly

A régi keszthelyi fűtőházak 61

Melléklet

*Közlekedésbiztonság -
Közlekedési környezetvédelem*

Dr. Henézi Diána – Dr. Horváth Balázs

Önvezető járművek
közlekedésbiztonsági hatásai 64

Tisztelt Előfizető! Tisztelt Olvasó!

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

Reméljük, hogy hamarosan üdvözölhetjük Önt is a digitális előfizetőink között.

Az utazási időmegtakarítás értéke a szakirodalom tükrében

Az infokommunikációs technológiák fejlődése megváltoztatta az utazási szokásokat, a közlekedési infrastruktúra-fejlesztések révén megtakarított utazási idő értékének meghatározása mégis fontos eleme maradt a fejlesztések értékelésének. A kapcsolódó vizsgálatok és tanulmányok szemlélése, illetve a szakirodalom célzott áttekintése hasznos eredményekkel szolgál a témában, az eredményekről pedig cikkünk ad összefoglalót.

DOI 10.24228/KTSZ.2021.2.1

Strommer Tamás – Munkácsy András – Tánczos Lászlóné

PhD-hallgató, BME
tudományos segédmunkatárs
Közlekedéstudományi Intézet
e-mail: strommer.tamas@kti.hu,

központvezető,
tudományos főmunkatárs
Közlekedéstudományi Intézet
munkacsy.andras@kti.hu,

professzor emerita, BME
Közlekedésüzemi és
Közlekedésgazdasági Tanszék
ktanczos@mail.bme.hu

1. MIÉRT IS VIZSGÁLJUK AZ UTAZÁSI IDŐ ÉRTÉKÉT?

A hagyományos felfogás szerint a személyközlekedés célja, hogy a közlekedő személy eljuthasson a tér egy pontjába [1], ahol olyan tevékenységeket végezhet (pl. tanulás, pihenés, munkavégzés), amelyek nagyobb hasznot hajtanak számára annál, mint ha nem utazott volna oda, illetve odautazás nélkül – például helyhez kötött munkavégzés esetén – nem is tudta volna végrehajtani az adott cselekvést.¹ Az utazások haszna tehát a hozzáférés bizonyos javakhoz, információkhoz stb.. Az utazás ugyanakkor kényszerűen együtt jár bizonyos veszteségekkel, így egyebek mellett az elvesztett idő értékével, az utazás okozta kényelmetlenségekkel vagy az utazás időzítésének

költségeivel. Ebben a megközelítésben tehát az utazással töltött idő teljes egészében elvesz, ezért a közlekedés fejlesztésének kiemelt célja az eljutási idő csökkentése, ennek révén pedig értékének (angolul value of travel time savings, a továbbiakban: VTTS) növelése. Az utazási idő csökkenésén túl az utazások során jelentkező időmegtakarításokkal összefüggő hatások közé sorolhatjuk például az időzítési költségek és az utazási idő bizonytalanságából eredő költségek változását is. Az utazási időmegtakarítások mellett az utazással kapcsolatos több jellemző haszna is korrelál az utazási idővel, így például a közlekedés biztonsága, az utazás komfortja vagy fizetős útszakaszokon a díjfizetés módja [2].

A VTTS alakulása, változása közvetett módon a sztochasztikus és dinamikus közlekedési folyamat során jelentkező számos külső hatás (externália) – levegőszennyezés, zajszennyezés stb. – kiváltó okai közé is sorolható. Mivel egy komplex beruházás esetén annak szereplői – a hasznok élvezői és a

¹ Ez a haszonnövekedés természetesen az áruszállítással is létrehozható, ha az egyik helyen megtermelt árut egy olyan másik helyre juttatják el, ahol nagyobb a termék iránti kereslet – ám az áruszállítási idő, illetve az abban elérhető megtakarítás természetesen itt is jelentősen befolyásolhatja a realizálható haszontöbbletet.

hátrányok elszenvedői – közötti tranzakciók nem minden esetben határozhatók meg egyértelműen, törekedni kell az externális hatások figyelembevételére a gazdasági tranzakciókban, valamint meg kell valósítani az externáliák monetarizálását is. Ezért fontos módszertani kérdés annak értékelése, hogy a közlekedési infrastruktúra építése, majd üzemeltetése alatt megvalósult utazások során milyen költségek és hasznok jelennek meg közvetlenül a közlekedési folyamatban részt vevő szereplőknél, illetve közvetve a társadalom egészében. A vizsgálatok során célszerű azt is minél pontosabban feltárni, hogy a helyváltoztatással ki, kinek és mekkora kárt okoz. (A tranzakciók résztvevői legtöbb esetben az üzemeltető, az utasok és a beruházás káros hatásaitól szenvedők, például a környéken lakók vagy a zajhatásokat elszenvedők. Ám az egymással kölcsönösen kapcsolatban álló és egymásra ható csoportok, valamint a bonyolult viszonyrendszer miatt jellemző, hogy például a zajhatásokat elszenvedők a közlekedési infrastruktúra üzembe helyezését követően – akár a szolgáltatás aktív használójaként – a beruházások hasznait is élvezhetik.)

A fentieket árnyalja az a korszerű felfogás, amely szerint az utazással töltött idő is értékes: érdemes megemlíteni a turizmus számos termékét, amelyben maga a helyváltoztatás a vonzerő [3]; az aktív közlekedési módok használatát, amelyek egyszerre szolgálják az eljutást két pont között és az egészségmegőrzést vagy jóllétet; az utazást egyszerűbbé tevő integrált közlekedés-informatikai rendszerek terjedését, amelyek biztosítják az utazással kapcsolatos információk és ajánlások hozzáférhetőségét [4]; valamint az utazás közben végzett tevékenységek (angolul travel-based multitasking) kiterjedt és egyre bővülő lehetőségeit [5]. Ez utóbbi háttérben elsősorban a kommunikációs technológiák és az okoseszközök robbanásszerű fejlődése áll, ami megváltoztatta az utazási szokásokat, és növelte az utazási idő hasznosíthatóságát mind a munka (pl. telefonálás, e-mailek olvasása utazás közben), mind a magánélet szempontjából (pl. online ügyintézés lehetősége utazás közben) [6, 7].

Mindezek alapján (is) nyilvánvaló, hogy a helyváltoztatás egyik legfontosabb jellemzője az utazás megvalósítására és lebonyolítására szánt idő mennyisége, amelynek jelentős a (pozitív vagy negatív előjelű) hozzájárulása a közlekedésfejlesztések eredményének becslése, értékelése során. A fejlesztések egyik legnagyobb hasznát hagyományosan az utazási időmegtakarításnak tulajdonítják, és a megtakarított utazási idő értékének meghatározása napjainkban is a kapcsolódó kutatások egyik fő témája [2].

Az utazási idő értékelésének kiterjedt kutatását hazánkban is több vizsgálat gazdagította. Az idő pénzértékének meghatározásával foglalkoztak a BME munkatársai a HEATCO EU FP6 által finanszírozott kutatási projektjében 2004 és 2006 között. Az utazási idő és az utazási idő változásának vizualizációval foglalkozott Kocsis és Török [8] 2011-ben, Ficzere és mtsai. [9] pedig 2014-ben. Az utazási időmérés változását Fleischer és Tir [10, 11] a térszerkezet alakulását Kincses és Tóth [12], valamint Szabó és Sipos [13] kutatta. Külföldi műhelyben végzett kapcsolódó kutatást Hörcher [14]. Az utazás közbeni tevékenységekkel mint az utazási idő értékével összefüggő tényezővel külföldi műhelyben Keserű és mtsai. [5, 15], hazánkban Munkácsy és mtsai. [6, 16] foglalkoztak.

Cikkünkben a szakirodalom áttekintése alapján helyzetképet kívánunk nyújtani az utazási idő meghatározásának céljairól és korszerű módszereiről, valamint a témában eddig elért eredményekről. Az irodalomelemzésre a „value of travel time savings” és a „VTTS” keresőszavak segítségével és a Google Scholar, a Scopus, a ScienceDirect és a Web of Science keresőinek használatával választottuk ki a 2013 óta született tanulmányokat. A feltárt tanulmányok felhasználásával és a hálóba módszer alkalmazásával választottunk ki további cikkeket, amelyek már biztosították a témakör részletesebb feldolgozásának lehetőségét. Az esettanulmányok és a VTTS-értékeket szolgáltató kutatások szintén főképpen az utolsó évtized eredményeit mutatják be, de a VTTS-értékek összehasonlíthatósága érdekében több, a 2000-es években megvalósult vizsgálat eredményeit tartalmazó publikációt is szerepeltettünk.

Cikkünk először ismerteti az utazási idő meghatározásának jelentőségét, a meghatározás megközelítésének lehetőségeit és különböző módszereit, majd válogatott szakcikkek elemzésére és feldolgozására támaszkodva mutatja be az áttekintett szakirodalom kapcsolódó eredményeit, végül összegzés és összehasonlító értékelést követően vonja le a következtetéseket.

2. AZ UTAZÁSI IDŐ ÉRTÉKÉNEK MEGHATÁROZÁSA

Az utazási idő értékének meghatározása arra a felismerésre épít, hogy az emberek által egyes tevékenységekhez rendelt időtartamok és a teljes időkeret korlátozottsága miatt kialakul egyfajta értékrend, ami alapján az ember a tevékenységekhez rendelt időt felosztja. Így valójában az utazási időt tekinthetjük úgy is, mint amelynek a csökkenésével valamiféle más tevékenység kerülhet előtérbe, ennek a „cserének” a hatásait pedig már lehet értékelni. Bár a szakcikkek többsége egyértelműen azt mutatja, hogy az utazásra fordított idő gyakorlatilag évtizedek óta közel állandó [10, 11], néhány szerző, pl. Mackie és mtsai. [17], az utazási idő utóbbi évtizedben tapasztalható kisebb mértékű változásáról [18] számol be. Az állandóság arra mutat rá, hogy a fejlesztésekkel „megnyert” utazási idő akár további utazásra is fordítható, ami például biztosíthatja a lehetőséget egy kellemesebb (külvárosi, agglomerációs stb.) lakókörnyezet megválasztására. Az időmegtakarítás természetesen azt is jelentheti, hogy az egyén az időt nem további utazásra, hanem más tevékenységek művelésére csoportosítja át.

A szakirodalom áttekintéséből kitűnik, hogy az e területen végzett kutatások az egyszerű modellek és elméleti összefüggések helyett a bonyolult, de részletesebb kiértékelés felé mozdultak el, annak érdekében, hogy minél pontosabban tudják követni a fogyasztói szokások és az időtöltés és -felhasználás, vagy éppen a tevékenység alapú közlekedési igény feltárásánál használt modellek változását. Ezzel párhuzamosan került előtérbe az utazási időérték és a bérszínvonal közötti kapcsolat elemzése, amelynek során az utazási idő ér-

tékének meghatározása a kizárólag elméleti megközelítések helyett empirikus vizsgálatokra építhető [2].

2.1. Az utazási időben tapasztalható megtakarítások kimutatása




Az egyik gyakran alkalmazott megközelítés a haszonmaximalizálás módszere. Ez esetben az időre mint véges erőforrásra tekintünk, amely az időtartam alatt megvásárolt szolgáltatásokkal és árukkal együtt kezelhető – ezért az időt korlátként vesszük figyelembe a hasznok maximalizálásánál. A cél, hogy az időkorlátot ne haladja meg a tevékenységek és a hozzá tartozó technológiai korlátok (közlekedési mód, sebességhatár) miatt számításba veendő időtartamok összege, és az elköltött erőforrások se haladják meg a rendelkezésre állókat. Ezek alapján az utazási időmegtakarítás értéke helyett a célravezető mutató a végzett tevékenység értékének és az el nem végezhető tevékenység elvesztett értékének a különbsége.

Egy alternatív megközelítés a Hensher-formulának nevezett összefüggés alkalmazása. A *Hensher-formula* lehetőségköltségeket (*opportunity cost*) és viszonylagos hasznosságokat azonosít, és ezek alapján határozható meg Hensher így tulajdonképpen egy termelési függvényt adott meg a következő tényezőkkel: termelékenység hatékonysága, relatív veszteségköltség, elvesztett szabadidő, illetve a munkáltató és a munkavállaló közötti további tranzakciók értéke. A Hensher-formulát több vizsgálat és tanulmány is eredményesen használta az eredeti alkalmazás (üzleti célú légi utazások) területén, eredményeik szerint pedig az utazás idő értéke országtól függően a bruttó bérek 30–70%-át teszi ki [2, 19].

2.2. Empirikus módszertan az utazási idő értékének meghatározására

A bemutatott elmélet szerint az utazási időmegtakarítások értéke a lehetőségköltségből és a relatív hasznok értékéből tevődik össze. Ha példaként veszünk egy utazás során megfigyelhető 20-20 percnyi várakozást és mozgással töltött időt, akkor ebben az esetben a

1. ábra: Kinyilvánított preferencia vizsgálat egyik vásárlási célú utazásra vonatkozó kérdése [21]

1. döntési helyzet Utazás célja: bevásárlás	Kerékpár 	Köz-forgalmú közlekedés 	Személygépjármű 
Utazási költségek		1,3 €	0,6 €
Utazási idő	9 perc	15 perc	6 perc
Rá- és elgyaloglási idő		26 perc	6 perc
Torlódásban eltöltött idő			2 perc
Átszállások száma		2 darab	
Követési időköz		20 perc	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

lehetőségek költségei azonosak, a hasznosságkülönbséget pedig az idő eltöltésének eltérő körülményei okozzák. De a VTTS meghatározásához valójában arra van szükség, hogy a pénz és az (utazási) idő közötti „cseréhez” szükséges viszonylagos fontosságok számszerűsíthetők legyenek a vizsgálni kívánt közegre (utascsoportra) és területre (viszonylatok, infrastruktúra-elemek stb.).

A jellemzők meghatározásának egy lehetséges módja az utazói döntések vizsgálata (feltárt preferencia, angolul revealed preference, RP), amely esetben az utazói döntések felderítése révén lehet az utasok preferenciáira következtetni. A módszer korlátja, hogy csak létező hálózati és infrastruktúra-elemek hatásának vizsgálatát teszi lehetővé, hiszen az utasok viselkedését kell megfigyelni, ez pedig üzemelő rendszer hiányában nem lehetséges. A másik módszer, amikor feltételezett, – de célszerűen valós vagy valószínű – alternatívák közül kell választani a megkérdezett személyeknek (kinyilvánított döntés preferencia, stated choice vagy stated preference, SP, lásd 1. ábra). Ebben az esetben értelemszerűen kibővül az alkalmazhatóság köre, tetszőleges helyszínek és vál-

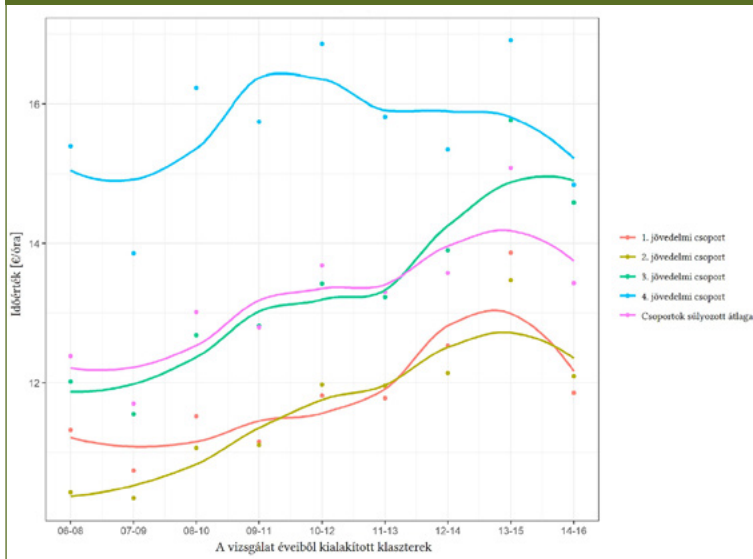
tozatok vizsgálhatók. A felmérés során az alany az attribútumok (pl. utazási idő, jegyár, zsúfoltság szintje) bizonyos kombinációját kapja meg, és több lehetőség közül kell kiválasztania az általa preferált változatot. A kombinációk és az attribútumok értékeinek változtatásával, több összehasonlítás megítélése után meghatározhatók az egyéni preferenciák – jellemzően a diszkrét döntési módszerek, például az itt külön nem részletezett probit vagy logit modellek alkalmazásának segítségével [20].

2.3. Hogyan változik az utazási idő értéke?

A releváns kutatások eredményei alapján egyértelmű, hogy az utazási idő értékét számos tényező befolyásolja, és e tényezők különböző mértékű változása eltérő irányban módosítja az utazási időmegtakarítások értékét [22].

Az utazási viszonyok, például a komfortosabb utazási körülmények, a mobil eszközök terjedése és a hálózati lefedettség bővülése miatt általában javulnak, ez pedig hozzájárulhat a VTTS csökkenéséhez [23]. Több tanulmány mégis a VTTS-t növelni képes hatásokra hoz fel bizonyítékokat, így például a jólét növekedése miatt az utas pénzbevételének növekedésével az utazási idő fontossága is növekszik (a pénz határhasznossága csökken). Hasonló hatással van a VTTS alakulására az urbanizáció és a vele együtt járó zsúfoltság és a torlódások jelenléte [2]. A zsúfoltság és a torlódás – utóbbinál akár a közforgalmú, akár az egyéni közúti közlekedés torlódásairól van szó – és a velük együtt járó kedvezőtlen hatások egyértelműen csökkentik az utazás hasznosságát [14] és veszteségeket generálnak, ez pedig felértékeli az utazási idő megtakarításait.

2. ábra: Az utazási időmegtakarítások értékének változása 2006 és 2016 között az egyes jövedelmi csoportok körében Dániában [22]



A változás iránya elméletben tehát közel sem egyértelmű. A szakirodalom ezért a VTTS értékét az átlagos bruttó bérszint változásához próbálja kötni; ezzel a megoldással mélyebb vizsgálat nélkül is egyszerűbben frissíthetők a VTTS értékek. Bár több korai tanulmány szerint az átlagos bérszint és a VTTS egyenesen arányos egymással, ezt a későbbi kutatások a bővülő elemzési lehetőségek miatt több esetben cáfolták, és az arányosság helyett kisebb értékű elaszticitást (kb. 0,7-es értéket) javasoltak; ez az érték természetesen függ az utazás jellegétől, céljától [2, 22]. (A sajátosan arányosság esetén tapasztalt elaszticitás mellett megjelent ennek ellentmondó tanulmányok is ausztrál és új-zélandi környezetet vizsgálva, lásd [24].) Így megállapítható, hogy leginkább az alkalmazási környezet sajátosságait is figyelembe vevő vizsgálatok tárhatják fel pontosabban az aktuálisan alkalmazható árrugalmasság-értéket.

Az utazási időmegtakarítások változékonyságát és a befolyásoló tényezők hatását mutatja be Rich és Vandet tanulmánya [22]. A 2006–2016-os időszak bővelkedett a gazdasági és egyéb fontos hatásoktól: gazdasági világváltság, az olajárak ingadozása, növekvő torlódás

a városok környékén és a kommunikációs technológiák fejlődése. Az eredményeket egy Dániában lezajlott országos szintű felmérés eredményeire alapozzák, amelyből több mint 400 ezer utazás jellemzőit vizsgálták. Az eredmények azt mutatják, hogy bár a szűkös évek esetén a VTTS értékében tapasztalható némi visszaesés, a tendencia mégis egyértelműnek mondható: az utazási időmegtakarítások értéke a vizsgált tíz év alatt jelentősen, kb. 10%-kal nőtt meg (lásd 2. ábra). Az elemzés

alapja egy diszkrét döntési modell, amely négy különböző jövedelmi csoportot határoz meg. A szerzők az idő- és költségváltozók mellett számos kiegészítő változót vezettek be (pl. gépjármű-tulajdonlás helyzete, közlekedési mód és csoportspecifikus állandók, parkolási költségek).

A tanulmány egyik fontos megállapítása, hogy a 3. kvartilis – vagyis a második legmagasabb jövedelemmel rendelkező csoport – mutatja a legnagyobb, szinte monoton növekedést a vizsgált időszakban. Ebben a csoportban az átlagosan valamivel 10%-ot meghaladó növekedéssel szemben több mint 20%-kal nő a VTTS. Ehhez képest a 4. jövedelmi kvartilis az idő múlásával szinte állandó VTTS értéket mutat, csak egy magasabb szinten. A következtetés szerint ez arra is utalhat, hogy nem helytálló az a hipotézis, miszerint a magasabb jövedelmi csoportok természetüknél fogva eltérő módon viszonyulnak a pénzhez abban az értelemben, hogy gyakorlatilag érzéketlenek lennének a költségek változásával szemben. Bár a bemutatott VTTS-változások mértéke megfelel a jövedelmek átlagos növekedésének, azt mégsem lehetett pontos hatásokra és tényezőkre, valamint azok viszonylagos jelentőségére vissza-

osztani. A következtetés tehát csak annyit állít, hogy a VTTS növekedését (illetve folyamatos változását) különböző tényezők – mint például az utazási távolság, a torlódási szint és a jövedelem alakulása – változó irányú és mértékű hatása okozza.

3. MÓDSZERTANI FEJLESZTÉSEK ÉS AZOK EREDMÉNYEI

A VTTS számítási módszerei évtizedek óta fejlődnek, a kutatások pedig egyre több irányból vonják be az időmegtakarítást értékelő módszereket egyéb célú vizsgálatokba és elemzésekbe. Az új fejlesztések révén a módszer alapjai például az autonóm járművek vizsgálatánál is jól használhatónak bizonyulnak.

3.1. Milyen módon lehet(ne) értékelni az időmegtakarításokat?

A megtakarítások értékelésének egyik dilemmája, hogy azt az utas vagy a teljes társadalom szempontjából értékeljük? A kérdés azért is fogalmazódik meg ilyen hangsúlyosan, mert a legtöbb közlekedést érintő nagyberuházás állami források felhasználásával valósul meg. Mackie és mtsai. [25] szerint társadalmi szempontból az időmegtakarításnak csak pozitív hatása lehet, hiszen az munkává válik és a GDP-t növeli, vagy pedig az egyén hasznait gyarapítja, ezáltal viszont a társadalmi jólét növekszik. (Ám ezzel együtt az időmegtakarítások társadalmi hatásainak értékeléséhez nem megfelelő az egyének fizetési hajlandóságának vizsgálata; ez akkor lenne helyesen alkalmazható módszer, ha a VTTS határhasznai társadalmi csoportokon belül állandók lennének [25].)

A reprezentativitás és a VTTS mint eloszlással is rendelkező mutatószámmal jellemzett utazások szempontjából is fontos eredményeket mutat be Schmid és mtsai. tanulmánya [21]. A közlekedési mód szerinti felosztás mellett egyéb fontos utazási és egyéni jellemzőket is figyelembe vesznek, amelyeket korábban Mackie és mtsai. is kijelöltek [21, 25]:

- az utazás célja, ideje és a megtett távolság;

- az utazás jellemzői (torlódás, zsúfoltság, szabad áramlás stb.);
- a közforgalmú közlekedésnek az utazásokban részt vevő módjai;
- egyéni szokásjellemzők.

Természetesen óvatosan kell eljárni az utascsoportonként vagy alágazatonként meghatározott utazási időmegtakarítások számbavételekor, hiszen annak értéke – egyéb hatásokkal együtt – megtevesztő lehet. A szegényebb társadalmi csoportok által használt autóbusszjáratok esetében például kisebb megtakarítás határozható meg, míg a személygépjárművek használata esetén a mutató várhatóan nagyobb értéket vesz fel. Mackie megállapítása szerint a felmérések és tanulmányok ezeket a hatásokat jellemzően csak mérsékelt sikerrel tudják elkülöníteni [25]. A figyelembe nem vehető, illetve a nehezen mérhető látens jellemzők (pl. kényelem, zsúfoltság, produktivitás) esetén csak becsülni lehet e jellemzők hatását, de az egyértelmű, hogy ezek közül több is alapjaiban befolyásolja az utazás színvonalát [26] és azon keresztül az utazási idő értékét.

A zsúfoltság hatását és az utasok VTTS-re gyakorolt szerepét vizsgálta tanulmányában Hensher [27]. Mivel a személygépjárművekben lehetőség nyílik az utazási környezet részletesebb vizsgálatára is, ezért e járműben elemezték az utasok számának hatását az utazási idő értékére. Az eredmények azt mutatják, hogy a távolsági utazások esetén a VTTS az utasok számának növekedésével \$19,99-ről \$13,22-ra csökken, bár egy és két utas esetén még csak kisebb csökkenések tapasztalhatók. A személygépjárművek foglaltsága és az időérték alakulása közötti összefüggés meghatározásával lehetőség nyílik például a foglaltság alapú díjfizetés bevezetésére vagy éppen a telekocsisávok² létjogosultságának alátámasztására.

2 Angolul high-occupancy vehicle (HOV) lane: nagy foglaltságú gépjárművek számára fenntartott forgalmi sáv. A sáv igénybevételenek feltételei esetenként változhatnak, de alapvetően a használat az autóban ülők számára van kötve: a korlátnál kevesebb utast szállító autók nem használhatják a sávot.

3.2. Modell- és módszertani fejlesztések, alkalmazások

A VTTS számításának módszertana és eredményei sokféle módon alkalmazhatók. Az egyik ilyen példát Kaddoura és Nagel modellje és tanulmánya [28] jelenti. Modelljük célja, hogy a VTTS mutatóját a zsúfoltsággal arányos útdíjak és a dinamikus útvonaltervezés támogatására alkalmazzák. A modell egy szimulációs környezetben vizsgálja az utas- és utazásspecifikus VTTS-t, amely alapján – például a feltartóztatások költségét és az externális veszteségeket integrálva – kiveti a használatarányos útdíjat és új útvonalakat keres a túlszűfolt irányok tehermentesítése érdekében. Így láthatóvá válik az is, hogy a VTTS alkalmazható és használható az útdíjak optimális értékének meghatározására, az összköltség minimalizálását biztosítani képes útvonalak kijelölésére és e mutatók rendszeres újraszámítására, illetve a közlekedési útvonalak jellemzőinek (pl. eljutási idők és lehetőségek) értékelésére.

A módszert a szerzők Berlinre és agglomerációjára is alkalmazták. A fent ismertetett kiegészítő módszerek alkalmazásával végrehajtott modellezés eredményei azt mutatják, hogy ha a rendszer a VTTS-alapú útdíjszámítás és útvonaltervezés segítségével működne, az egész rendszerben az utazási idő a személygépkocsit használó közlekedők esetén mintegy 17 ezer órával, a jólét értéke pedig 450 ezer euróval növekedhetne a bázisértékekhez képest (ez a kiegészítő módszerek nélküli esetenél 27%-kal

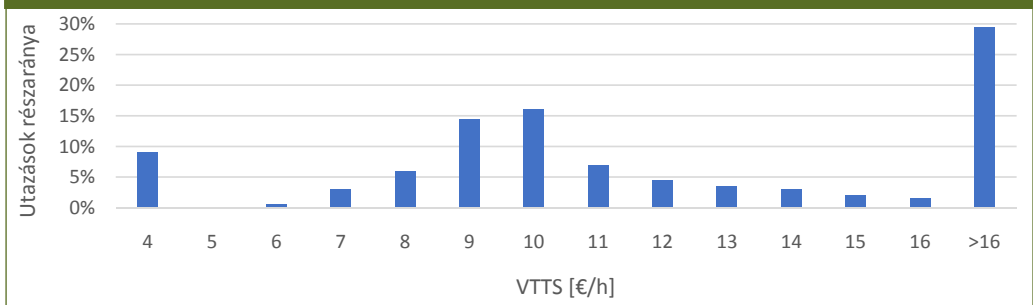
jobb eredmény). Ennek a javulásnak két forrása azonosítható: az alkalmazott útdíjak jobban leképezik a torlódások okozta veszteségeket, illetve a kialakított/választott közlekedési útvonalak idomulhatnak az utas egyéni időpénz preferenciájához. (A VTTS-t és eloszlását a vizsgált területre a 3. ábra mutatja be.)

Koreai kutatók tanulmánya [29] egy innovatív járműtechnikai megoldás hatásait minősíti az utazási időmegtakarítások értékével. A nehéz-tehergépjárművek (pl. kamionok) közötti (V2V) vezeték nélküli kommunikáció alkalmazásával megoldható a járművek csoportban közlekedtetése (truck platooning), ez a közlekedési mód pedig több szempontból előnyös:

- csökkenhet a tehergépjárművek közötti követési távolság, így megnő a közutak áteresztőképessége,
- az akadályok és balesetek felismerése miatt csökken az esélye a tehergépjárművek részvételével történő ütközéseknek,
- a járműforgalom optimalizálása révén környezetvédelmi megközelítésből és egyéb externáliák szempontjából is előrelépések érhetők el.

A mikroszinten elvégzett szimuláció segítségével – a gépjárműcsoportok fizikai és haladási jellemzőinek modellezésével – meghatározott kapacitásnövekedési hányados adja meg a makroszimulációhoz szükséges bemenő adatokat. A 2020-as forgalmi adatok alapján vizsgált helyzet megadta a csoportban közlekedés miatt felszabaduló útszakaszok esetén az uta-

3. ábra: Az utazási időmegtakarítások értékének megoszlása a vizsgált berlini környezet esetén [28]



zási idő megtakarításából és a teherforgalmi kapacitás növekedéséből származó nyereségeket. Ennek értéke a 2020-as évre (értelemszerűen nem számolva a koronavírus-járvány hatásaival) kb. 138 millió euró nyereséget jelentene, nem is számolva a balesetek vagy a környezeti externáliák csökkenéséből származó nyereségekkel.

Az utazás időértékének vizsgálata fontos szempontot jelenthet például a még meg sem épített infrastruktúra hatásainak vizsgálata mellett a jövő közlekedési módjainak vagy a közlekedési munkamegosztás (*modal share*) alakulásának vizsgálatában. Kolarova és mtsai. a még fejlesztés alatt álló autonóm járművek közlekedési rendszerre gyakorolt lehetséges hatásait vizsgálja [30]. Mivel az utazási idő szubjektív értéke (SVTT) az a fizetési hajlandóság, amit az alany kifizetne egységnyi időmegtakarításért [31], ezért jogos a szerzők hipotézise, hogy az autonóm járművekkel történő utazások VTTS-e alacsonyabb értéket vesz majd fel a jelenleg gépkocsival megvalósuló utazások időértékéhez képest. Ez azért is fontos vizsgálati téma, mert az autonóm járművek egyik legfontosabb előnye lehetne, hogy az utazásokat a jelenlegi körülményekhez képest kötetlenebbül lehet eltölteni, de csökkenhet a vezetés okozta stressz és fáradtságérzés is.

A kutatás alapját jelentő felmérést 2017-ben végezték, amely során a feltárt és kinyilvánított preferencia vizsgálatok segítségével reprezentatív módon mérték fel a németországi polgárok hivatásforgalmi, pihenési és vásárlási célú utazásainak jellemzőit. A kinyilvánított preferencia vizsgálatoknál a megkérdezetteknek a jelenleg is működő, illetve a terjedő közlekedési módok (egyenleg birtokolt és megosztott autonóm járművek) alapján összeállított változatok közül kellett kiválasztaniuk a preferált kombinációt. A tanulmány egyes logitmodellt használt azért, hogy a vizsgálat figyelembe tudja venni az egyedek társadalmi-gazdasági, valamint a közlekedési változatok tulajdonságainak heterogenitását is. A kiválasztott és alkalmazott modell képes a kinyilvánított preferenciák hasznosságra történő konvertálására, amelynek eredménye a várható VTTS számszerűsítése.

A tanulmány eredményei szerint ingafogalom esetén az autonóm járművek hatására a VTTS akár 40%-kal is csökkenhet (6,4 €/órától 3,8 €/óra, alacsonyabb jövedelemmel rendelkező társadalmi csoportok esetén). Figyelemre méltó eredmény, hogy a modell szerint a szabadidős és bevásárlási célú utazásoknál – ahol 3,9 €/óra a VTTS értéke – az autonóm járművek megjelenése nem változtatja meg az eredményt (ez a hatás valószínűleg az ilyen jellegű utazások kisebb mértékű hasznosíthatóságával van összefüggésben). A megosztott autonóm járművek az eredmények alapján nem jelentenek különösebben vonzó alternatívát: akár egyedül, akár megosztott formában használva, a VTTS eredmények a hagyományos ingaforgalmi gépkocsihasználat szintjén mozognak (6,2, illetve 6,7 €/óra).

Szakpolitikai célok kijelölése és stratégiaalkotás miatt is fontos kiemelni, hogy az autonóm járművek jelentette alternatíva az alacsony VTTS-szint miatt a közlekedési rendszer növekvő használatát, akár túlhasználatát is eredményezheti. Ezek a változások akár a közforgalmú közlekedés vagy a nem motorizált közlekedési módok jelentőségének csökkenését magukkal hozhatják; előbbi a méretgazdaságosság jelentőségének csökkenése miatt komoly hatással lehet a közforgalmú közlekedést biztosító vállalatok pénzügyi működésére. Vagyis a VTTS akár a (közeli vagy közepesen távoli) jövőben elterjedő közlekedési módok várható gazdasági, szakpolitikai hatásairól nyújthat hasznos ismereteket.

4. ESETTANULMÁNYOK VTTS EREDMÉNYEI

Az összegyűjtött tanulmányok és vizsgálatok változatos formában és körülmények között vizsgálták az utazási időmegtakarítások értékét. A vizsgálatok időpontja, kiterjedtsége, a bevont közlekedési módok és utascsoportok alapján számos kombinációt különböztethetünk meg, de ezek megválasztásában mindig közös az utazás és a közlekedési alternatívák összehasonlításának és elemzésének szándéka. Bár az eredmények különféle változatok, forráskönyvek és modellek alapján születtek, érdemes áttekinteni az utóbbi kb. másfél évtized válogatott VTTS-számításait (1. táblázat).

1. táblázat: A megvizsgált esettanulmányok utazási időmegtakarítás értékei [€/óra]

Ország, város, térség	Év	Autó	Közforgalmú közlekedés		Kerékpár	Gyalog	Repülő
			Busz	Vasút			
Ausztrália [27]	2004	14,6	-	-	-	-	-
Bolívia, La Paz [32]	2004	-	3,1		-	-	-
Svédország [35]	2008	12,6	4,1	7,9	-	-	-
Spanyolország [34]	2009	-	5,6	15,4	-	-	21,0
Hollandia [36]	2010	9,8	7,3	10,1	-	-	-
Németország [37]	2012	4,8	5,0		-	-	-
Stockholm [38]	2013	6,6	-	-	-	-	-
Ausztrália [33]	2014	28,4	62,7	-	-	-	58,8
Svájc [39]	2015	11,0	10,2		-	-	-
Franciaország, Rhône-Alpesi régió* [40]	2015	13,3	15,4	11,2	-	-	-
Németország** [30]	2017	6,4 ¹	3,5		14,1	22,2	-
Ausztria [21]	2019	12,3	8,1		11,7	10,2	-

* A jelölt értékek a helyfoglalással megvalósuló utazásokat képviselik, vagyis az utasnak garantált helye van.

** A jelölt értékek az alacsony jövedelmi csoportba tartozó utasokra érvényes VTTS-t mutatják, gépjárműforgalom esetén az ingaforgalomra vonatkoztatva.

¹ Az autonóm járművek esetén „kézi” üzemmódban 5,8 €/óra, autonóm üzemmódban pedig 3,8 €/óra, megosztott jármű esetén a járművet egyedül használva 6,2, megosztott utazás esetén 6,7 €/óra.

A vizsgálatok értelemszerűen a helyi körülményeket tükrözik, így például a bolíviai számítás háttérében a kabinos felvonók alkalmazása áll [32], Ausztráliában a belföldi légitranszport [33], Spanyolországban pedig egy nagysebességű vasúti folyosó hatásának elemzése [34]. Mint látható, a számítások többsége európai környezetben született [21, 27, 30, 35–39] – ezek változatos okból, jellemzően több közlekedési mód körében vizsgálják a VTTS alakulását.

5. AZ EREDMÉNYEK ÖSSZEFOGLALÁSA

Cikkünkben bemutattuk az utazási időmegtakarítás meghatározásának jelentőségét és nem múló időszerűségét, illetve összefoglaltuk a VTTS számításához szükséges elmélet és gyakorlat legfontosabb megállapításait. Az elméletben meghatározóan a fizetési hajlan-

dóságra építő módszerek mellett megjelenik a Hensher-formula, amely a munkavégzéshez kötődő utazások értékeléséhez használható. Az elméleti összefüggések korlátai miatt a VTTS felderítésénél meghatározóak az empirikus vizsgálatok, ezért a cikkünk az alkalmazható módszereket és a jellemző vizsgálatokat részletesebben is bemutatta.

A cikk második részében a témában releváns, újabb, valamint módszereiben és/vagy témájában újszerű eredményeket ismertető tanulmányokat szemlélztük. A bemutatott eredmények – az adatfelvétel módszere, a vizsgált közlekedési módok, az elemzés módszertana és a VTTS – alapján megállapítottuk, hogy az utazások időértékét jelentős számú hatás befolyásolja, ezért az időérték meghatározását csak körültekintően és a helyi jellemzőket is számításba vevő modell segítségével lehet kellő pontossággal elvégezni.

Az irodalomelemzés alapján látható, hogy a VTTS a közlekedés gazdasági aspektusainak és kérdéseinek vizsgálatánál praktikusán használható. Bár a VTTS alkalmazása a közlekedési beruházások költség-haszon elemzésének (CBA) szerves részét képezi – és például az angol nyelvű szakirodalom jelentős erőfeszítésekről tanúskodik a CBA-útmutató újragondolása kapcsán –, a hazai adaptáció, a modern módszerek átvétele, illetve egy újabb módszertan felépítésével összefüggésben számos feladat mutatkozik. A magyar nyelvű szakirodalom alapján a téma az utóbbi években bizonyos részletkérdések kivételével a kutatók érdeklődését elkerülte, ám ebben előrelépést jelenthet kutatásunk, amelynek e szakirodalmi áttekintés az egyik első eredménye.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikk szerzői köszönik az OTKA K 134760 azonosítószámú projekt támogatását, amelynek projektvezetője Dr. Török Ádám.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Kisgyörgy L. *Utak*. Typotex Kiadó: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 2013.
- [2] Hensher DA. Valuation of travel time savings. In: *A Handbook of Transport Economics*. Edward Elgar Publishing Limited: United Kingdom, 2011: 135–159.
- [3] Munkácsy A. A közlekedés alapfogalmai, a közlekedés szerepe a turizmusban. In: Munkácsy A, Jászberényi M, editors. *Közlekedés, mobilitás, turizmus*. Akadémiai Kiadó, 2018.
- [4] Földes D, Csiszár C. Route plan evaluation method for personalised passenger information service. *Transport* 2015;**30**(3):273–285. DOI: <https://DOI.org/fxwh>
- [5] Keserű I, Macharis C. Travel-based multitasking: review of the empirical evidence. *Transp Rev* 2018;**38**(2):162–183. DOI: <https://DOI.org/ggw58d>
- [6] Munkácsy A, Strommer T, Lieszkovszky JP. Utazás közbeni tevékenységek leltára. In: *Közlekedéstudományi Konferencia: A közlekedés jövője – a jövő közlekedése*. Győr, Magyarország, 2020: 776–787.
- [7] Munkácsy A, Strommer T. Csúcsidei utasok által végzett tevékenységek a budapesti metróban. In: *Közlekedéstudományi Konferencia: A közlekedés jövője – a jövő közlekedése*. Győr, Magyarország, 2020: 767–775.
- [8] Kocsis L, Török Á. Idő alapú vasúthálózati értékelési eljárás. *Közlekedéstudományi Szemle* 2011;**61**(3):54–59.
- [9] Ficzer P, Ultmann Z, Török Á. Time-Space Analysis of Transport System Using Different Mapping Methods. *Transport* 2014;**29**(3):178–284. DOI: <https://doi.org/ggw57s>
- [10] Fleischer T, Tir M. The transport in our time-budget. *Reg Stat* 2016;**6**(2):54–94. DOI: <https://doi.org/fxwj>
- [11] Fleischer T, Tir M. Hazai közlekedési időmérés elemzés. *Közlekedéstudományi Szemle* 2018;**68**(2):7–22. DOI: <https://doi.org/cxmc>
- [12] Kincses Á, Tóth G. Magyarország térszerkezetének változásai 1870-től napjainkig. *Statisztikai Szle* 2020;**98**(6):522–546. DOI: <https://doi.org/fxwk>
- [13] Szabó Z, Sipos T. Separation effects in a microregion: traffic volume estimation between the settlements of Lake Velence. *Reg Stat* 2020;**10**(2):186–205. DOI: <https://doi.org/fxwm>
- [14] Hörcher D, Graham DJ, Anderson RJ. Crowding cost estimation with large scale smart card and vehicle location data. *Transp Res Part B Methodol* 2017;**95**:105–125. DOI: <https://doi.org/f9qbnk>
- [15] Keserű I, Bulckaen J, Macharis C, Minnen J, Glorieux I, van Tienoven PT. Is travel time wasted? Evidence from a time use survey in Flanders, Belgium. Windsor, United Kingdom, 2015 DOI: <https://doi.org/fxwn>
- [16] Munkácsy A, Keserű I, Siska M. Travel-based multitasking on public transport: an empirical research in Hungary. *Period Polytech Transp Eng*; **(megjelenés alatt)**.
- [17] Mackie P, Batley R, Worsley T. Valuing transport investments based on travel time savings—a response to David Metz. *Case Stud Transp Policy* 2018;**6**(4):638–641. DOI: <https://doi.org/fxwp>
- [18] Marsden G. *All Change? The future of travel demand and the implications for policy and planning*. Commission on Travel Demand,

- 2018 http://www.demand.ac.uk/wp-content/uploads/2018/04/FutureTravel_report_final.pdf (accessed 23 Nov 2020).
- [19] Wardman M, Batley R, Laird J, Mackie P, Bates J. How should business travel time savings be valued? *Econ Transp* 2015;**4** (4):200–214. DOI: <https://doi.org/fxwq>
- [20] Walker JL, Ben-Akiva M. Advances in discrete choice: mixture models. In: *A Handbook of Transport Economics*. Edward Elgar Publishing Limited: United Kingdom, 2011: 160–187.
- [21] Schmid B, Jokubauskaite S, Aschauer F, Peer S, Hössinger R, Gerike R, et al. A pooled RP/SP mode, route and destination choice model to investigate mode and user-type effects in the value of travel time savings. *Transp Res Part Policy Pract* 2019;**124**:262–294. DOI: <https://doi.org/djxh>
- [22] Rich J, Vandet CA. Is the value of travel time savings increasing? Analysis throughout a financial crisis. *Transp Res Part Policy Pract* 2019;**124**:145–168. DOI: <https://doi.org/gf8zsj>
- [23] Wardman M. Public transport values of time. *Transp Policy* 2004;**11**(4):363–377. DOI: <https://doi.org/bh2zv2>
- [24] Douglas N, Wallis IP. Predicting the Value of Public Transport In-Vehicle Time. *Australasian Transp Res Forum* 2013. https://www.australasiantransportresearchforum.org.au/sites/default/files/2013_douglas_wallis.pdf (accessed 2 Dec 2020).
- [25] Mackie PJ, Jara-Díaz S, Fowkes AS. The value of travel time savings in evaluation. *Transp Res Part E Logist Transp Rev* 2001;**37**(2–3):91–106. DOI: <https://doi.org/cvfdkj>
- [26] Strommer T, Munkácsy A, Lieszkovszky JP. Utasok fedélzeti tevékenységeinek vizsgálata ingázás és távolsági utazás során. Budapest, 2020.
- [27] Hensher DA. Influence of vehicle occupancy on the valuation of car driver's travel time savings: Identifying important behavioural segments. *Transp Res Part Policy Pract* 2008;**42**(1):67–76. DOI: <https://doi.org/dfwdsb>
- [28] Kaddoura I, Nagel K. Agent-based Congestion Pricing and Transport Routing with Heterogeneous Values of Travel Time Savings. *Procedia Comput Sci* 2016;**83**:908–913. DOI: <https://doi.org/fxwr>
- [29] Jo Y, Kim J, Oh C, Kim I, Lee G. Benefits of travel time savings by truck platooning in Korean freeway networks. *Transp Policy* 2019;**83**:37–45. DOI: <https://doi.org/gh6crs>
- [30] Kolarova V, Steck F, Bahamonde-Birke FJ. Assessing the effect of autonomous driving on value of travel time savings: A comparison between current and future preferences. *Transp Res Part Policy Pract* 2019;**129**:155–169. DOI: <https://doi.org/ggzzwzpw>
- [31] Jara-Díaz SR. Allocation and Valuation of Travel Time Savings. In: Hensher DA, Button KJ, editors. *Handbook of Transport Modelling*. Elsevier Science Ltd.: Kidlington, United Kingdom, 2000: 303–319.
- [32] Garsous G, Suárez-Alemán A, Serebrisky T. Cable cars in urban transport: Travel time savings from La Paz-El Alto (Bolivia). *Transp Policy* 2019;**75**:171–182. DOI: <https://doi.org/gh6b8g>
- [33] Merkert R, Beck M. Value of travel time savings and willingness to pay for regional aviation. *Transp Res Part Policy Pract* 2017;**96**:29–42. DOI: <https://doi.org/f9q8d8>
- [34] Román C, Martín JC, Espino R, Cherchi E, Ortúzar J de D, Rizzi LI, et al. Valuation of travel time savings for intercity travel: The Madrid-Barcelona corridor. *Transp Policy* 2014;**36**:105–117. DOI: <https://doi.org/fxws>
- [35] Börjesson M, Eliasson J. Experiences from the Swedish Value of Time study. *Transp Res Part Policy Pract* 2014;**59**:144–158. DOI: <https://doi.org/f24m6d>
- [36] Kouwenhoven M, de Jong GC, Koster P, van den Berg VAC, Verhoef ET, Bates J, et al. New values of time and reliability in passenger transport in The Netherlands. *Res Transp Econ* 2014;**47**:37–49. DOI: <https://doi.org/fxwt>
- [37] Axhausen KW, Ehreke I, Glemser A, Hess S, Jödden C, Nagel K, et al. Ermittlung von Bewertungsansätzen für Reisezeiten und Zuverlässigkeit auf Basis der Schätzung eines Modells für modale Verlagerungen im nicht-gewerblichen und gewerblichen Personenverkehr für die Bundesverkehrswegeplanung: FE-Projekt 96.996/2011 Zeitkosten Personenverkehr.

- Entwurf Schlussbericht. ETH Zurich, 2014.
- [38] Ivehammar P. Valuing environmental quality in actual travel time savings – The Haningeleden road project in Stockholm. *Res Transp Econ* 2014;**48**:349–356. DOI: <https://doi.org/f248t6>
- [39] Weis C, Kowald M, Danalet A, Schmid B, Vrtic M, Axhausen KW, et al. Surveying and analysing mode and route choices

- in Switzerland 2010–2015. *ETH Zürich Research Collection* 2020;30. DOI: <https://doi.org/fxwv>
- [40] Bouscasse H, de Lapparent M. Perceived comfort and values of travel time savings in the Rhône-Alpes Region. *Transp Res Part Policy Pract* 2019;**124**:370–387. DOI: <https://doi.org/ggw592>



The value of travel time savings in the light of a literature review

Prior to the proliferation of mobile communication and smart devices, as well as broadband internet access, travelling meant a forced isolation in most cases, so determining the value of time lost while traveling had great importance. The development of infocommunications has changed travel habits, yet determining the value of travel time savings (VTTS) has remained an important element evaluating transport infrastructure and service improvements. In addition to theoretical calculation methods based mainly on willingness to pay, the Hensher formula plays an important role, the latter can be used primarily to evaluate the time savings of work-related travel. Due to the limitations of the theoretical calculations, empirical studies play a decisive role in the exploration of travel time savings—this is presented in details in our paper. In addition to presenting the theory of determining VTTS, we examined studies that are relevant to the topic and that present novel results in their methods and applications. Based on the results of the studies, we found that the time value of the trips is influenced by a significant number of effects, therefore the determination of the time value can only be managed with caution and with the help of a model that also takes local characteristics into account.



Der Wert der Reisezeitersparnis im Lichte einer Literaturübersicht

Vor der Verbreitung von Mobilkommunikation und intelligenten Geräten sowie des Breitband-Internetzugangs bedeutete Reisen in den meisten Fällen eine erzwungene Isolation, sodass die Bestimmung des Zeitverlusts während des Reisens von großer Bedeutung war. Die Entwicklung der Infokommunikation hat die Reisegewohnheiten verändert, doch die Bestimmung des Werts der Reisezeitersparnis ist nach wie vor ein wichtiges Element zur Bewertung der Verbesserung der Verkehrsinfrastruktur und der Dienstleistungen. Neben theoretischen Berechnungsmethoden, die hauptsächlich auf der Zahlungsbereitschaft beruhen, spielt die Hensher-Formel eine wichtige Rolle. Letztere kann in erster Linie zur Bewertung der Zeitersparnis bei arbeitsbedingten Reisen herangezogen werden. Aufgrund der Einschränkungen der theoretischen Berechnungen spielen empirische Studien eine entscheidende Rolle bei der Erforschung von Reisezeiterparnissen, dies wird in unserer Arbeit ausführlich dargestellt. Neben der Darstellung der Theorie zur Bestimmung des Werts der Reisezeiterparnis haben wir themenrelevante Studien untersucht, die neue Ergebnisse in ihren Methoden und Anwendungen präsentieren. Basierend auf den Ergebnissen der Studien haben wir festgestellt, dass der Zeitwert der Fahrten durch eine signifikante Anzahl von Effekten beeinflusst wird, daher kann die Bestimmung des Zeitwerts nur mit Vorsicht und mit Hilfe eines Modells durchgeführt werden, das dies auch tut berücksichtigt lokale Merkmale.

Műholdas navigációs eljárások bevezetése magyarországi vidéki repülőtereken

2019 nyarán egy új közlekedési díjat alapított a Nemzeti Útdíjfizetési Szolgáltató Zrt. (NÚSZ Zrt.) és a Közlekedéstudományi Egyesület (KTE) Közlekedési Innovációs Díj néven. A pályázat célja az alapítók meghatározása szerint az „innovatív jellegű kezdeményezések és tudományos elképzelések felkarolása”. A cikk a 2020. évi Közlekedési Innovációs Díj nyertes pályamunkájának bemutatása.

DOI 10.24228/KTSZ.2021.2.2

Dr. Somogyi Rita

stratégiai és projektmenedzsment osztályvezető
HungaroControl Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt.
e-mail: rita.somogyi@hungarocontrol.hu

1. BEVEZETÉS, HÁTTÉR

A légi közlekedésben a repülőterek végső megközelítése évtizedeken keresztül földi navigációs állomások jeleinek használatával történt. Nagyon hasonlóan ahhoz, ahogy a hajók a világítótorony jelzésének segítségével meg tudják határozni pozíciójukat a kikötőhöz képest, ugyanígy a légi járművek is képesek az NDB (*non-directional beacon*), a VOR (*VHF omnidirectional range*), a DME (*distance measuring equipment*) eszközök révén pozícióadatokat számolni. A végső megközelítési egyenesen az ILS (*Instrument Landing System*) áll rendelkezésükre ahhoz, hogy pontosan háromfokos szögben landoljanak a leszállópályán.

Az elmúlt évtizedekben a repülőtereken a robusztussága és elterjedtsége miatt az ILS szinte egyeduralkodó volt. Ugyanakkor a globális navigációs rendszerek megjelenésével lehetőség van egy merőben új koncepció alkalmazására: a GPS, GLONASS és GALILEO (azaz a GNSS) jeleinek felhasználásával a he-

lyi infrastruktúra költséges kiépítése nélkül is lehetővé válik a légikikötők megközelítése. Azonban önmagukban ezek a jelek nem elegendőek: nem a pontosságuk, hanem az integritásuk jelenti a fő kérdést. A légi navigációban nem az a legnagyobb probléma, ha a jel a pontossági követelményektől kis mértékben eltér, hanem az, ha a légi jármű vezetője meg van győződve róla, hogy pontosan ismeri a helyzetét, miközben a rendszer hibás pozícióadatot szolgáltat. Így a végső megközelítés során könnyen hegynek vagy egyéb földi tereptárgynak ütközhet a légi jármű. Ez utóbbi az integritás fogalma, és Európában az EGNOS (*European Geostationary Navigation Overlay Service*) az a földi és űrszolgáltatásból álló rendszer, amely biztosítja, hogy a GNSS jelei nem csak megfelelő pontosságban, hanem megfelelő megbízhatósággal is rendelkezésre álljanak.

Mindezen rendszerek használatával nyílik lehetőség arra, hogy a GNSS-jelek segítségével műholdas navigációs eljárásokat hozzunk létre a légi közlekedés számára.

A korábban már említett ILS-rendszer előnye, hogy pontos bevezetést tesz lehetővé igen alacsony elhatározási magasságig. Ez az a magasság, ahol a légi jármű vezetőjének döntenie kell arról, hogy az időjárás és látási viszonyoktól függően befejezi-e a leszállást vagy ártartol, és egy újabb körben próbálkozik újra; esetleg kitérő repülőterre megy. Az ILS hátránya viszont, hogy nagyok a beruházási és – a rendszeres kalibrációs szükséglet miatt – fenntartási költségei. Emellett konkrétan meghatározott az az egyenes, amely mentén a végső megközelítésnek meg kell történnie.

A műholdas navigációs eljárások tehát ott mutatnak komparatív előnyt, ahol a repülőter nem képes finanszírozni egy vagy akár az összes pályavégen az ILS használatát, vagy ha erre képes is lenne, de a domborzati, terep- vagy a légtérkialakítási viszonyok miatt fizikailag nem fér el az a háromfokos egyenes, amely mentén a megközelítés végrehajtható. Környezetvédelmi megfontolások szempontjából is nagyon előnyös a műholdas navigációs – vagy más néven teljesítményalapú – PBN (*performance based navigation*) eljárások használata, hiszen a rugalmas vonalvezetésének köszönhetően kikerülhetők például a zajérzékeny területek.

2. PBN IMPLEMENTATION IN HUNGARY – INEA TÁRSFINANSZÍROZOTT PROJEKT

A projekt megvalósulásának érdekében 85%-os támogatási intenzitású forrást pályáztam meg és nyertem el a csapatommal az INEA-tól (*Innovációs és Hálózati Projektek Végrehajtó Ügynökség*), amely európai intézmény a közlekedési innovációs projektek megvalósulását hivatott előmozdítani. A feladat végrehajtásának finanszírozását a fennmaradó mértékben a HungaroControl Magyar Légiforgalmi Szolgálat, a munkahelyem támogatta.

A PROJEKT ALAPADATAI

- Megvalósítás időszaka: 2017. 09. 01. - 2020. 12. 31.
- Maximum elszámolható költség: 813 380 EUR
- Támogatási intenzitás: 85%
- Maximum EU támogatás: 691 373 EUR

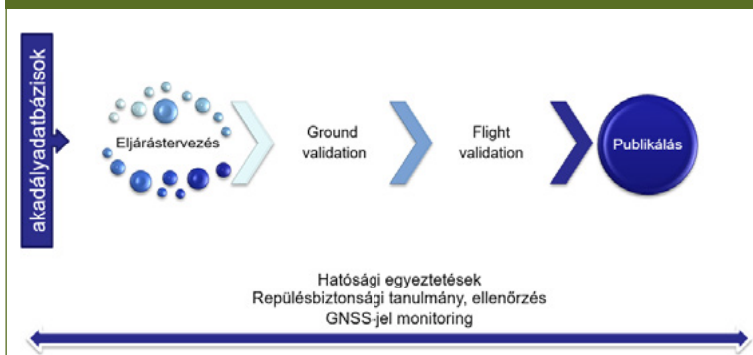
A projekt komplex feladatrendszer végrehajtását tűzte ki célul: egyrészt, a műholdas navigációs eljárások megtervezését és bevezetését, másrészt egy magyarországi GNSS monitoringrendszert kialakítását és üzemeltetését.

3. A PROJEKT RÉSZLETES BEMUTATÁSA

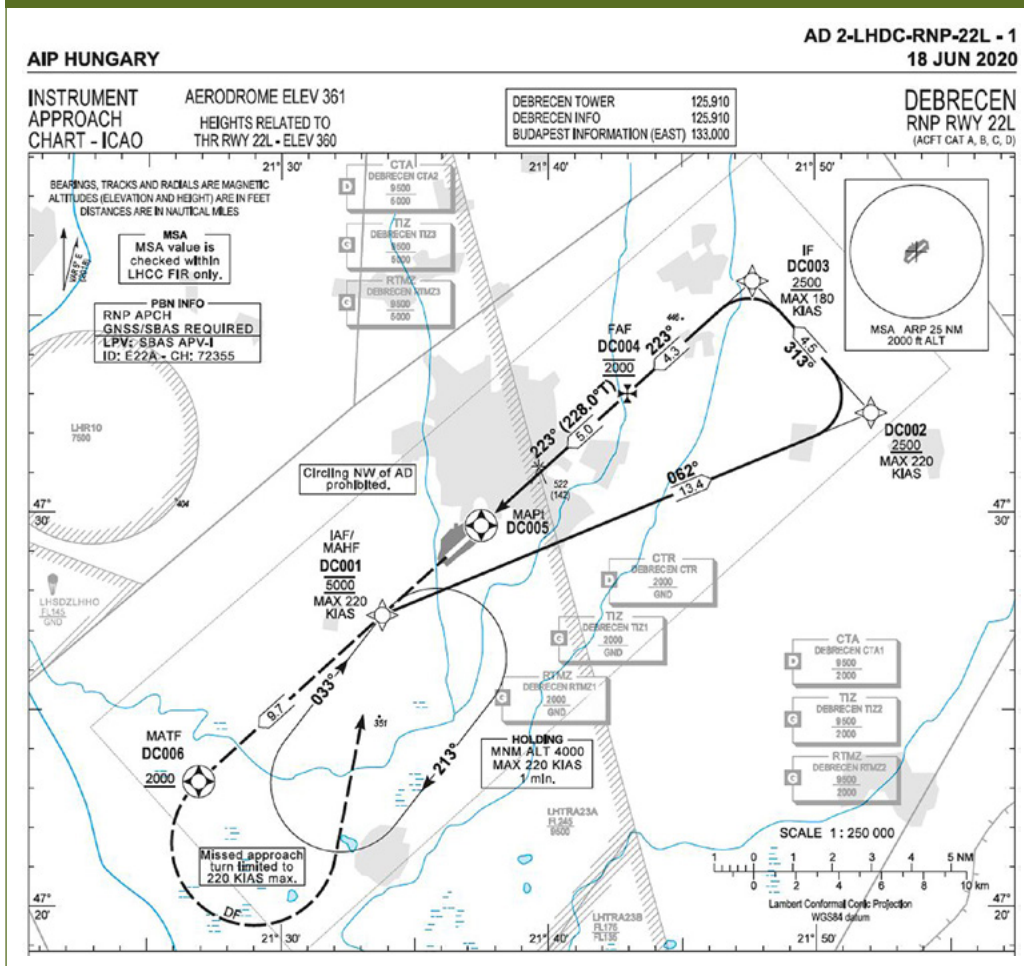
3.1. A műholdas megközelítési eljárások kialakítása

Az eljárások kialakításához első lépésként akadályadatbázisokat kell beszerezni: fel kell mérni egy geodéziai szolgáltató vállalkozással, hogy a repülőteren és annak környékén hol található olyan tereptárgyak, amelyek bizonyos szempontrendszer figyelembevételével (az Polgári Repülés Nemzetközi Szervezetének, az ICAO-nak a 15. Annexé szerint) potenciálisan veszélyesek lehetnek a megközelítések során. Egyes repülőtereken már *ab ovo* rendelkezésre álltak ezek az akadály-adatbázisok, ám néhány repülőter esetében a projektnek kellett gondoskodnia ezekről.

1. ábra: A projekt fő feladatai



2. ábra: A debreceni repülőtér 22L irányából történő műholdas megközelítési eljárás

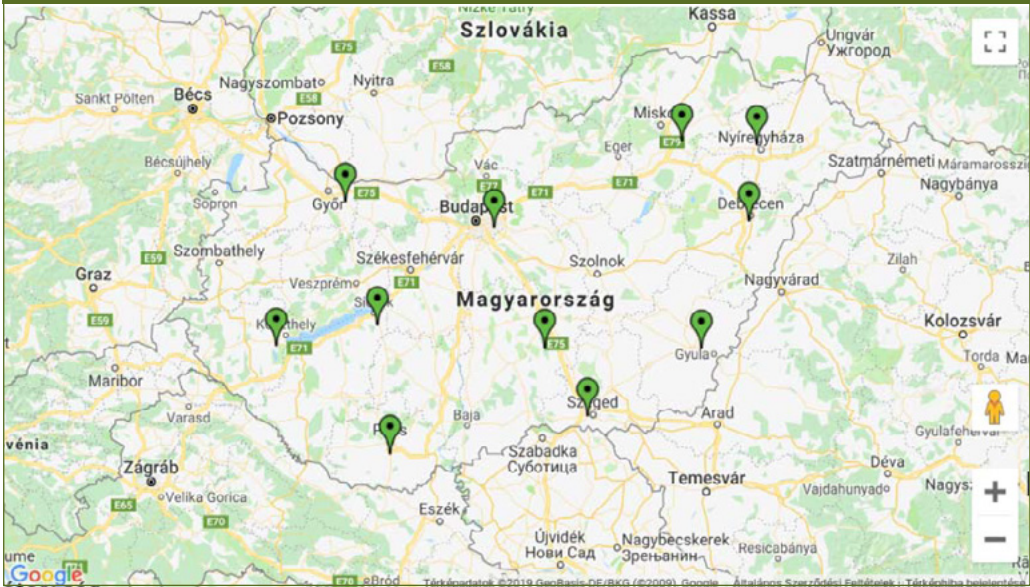


Miután leszerződtek, és a beszállító, a *GeoService Kft.* szállította ezeket az adatokat, következő lépés maga az eljárásstervezés volt. Ennek folyamán készültek el azok a 3D profilok és ezeket tartalmazó térképek, valamint az elhatározási magasságok minimumai, amelyek a tényleges eljárásokat jelentik. Annak érdekében, hogy ezek biztonságos voltáról meggyőződjünk, ezt követően egy ún. „ground validation” hajtottunk végre. Ez egy „földön”, lényegében számítógépes környezetben történő ellenőrzés, amely a kiszámított útvonalak alkalmasságát vizsgálja. Mivel a biztonság szavatolása elsődrendű szempont a projekt egésze alatt, ezt a keresztellenőrzést az előzőektől

független szakértőkkel, a *Pildo Labs* bevonásával hajtottuk végre.

A földi ellenőrzést követte a légi ellenőrzés, a „flight validation”. Ennek során minden egyes eljárást ténylegesen berepültünk egy magyarországi légi fuvarozó vállalkozás segítségével, és a fedélzeten a műholdas jelek rendelkezésre állását a *Pildo Labs* Platero elnevezésű termékével külön is ellenőriztük. Csak ezek után kerülhet sor az eljárásoknak a Légiforgalmi Tájékoztató Kiadványban történő publikálására, ahonnan valamilyen légtérhasználó, illetve az adatokat a pilóták számára feldolgozható formába öntő ún. data house-ok számára térítésmentesen elérhetők.

3. ábra: GNSS-érzékelők telepítési helyszínei



A projekt során hét polgári és három katonai repülőtérre történt meg az eljárások kidolgozása. A pályázat benyújtásakor már valamennyi repülőtérre (LHBC – Békéscsaba, LHDC – Debrecen, LHPR – Győr-Pér, LHKE – Kecskemét, LHNY – Nyíregyháza, LHPA – Pápa, LHPP – Pécs-Pogány, LHSM – Sármellék, LHUD – Szeged, LHSS – Szolnok) lezajlott a berepülés is, a publikálások adminisztratív teendői zajlanak. A projekt célzott végdatuma 2020. december 31. Az 1. ábra a projekt fő feladatait, a 2. ábra a debreceni repülőtér 22L irányára már publikált, és az AIP-ben (az ais.hungarocontrol.hu-n) nyilvánosan is elérhető térképét mutatja.

3.2. A GNSS-monitoringrendszer kiépítése, üzemeltetése és az adatok elemzése

A projekt másik fő pillére, hogy kiépítésre került egy földrajzilag az egész országot lefedő GNSS-jelmérő hálózat, amelynek az adatait központilag elemezni tudjuk. A telepítési helyszíneit a 3. ábra mutatja. Az adatokat mobil távközlési kapcsolattal juttatjuk el a Pildo Labs által biztosított felhőszolgáltatásba, ahol a The Owl nevű rendszerrel lehet azokat elemezni. Emellett a nyers adatokat külön is feldolgoztuk.

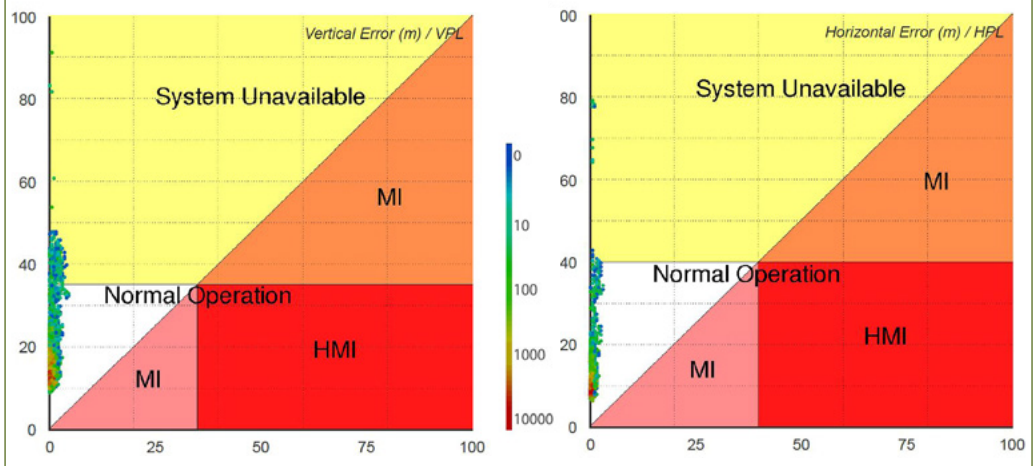
Közel nem a teljesség igényével, a mért eredményekre látható egy példa a 4. ábrán. Ezek az ún. Stanford plotok azt mutatják, hogy a vízszintes és a függőleges hiba mekkora gyakorisággal hol helyezkedett el a havi mérések során. A tényleges eredményt az ábrán bejelölt pontok mutatják, a mérések számát színskála jelzi.

Az ábrán az „MI” (*misleading information*) és „HMI” (*hazardously misleading information*) feliratok jelzik azokat a területeket, ahova ha mérés kerül, akkor félrevezető a kapott pozícióadat. Látható, hogy a diagramon jelen esetben valamennyi pont a normál működést jelentő térfélen helyezkedik el, azonban voltak olyan mérési pontok, amikor a függőleges hibaérték meghaladta a tűrést (az ún. *vertical protection level*). Ilyen és ehhez hasonló esetek miatt van szükség a mérőrendszer üzemeltetésére, és ezeket az eseményeket lehet még jobban kivizsgálni.

3.3. A projekt mérföldkövei és megvalósítása

A könnyebb átláthatóság kedvéért az 1. táblázat tartalmazza a projekt fő mérföldköveit,

4. ábra: Függőleges és vízszintes hibaértékek 2020. májusában az egyik - szándékosan nem jelölt - mérési helyszínen



és ez egyben dokumentálja a megvalósítás lépéseit is. Részleteiben vizsgálva látható, hogy nagy komplexitású projektről van szó, amely a végrehajtás során számos változtatást is igényelt (ez figyelhető meg a mérföldkövek egymásutánosságában, hiszen azok sorszám szerint nem mindenhol a „logikus” sorrendben követik egymást).

Mivel a HungaroControl nem üzemeltetője a vidéki repülőtereknek, ezért külön megoldást igényelt az a körülmény, hogy hogyan adhatja át a légiforgalmi szolgáltató az adatokat ezekre a repülőterekre. Az utóbbira ugyanis feltétlenül szükség volt, hiszen akár az adatminőséggel kapcsolatos ADQ-rendelet miatt ilyen, a biztonság szempontjából kardinális eljárások, akár az adatok csak olyan féltől származhatnak az AIP-ben való publikálás céljaira, aki azoknak a felhatalmazott „tulajdonosa”, és azokért maradéktalanul felelősséget vállal. Ennek érdekében minden egyes vidéki repülőtérral kötnünk kellett egy ún. átadási szerződést, amellyel így az adatok megfelelő felhasználása biztosítottá vált.

4. KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK

Bár a projekt még a megvalósulás fázisában van, és csak 2020. év végével zárul le; a GNSS monitoringrendszer által gyűjtött adatok

elemzése már megkezdődött, illetve vannak olyan kapcsolódó tudományos kérdések is, amelyeket elkezdtünk feldolgozni. A kapcsolódó tudományos publikációk felsorolását tartalmazza az alábbi lista.

- Bence Takács, Rita Markovits-Somogyi, Mercedes Reche, „Deployment of the Hungarian E-GNSS Network and the results of its first year of operation” H-Space, 6th International Conference on Research, Technology and Education of Space, Budapest, 27-28 February 2020.
- B. Lupsic and B. Takács, “Analysis of the EGNOS ionospheric model and its impact on the integrity level in the Central Eastern Europe Region,” International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing (2002-), vol. XLII-4/W14, pp. 159–165, 2019.
- Markovits-Somogyi, R., Takács B., de la Fuente, A., Lubrani, P., “Introducing E-GNSS navigation in the Hungarian Airspace,” in Selected papers of the 3rd International Conference on Research, Technology and Education of Space (H-SPACE2017), 2017.
- B. Takács, Z. Siki, and R. Markovits-Somogyi, “Extension of RTKLIB for the calculation and validation of protection levels,” International Archives of

1. táblázat

Mér-földkő száma	Leírása	Befejezés várható időpontja	Az igazolás módja
1	Projektindító megbeszélés	31/12/2017	Kiadott sajtóközlemény https://www.hungarocontrol.hu/sajtoszoba/hirek/pbn4hu
2	Tájékoztatás az eredményekről	31/12/2020	Kiadott sajtóközlemény
3	Akadályadatbázis 2017-ben legalább egy repülőtérré	31/12/2017	HungaroControl által kiadott teljesítésigazolás
4	Akadályadatbázis 2018-ben további négy repülőtérré	31/12/2018	HungaroControl által kiadott teljesítésigazolás
5	Legalább egy eljárás elkészül 2017-re	31/12/2017	A megközelítési eljárások független szakértő által validált térképei
6	További öt eljárás elkészül 2018-ban	31/12/2018	A megközelítési eljárások független szakértő által validált térképei
7	További két eljárás elkészül 2019-ben	31/12/2019	A megközelítési eljárások független szakértő által validált térképei
8	Az eljárások publikálva az AIP-ben	31/12/2020	Hatósági jóváhagyás mind a tíz repülőtérré
9	A berepülés kész 2018-ban öt repülőtérré	31/12/2018	A berepülések jegyzőkönyvei
10	A berepülés kész 2019-ban egy repülőtérré	01/11/2019	A berepülések jegyzőkönyvei
11	GNSS monitoring rendszer műszaki specifikációja kész	31/12/2017	Külső szakértő által jóváhagyott műszaki specifikáció
12	GNSS monitoring rendszer eszközeinek beszerzése	31/07/2018	Aláírt szerződés
13	GNSS monitoring rendszer telepítése	31/12/2018	Az első státuszriport külső szakértő által jóváhagyva
14	Eljárások készen vannak két repülőtérré 2020-ban	31/07/2020	A megközelítési eljárások független szakértő által validált térképei
15	Berepülés kész négy repülőtérré 2020-ban	31/08/2020	A berepülések jegyzőkönyvei
16	GNSS monitoring rendszer üzemeltetés	19/09/2020	Az alvállalkozónak kiadott teljesítésigazolás

Photogrammetry and Remote Sensing (2002-), vol. XLII-4/W2, pp. 161–166, 2017.

- B. Takács and R. Markovits-Somogyi, “GNSS-monitoring légi navigációs alkalmazások szempontjából,” GEOMATIKAI KÖZLEMÉNYEK / PUBLICATIONS IN GEOMATICS, vol. XX., pp. 47–54, 2017.

5. AZ ELBÍRÁLÁST SEGÍTŐ SZEMPONTOK BEMUTATÁSA

• **Innovatív jelleg:** a megvalósult fejlesztés innovatív jellegét a projekt finanszírozásához szükséges háttérrel részben nyújtó európai intézmény természetén túl az is mutatja, hogy nem csak egyszerű eljárástervezést hajtottunk végre tíz magyarországi vidéki repülőtérré, hanem ezt összekapcsoltuk egy tizenegy mérőállomásból álló GNSS jelmonitorozó és analízáló hálózat kiépítésével is, amelyből a kapott adatokat tudományos igényességgel elemeztük, illetve a továbbiakban is vizsgáljuk. A mérések során számos olyan jelenséget sikerült feltárni, amelyek további tudományos vizsgálódás tárgyai lehetnek, ezek kiértékelése jelenleg is zajlik. Az eddig felmerült kérdésekre a válaszainkat pedig a kapcsolódó tudományos közleményekben megjelenítettük.

• **Megvalósítás mértéke:** A műholdas navigációs eljárások a magyarországi légiforgalmi tájékoztató kiadványban (az AIP-ben) szereplő valamennyi vidéki repülőtérré bevezetésre kerülnek a projekt révén, és ezt kiegészítve a teljes, tizenegy szenzorból álló hálózat kiépítése is megvalósult. A repülőterekre az eljárások bevezetése szakaszosan folyamatban van, míg a monitoringrendszer már egyéves próbaüzemen van túl. Az utóbbiból származó adatok tudományos igényű feldolgozása folyamatban van.

• **Hasznosság:** Az eljárások bevezetése operatív lehetőségeket ad a légtérhasználók kezébe, hogy kedvezőtlen időjárási körülmények között is meg tudják közelíteni az érintett repülőtereket. A fejlesztés hozzájárul a régiók kohéziójához az országon belül. Ezen felül ezzel a magasabb technológiai színvonallal

olyan légtérhasználókat is meg lehet szólítani, akiknek ez a megközelítési lehetőség képzési, oktatási, gyakorlati szempontból fontos. Nem elhanyagolható továbbá az a multiplikátor hatás, amely a közlekedési infrastruktúra fejlesztése és a mobilitás elősegítése révén pozitív gazdasági folyamatokat képes katalizálni.

• **Tudományos hatás:** komplementer jellegéből és a telepített GNSS-jelmonitorozó rendszer által gyűjtött adatoknak köszönhetően a projekt nem csupán egy légiforgalmi szolgáltató reguláris projektje, amely operatív igényeket elégít ki, hanem külön hangsúlyt fektettünk arra, hogy a monitoringrendszerből érkező adatokat tudományos igényességgel feldolgozzuk. Ennek kezdeti eredményeit a BME Általános és Felsőgeodéziai Tanszékének munkatársaival együttműködve már rögzítettük tudományos publikációk révén, illetve az adatok gyűjtése jelenleg is folyik. Különösen érdekes az ország keleti felének vizsgálata, amely bizonyos időszakokban kikerülhet a legmagasabb szintű EGNOS-lefedettség alól; illetve a rendszeresen tapasztalható GNSS-interferenciák elemzése is tudományos hozzáadott értékkel rendelkezik.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Az előzőekben bemutatott, az INEA és a HungaroControl által finanszírozott innovációs projekt két fő területen hajt végre fejlesztéseket és kapcsolódó kutatást.

A pályázat egyik tevékenységcsomagja a magyarországi vidéki repülőterekre történő PBN (műholdas navigációs) eljárások megtervezésére fókuszál. Hét polgári és három katonai repülőtérré, nevezetesen LHBC – Békéscsaba, LHDC – Debrecen, LHPR – Győr-Pér, LHKE – Kecskemét, LHNY – Nyíregyháza, LHPA – Pápa, LHPP – Pécs-Pogány, LHSM – Sármellék, LHUD – Szeged, LHSS – Szolnok repülőterekre történik meg 2020. év végéig az eljárások elkészítése. A pályázat második fő tevékenységcsomagja pedig egy olyan GNSS-monitorhálózat kiépítését szolgálta, amely az EGNOS augmentációs rendszer működésének ellenőrzésére és elemzésére képes, és amely a

műholdas navigáció kapcsán felmerülő kérdések tudományos igényességű elemzését is lehetővé teszik. A projekt eredményei között tehát nem csak egy operatív igényt kiszolgáló megoldás kerül kialakításra és bevezetésre, hanem ezen tudományos határterület témáinak tudományos vizsgálata és ezek publikációja is megtörténik.

Nem utolsósorban ez az innovatív K+F projekt azért is megérdemli a kitüntetett figyelmet, mert egy olyan alulról jövő kezdeményezést és jó példát mutat be, amikor európai uniós forrásokat tudunk megszerezni annak érdekében, hogy a magyar repülést, ezen belül is a vidéki régiók kohézióját elősegítsük.
(A pályázat benyújtása: 2020. 06. 30.)



The introduction of satellite navigation procedures at Hungarian rural airports

In the summer of 2019, the National Toll Payment Service Ltd. (NÚSZ Zrt.) and the Hungarian Scientific Association for Transport (KTE) established a new transport award called the Transport Innovation Award. The aim of the competition, as defined by the founders, is to “embrace innovative initiatives and scientific ideas”. This article is a presentation of the winning entry for the 2020 Transport Innovation Award.



Einführung von Satelliten-navigationsverfahren auf ungarischen Landflughäfen

Im Sommer 2019 haben die Nationale Mauterhebung Geschlossene Dienstleistung AG und die ungarische Wissenschaftliche Vereinigung für Verkehr (KTE) einen neuen Preis für die Innovation im Verkehr gegründet. Das Ziel des Wettbewerbs ist laut der Definition von den Gründern „die Förderung von innovativen Initiativen und wissenschaftliche Ideen“. Dieser Artikel ist eine Präsentation des Beitrags vom Gewinner des Preises für die Innovation im Verkehr in 2020.

E számunk lektorai

Barlog Károly ■ Dr. Katona András ■ Perger Imre
Dr Pósfalvi Ödön ■ Dr. Tánczos Lászlóné ■ Dr. Tóth János



Közúti infrastruktúra konfliktus-helyzete a magasan automatizált járművekkel

A közúti jelzések és a közlekedési infrastruktúra jelentősen befolyásolják a magasan automatizált vagy autonóm járművek viselkedését. Az automatizáltság azonban nem mindig jelent előnyt a jelenlegi közúti infrastruktúra vonatkozásában. Előfordulhat, hogy a magasan automatizált járművek szigorúbban betartják a közlekedési szabályokat, emiatt az önvezető funkciók váratlan beavatkozásokat hajthatnak végre a járművek haladása közben. Azonban ez sok esetben azért is jelenthet gondot, mert maguk a szabályok sem mindig megfelelők.

DOI 10.24228/KTSZ.2021.2.3

Lengyel Henrietta – Tettamanti Tamás – Szalay Zsolt

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Gépjárműtechnológiai Tanszék - Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék - Gépjárműtechnológiai Tanszék
e-mail: henrietta.lengyel@auto.bme.hu, tettamanti.tamas@kjk.bme.hu, zsolt.szalay@auto.bme.hu

1. BEVEZETÉS

A különféle vezetési segéd vagy más néven vezetési asszisztens („ADAS” – Advanced Driver Assistance System) funkciókkal ellátott járművek gyorsan elterjedtek az elmúlt évtizedben. Mítöbb, az ambiciózus cél az, hogy a következő 20-30 évben teljes mértékben önállóan tudjanak a közúti gépkocsik közlekedni. A magasan automatizált, autonóm járművek és a járművezetést segítő funkciók képesek lehetnek a baleseteket, levegő- és zajszennyezést csökkenteni. A legfrissebb adatok azt mutatják, hogy világszerte több mint 1,3 millió ember hal meg évente közúti balesetek okozta sérülések miatt. Európában ezért fontos célkitűzés volt a közúti halálos esetek számának 50%-os csökkentése 2010-től 2020-ig, illetve a későbbiekben a 0-ra redukálása (azonban ez nem valószínű, hogy teljesülni fog) [1] [2].

Az önvezető járművek jelentős szerepet játszhatnak a balesetek csökkentésében. A gyártók ezeket a gépjárműveket elsősorban az ügyfelek kényelme és biztonsága érdekében fejlesztik. Az autonóm járművek, amelyek növelik az utasok igényeit, új mobilitási szolgáltatásoknak adnak teret a jövőben. Az autonóm szállításon alapuló járműmegosztás (taxi, megosztott személygépjárművek, fix útvonalon mozgó jármű) népszerűvé válik a jövőben. A jövőbeli szállítási, közlekedési rendszer működése valószínűleg meglehetősen összetett lesz, ha a V2V („Vehicle-to-Vehicle” – jármű és jármű közötti), V2X („Vehicle-to-Everything” – jármű és bármi egyéb eszköz közötti) kommunikáció teret nyer [3]. Ugyanakkor néhány kutatás már foglalkozott azzal a kérdéssel is, hogy az autonóm járművek közlekedését a közlekedési táblák, a jelzések és a teljes infrastruktúra milyen mértékben befolyásolja [4].

Egyes kutatók szerint az útszakaszok potenciális infrastrukturális változása az autonóm járművek jövőbeli könnyebb integrálását eredményezheti. Az infrastruktúra fejlesztésének egyik célja lehetne az önvezető járművek számának növekedése. A különféle specifikációjú gyorsító sávok vagy országokként/régióként különböző közlekedési táblák esete tökéletes példája annak, hogy a jövőben az autonóm járművek számának növekedése miatt új szempontokat kell figyelembe venni az úttervezés során (egy ilyen szempont pl. az autonóm járművek besorolásának segítése a gyorsító és lassító sávokba, akár azok teljes áttervezésével [5]). Összefoglalva elmondható, hogy a mikroszkopikus szimulációval történő vizsgálat – mint ahogy a jelen cikkünk is mutatja – hatékonyan képes az önvezető jármű és az infrastruktúra közötti kapcsolatot vizsgálni. Az ilyen vizsgálatok pedig segíthetik, illetve felgyorsíthatják az önvezető járművek elterjedését és elfogadását a közlekedésben [6].

2. AZ AUTOMATIZÁLT VEZETÉS KONFLIKTUSAI

Az asszisztens funkciók fejlesztése a járművekben több célt szolgál, amelyek közül a legfontosabb a környezetre vagy a járművezetőre háruló teher csökkentése és a közúti biztonság fokozása. A járművek automatizáltságának több szintje van, amelyek megmutatják, hogy mennyi feladata van a járművezetőnek és mibe tud beavatkozni az automatika [7].

A teljesen autonóm jövő elérése nem csak a gépjárműgyártók fejlődésétől függ, hanem jelentős változtatásokat igényel a jogszabályokban és az infrastruktúrában. Az ADAS rendszerek már be vannak építve az új járművek nagy részébe; de ezek még mindig a fejlesztési szakaszban vannak. Ez azt jelenti, hogy ezek még nem tökéletesek, hibákat okozhatnak számos közlekedési helyzetben. Az ADAS nevéből adódóan egyértelműen megállapítható, hogy az ezzel a kifejezéssel jelölt rendszereket főleg a járművezetők támogatására használják. Ilyen például a blokkolásgátló fékrendszerek (ABS), a menetstabilizáló (ESC), a kipörgésgátló (ASR), az adaptív sebességtartó automatika (ACC), a sebességsegéd rendszer (SAS) [8].

A mai járműipar egyik jelentős kutatási és fejlesztési témája a járművek automatizálása és különféle asszisztens rendszerek fejlesztése. Ezek újdonsága miatt azonban az ilyen rendszerekre vonatkozó jogszabályok és tesztelési folyamatok kezdetlegesek. Noha vannak olyan szabványok, amelyek bizonyos asszisztens rendszerek tesztfeltételeit tartalmazzák [9], [10], [11]. Ezek azonban sok kritikus forgalmi helyzetet nem fednek le.

Az autonóm, emberi vezető nélküli járművek általában csökkenthetik a balesetek kockázatát. A magasan automatizált járműveknek segíteniük kell az emberi járművezetőket, az autonóm járműveknek pedig teljesen fel kell váltaniuk a vezetőket. A rendszereknek (például közlekedési tábla felismerés, gyalogos felismerés) képeseknek kell lenniük arra, hogy érzékeljék, helyettesítsék a releváns emberi paramétereket, például az észlelést, a láthatóságot és a hallhatóságot [12]. Az automatizált járművek miatt át kell gondolni a jelenlegi szabályokat is, ezért mindenképpen ki kell deríteni, hogy mekkora mértékben kellene megváltoztatni az infrastruktúrát és a közlekedési szabályokat, mielőtt az önvezető járművek megjelennek az utakon.

A cikkben a problémafelvetéshez személyes tapasztalatok kerültek elemzésre. A bizonyításhoz, szimulációk és matematikai módszerek alkalmazása történt [13] [14].

Két szempont alapján választottuk ki a kritikus helyzeteket a szemléltetésre. A fő szempont a magasan automatizált jármű és a közlekedési infrastruktúra konfliktusai. A szcenáriók arra mutatnak rá, hogy a tervezőknek gondolniuk kell az infrastruktúra megváltoztatására a jövőben, mivel a cikkben felsorolt kritikus helyzetek veszélyesek lehetnek a közlekedésben résztvevőkre.

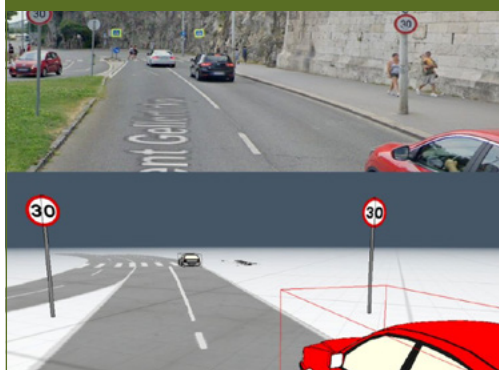
Szintén nehézség, hogy az infrastruktúra a szabályrendszer korszerűsítése mellett jelentős változásokon megy keresztül. Az önvezető járművek jövőbeli elterjedésével egyre inkább felmerül a kérdés, hogy ki felelős egy ilyen járművel bekövetkező baleset esetén. Az au-

tonóm járművekkel kapcsolatos jogi kérdések kritikussá válnak a technológia fejlődésével, a jogalkotók és a járműipari vállalatok is megoldásokat keresnek [15]. Egyes kutatók már elkezdtek kidolgozni döntési modelleket az önvezető járművekkel történt balesetek felelősségének kérdése esetére [16].

3. KRITIKUS SZITUÁCIÓ ELEMZÉSE

A bemutatásra kerülő, vizsgált kritikus helyzet, amely során a sebességsegéd rendszer „SAS” (Speed Assist System) konfliktusba kerül a közlekedési infrastruktúrával.

1. ábra: Kritikus helyzet a valós környezetben és a virtuális környezetben



A vizsgált forgalmi helyzet egy valódi útszakaszon alapul – Budapesten az Erzsébet-híd budai hídfőjénél, ami vezetési tapasztalat alapján lett kiválasztva. Az útszakasznál figyelembe vettük az infrastruktúra kialakítását is (1. ábra).

A szakasz egy kétsávos aszfaltút, ahol a forgalom mindkét sávban azonos irányba halad. Az útszakaszon egy kijelölt gyalogosátkelőhely található, de útkereszteződés és közlekedési lámpák nincsenek. Az útszakasz elejére 50 km/h sebességkorlátozás vonatkozik, de a kijelölt gyalogátkelő előtt lévő 35 méteren már 30 km/h-s korlátozás érvényes. Ezenkívül a korlátozott szakaszon egy záróvonal választja el a sávokat. További jellemzők, hogy az elemzett terület előtt egy lámpás kereszte-

ződést követően kanyarból érkeznek a járművek, amely nehezíti a szakasz beláthatóságát (2. ábra).

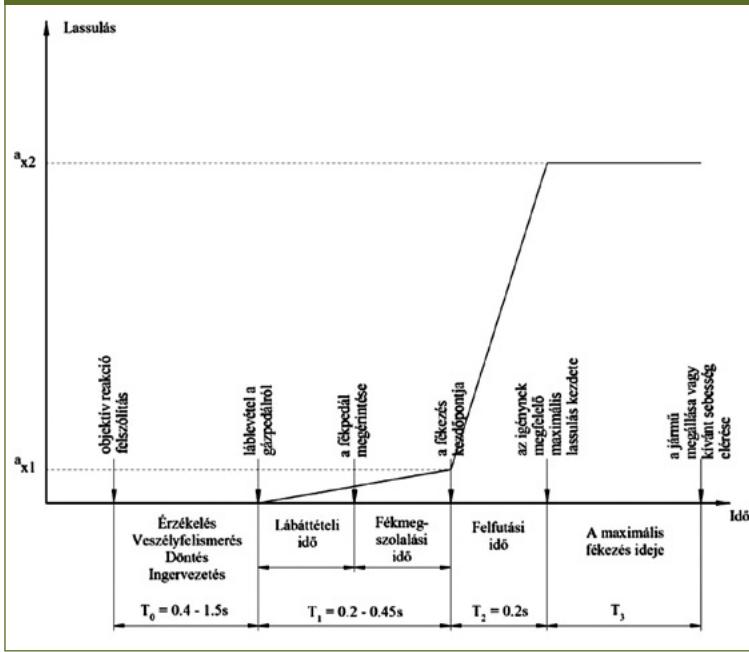
2. ábra: Kritikus helyzet felülnézetben



Ebben az esetben a cél az olyan helyzetek vizsgálata, amelyekben két egymást követő jármű halad az úton, eltérő indulási feltételekkel. Ez egy olyan forgalmi helyzet, amelyben megmutatkoznak az ADAS rendszerek korlátai [19]. A helyzetek leírása során megkülönböztetünk egy elől haladó járművet, illetve egy második, hátul haladó járművet. A helyzetek és a szcenáriók szimulálásakor elvárható, hogy a hely láthatósága és az út minősége kiváló legyen, csakúgy, mint a járművezető vezetési képessége és a járművet irányító különféle asszisztens rendszerek működése. Az elől haladó jármű rendelkezik a "SAS" rendszerrel, a mögötte haladó jármű azonban ember által vezetett gépkocsi és csak a fékezést segítő aktív rendszerekkel rendelkezik (ABS, ESP), amely megakadályozza a kerekek blokkolását. A vizsgált helyzetekben a reakcióidő szignifikáns, mivel az autonóm járműveknek rövidebb reakcióidőre van szükségük, mint az embereknek [20].

Két jármű közötti biztonságos távolságot (követési távolságot) többféleképpen is lehet értelmezni. Abszolút biztos távolságról akkor beszélünk, mikor a követési távot a fékezés igényének megjelenésétől a teljes megállásig megtett útnak vesszük fel. Ez a távolság azonban olyan nagy követési távolságot jelent, amelyet a valós forgalomban nehezen lehetne mindig megvalósítani. A gyakorlatban jellemzően kisebb követési távolságot tartanak a járművezetők, mivel a fékezés igényének felmerülésekor már figyelembe veszik a fékezést kiváltó objekt-

3. ábra: Virtual CRASH szimulációkhoz használt jellemző reakcióidők



egyszerre és annak hatását vizsgáljuk. A kritikus szituációk azok az esetek voltak, amikor olyan objektumokat (gyalogos, jármű, stb.) közelít meg a jármű, amelyeket eredendően mozdulatlanak érzékelt, vagyis valószínűsíthető, hogy a térbeli pozíciójuk nem fog megváltozni. Hasonló eset mikor egy objektum feltételezett útvonala a jármű útvonalát keresztirányban metszi, ami szintén mozdulatlan objektumokhoz hasonlóan a jármű adott pontig történő megállását igényelheti. Ilyenek például a kijelölt gyalogosátkelő és útkereszteződések is.

tum (jelen esetben az elől haladó jármű) haladási sebességét és esetleges lassulását.

Feltételezve, hogy a korszerű járművek körülből ugyanolyan lassulással képesek lassítani, ez a távolság a forgalomban talán már túl kicsinek minősülne. Így szinte csak az érzékelési idő és a fék működésbe lépésig eltelt idő alatt megtett távolságot vesszük követési távolságnak, amely esetben nem marad érzékelési időtartalék.

Azonban mindenképpen meg kell jegyezni, hogy az automatizált rendszerek válaszideje sokkal kedvezőbb, mint az emberi reakcióidő.

A 3. ábra a jellemző reakcióidőket szemlélteti, amelyek szerint az alkalmazott szimulátort (Virtual CRASH) használtuk.

A kritikus szituáció elemzésére érzékenységvizsgálatot végeztünk, amelynek lényege, hogy az egyes szimulációs futtatásokban mindig csak egy paramétert változtatunk

4. A SZIMULÁCIÓS SZOFTVEREK BEMUTATÁSA

Két szimulációs szoftver segítségével került sor az automatizált vezetési és közlekedési infrastruktúra konfliktusainak bemutatására: PreScan és Virtual CRASH. A PreScan a mérés alapjául szolgált a koncepciónk igazolására („proof of concept”), mivel a szoftvert az ADAS funkcióinak tesztelésére tervezték. A Virtual CRASH-t a konfliktushelyzetek részletes elemzésére alkalmaztuk, mert ezt a szoftvert alapvetően balesetkonstrukciókra fejlesztették [21]. A legújabb verziójú Virtual CRASH alkalmas magasan automatizált, autonóm járművek tesztelésére és baleseti vizsgálatára is 2D-s és 3D-s formában.

A Virtual CRASH szoftverben a felhasználók diagramokat rajzolhatnak, 3D modelleket, dokumentációt és környezetet készíthetnek, valamint élethű HD animációkat hozhatnak létre. A Virtual CRASH a Kudlich-Slibar merev test impulzusmodellt használja, és

többpontos érintkező impulzus modellt tartalmaz, amely segítséget nyújtott a méréseinkhez [22].

A Virtual CRASH validált szimulációs szoftver: a benne alkalmazott fizikai modell több tanulmány tárgya volt. A Virtual CRASH teljesítményét összehasonlítottuk olyan szokásos referenciákkal, mint például a RICSAC (Research Input for Computer Simulation of Automobile Collisions) [23] és a JARI (Japan Automobile Research Institute) [24].

Cikkünkben a Virtual CRASH baleset-elemző szoftver EES (Energy Equivalent Speed [km/h]) értékeit használtuk fel, amelyben a jármű sebessége megegyezik a jármű deformációjának előállításához szükséges energiával. Ez a sebességérték kiszámítható a jármű karosszériájának deformációja során elvégzett munkából, és ezt a munkát a deformációs méret alapján lehet becsülni [25].

5. A SZIMULÁCIÓ PARAMÉTEREI

Az asszisztens rendszerek megfelelő értékléséhez elvárható, hogy a fentiekben említett, minden súlyosbító tényező felmerül a mérések során, amelyek a rendszer validálását képezik. A problémafelvetést először a PreScan segítségével elemeztük, amely alátámasztotta az alapfeltételezésünk megfelelőségét. E szerint a nagymértékben automatizált járművek tökéletes szabálykövető viselkedése veszélyes lehet (4. ábra).

4. ábra: Alaphelyzet bemutatása szimulációs környezetben (PreScan-ben) a koncepció igazolásaként („proof of concept”)



Az érzékenységi vizsgálat paraméterei a különböző scenáriókban, az első, nagymértékben automatizált jármű a szabályokat követve:

1. 30 km/h sebességre lassul, és a gyalogos átkelőhelyen gyalogosokra vár. A második jármű 50 km/h sebességgel halad, különböző reakcióidővel és lassulással.
2. 30 km/h sebességre lassul, és a gyalogos átkelőhelyen gyalogosokat vár. A második jármű 55 km/h sebességgel halad, különböző reakcióidővel és lassulással.
3. 30 km/h sebességre lassul, és a gyalogos átkelőhelyen gyalogosokat vár. A második jármű 60 km/h sebességgel halad, különböző reakcióidővel és lassulással.
4. 30 km/h sebességre lassul, és a gyalogos átkelőhelyen gyalogosokat vár. A második jármű 65 km/h sebességgel halad, különböző reakcióidővel és lassulással.
5. 30 km/h sebességre lassul, és a gyalogos átkelőhelyen gyalogosokat vár. A második jármű 70 km/h sebességgel halad, különböző reakcióidővel és lassulással.

Az érzékenységi vizsgálat során egy szimuláción belül mindig csak egy paraméter változik.

Az értékeléshez szükséges adatok:

- Az első jármű tényleges és aktuális sebessége állandó.
- Az első jármű lassulási adatai állandók.
- A második jármű tényleges és aktuális sebessége.
- A második jármű lassulási adatai.
- A második jármű (emberi) vezetőjének reakcióideje.

Kimeneti adatok a mérésekről:

- Első jármű EES értéke.
- Második jármű féktávolsága.
- Második jármű EES értéke.
- Az első és második jármű baleseti adatai.

A mérések megmutatják, hogy a szimulációban minden a várt módon működik. A járművek megfelelő mértékben képesek változtatni a sebességeiken.

Az elvárás a járművekkel szemben, hogy a szimuláció során az első, nagymértékben auto-

matizált jármű a szabályokat követve a megfelelő sávokon belül maradjanak. Az elől haladó jármű követi a meghatározott menetciklust. A második jármű viszont követi az első járművet és az esetvizsgálat során nem akar kikerülő manővert végrehajtani.

6. EREDMÉNYEK

A mérések során 125 db szcenárió keletkezett, amelyekből részeredményeket mutatunk be. Az eredmények és az értékelések egy része táblázatokban és ábrákban található meg. A táblázatokban a veszélyes helyzeteket és baleseteket "X" jelöli. Az üresen hagyott helyek azt jelentik, hogy nem történt baleset.

E forgatókönyv alaphelyzete, hogy az elülső jármű (egy magasan automatizált, szabályokat követő jármű) lelassul a sebességhatárítás miatt. A mögöttes jármű emberi vezetője lendületesen halad (nem lassít le a sebességhatárítás hatására), mivel ez az útszakasz alapvetően megfelelően teljesíthető 50 km/h vagy akár nagyobb sebességgel is. Bemutatjuk, mennyire veszélyes ez a helyzet. Az eredmények megerősítik az állítást. Érzékenységi vizsgálatot végeztünk ennek igazolására, változtatva a reakcióidőket, a lassulási értékeket és a haladási sebességet.

A három lassulási értékre kapott ütközési eredményeket a következő táblázatok mutatják. Az **1. táblázat** azt mutatja, hogy alacsony sebességgel nem történtek balesetek, de 4 m/s² lassulási érték nagyon alacsonynak számít. 55 km/h sebességnél azonban a balesetet csak akkor lehet elkerülni, ha a reakcióidőt lecsökkentjük.

A **2. táblázat** mutatja, hogy nagyobb sebességnél az ütközések csak nagyobb lassulási értékekkel és jó reakcióidővel elkerülhetők.

Megállapítható a **3. táblázat** alapján, hogy 60 km/h-t meghaladó sebességnél a lassulási értékek növekedése és a jobb reakcióidő ellenére sem kerülhető el a baleset.

A diagramok az EES értékeket a sebesség függvényében ábrázolják, és öt reakcióidőt

1. táblázat: Érzékenységi vizsgálat eredménye lassulás: 4 m/s²

Lassulási érték: 4 m/s ²		Baleset történt?				
Reakcióidő [s]	0,8		x	x	x	x
	0,7		x	x	x	x
	0,6		x	x	x	x
	0,5			x	x	x
	0,4			x	x	x
		50	55	60	65	70
		Jármű sebesség [km/h]				

2. táblázat: Érzékenységi vizsgálat eredménye lassulás: 5 m/s²

Lassulási érték: 5 m/s ²		Baleset történt?				
Reakcióidő [s]	0,8			x	x	x
	0,7			x	x	x
	0,6				x	x
	0,5				x	x
	0,4				x	x
		50	55	60	65	70
		Jármű sebesség [km/h]				

3. táblázat: Érzékenységi vizsgálat eredménye lassulás: 6 m/s²

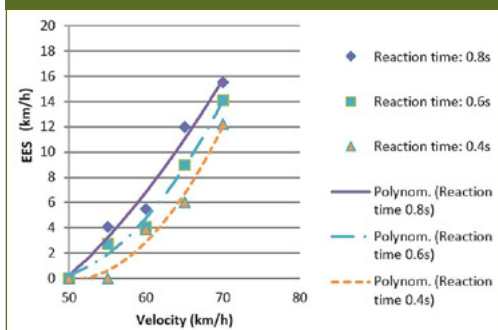
Lassulási érték: 6 m/s ²		Baleset történt?				
Reakcióidő [s]	0,8			x	x	x
	0,7				x	x
	0,6				x	x
	0,5				x	x
	0,4				x	x
		50	55	60	65	70
		Jármű sebesség [km/h]				

mutatnak a megfelelő szemléltetés érdekében. Az eredmények az elvártaknak megfelelő tendenciát hoztak.

Az **5. ábra** bemutatja az EES értékeivel a bekövetkezett vagy nem bekövetkezett balesetek szcenáriói reakcióidő és sebesség függvényé-

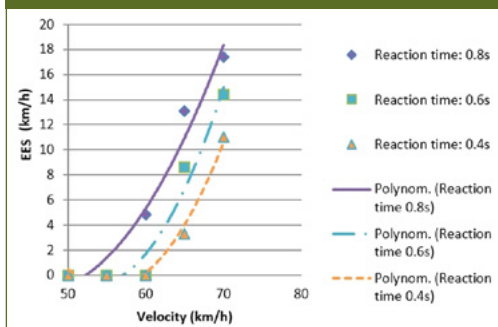
ben. Ha nem történt baleset, az EES értéke 0 km/h; ezt az 50 és 55 km/h sebességnél szemlélteti az ábra, amikor a reakcióidő 0,4 s. A sebesség növekedésével az EES értékek szintén növekednek 4 m/s² lassulás mellett. A diagramból kiolvasható, hogy a reakcióidő romlásával több ütközés történt. A mért pontokhoz polinomot illesztettünk.

5. ábra: Az EES értékek a sebesség, lassulás függvényében: 4 m/s²



5 m/s² lassulási értéken mért eredmények azt mutatják, hogy kevesebb baleset történt. A 6. ábra azt is mutatja, hogy az értékek az elvártaknak megfelelő tendenciát követnek, és három különböző polinom illeszthető a mért adatokhoz.

6. ábra: Az EES értékek a sebesség, lassulás függvényében: 5 m/s²

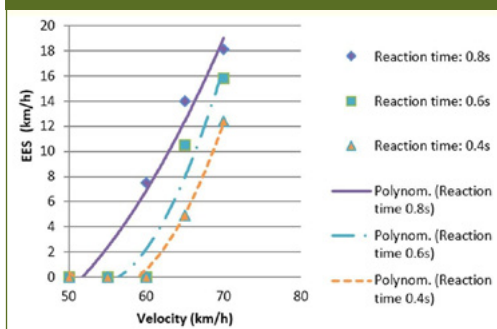


A 7. ábra 6 m/s² lassulási értékeinél a hátul közlekedő jármű biztonságosabban tud megállni az előtte lévő mögött. Nagy sebességnél itt sem kerülhető el az ütközés. Azt is meg kell jegyezni ennél a fékezésnél, hogy egyes

régebbi típusú járművek már nem képesek erre vagy a nagyobb lassítási értékre. Tehát ez a lassulási érték sem garantálja a baleset elkerülését.

A tendencia ezen értékeknél is jól látható, és polinom illeszthető rá. A lassulási értékek növekedése ellenére a nagymértékben automatizált járművek hirtelen fékezése veszélyt jelenthet a többi úthasználóra.

7. ábra: Az EES értékek a sebesség, lassulás függvényében: 6 m/s²



7. ÖSSZEGZÉS

A két szimulációs programmal végzett tesztek alapján megállapítható, hogy mindegyik helyzet kritikus volt annak ellenére, hogy 50 km/h sebességgel nem történt ütközés. Sok esetben a hirtelen fékezés balesethez közeli helyzetet eredményez. A hátul haladó vezető hiába állította meg a járművet, közel került az előtte lévő automatizált járműhöz. A vizsgálat tárgyát egyelőre nem képezte egy nem autonóm jármű, amely a hátul haladó mögött közlekedik. Ez újabb konfliktus helyzetet eredményez. A jövőben ezt is szándékunkban áll megvizsgálni. A 30 km/h határérték ellenére a tesztelt útszakasz paraméterei lehetővé teszik az emberi vezetők számára, hogy 50 km/h sebességgel haladjanak.

A mérési adatok elemzését követően arra a következtetésre jutottunk, hogy a magasan automatizált járművek tökéletes szabálykövető viselkedése veszélyt jelenthet, különösen akkor, ha az infrastruktúrát és/vagy közleke-

desi szabályokat nem alakítják át az automatizált járműveknek megfelelően. A táblázatok azt mutatják, hogy a balesetek a sebesség növekedésével nagyobb eséllyel következnek be. Azt is meg kell jegyezni, hogy nagyobb értékű lassulásra egyes régebbi típusú járművek már nem képesek. Ezenkívül még a megfelelő reakcióidő sem garantálja a biztonságot, mivel nem mindenki képes megfelelően reagálni az elől haladó, hirtelen fékező járművekre.

Továbbá az elemzett szimulációk alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy az autonóm járműveket nem feltétlenül kell a meglévő infrastruktúrához tervezni. Az infrastruktúrának pedig jelentős változtatásokra van szüksége a közlekedési szabályok felülvizsgálatával együtt. Ez új jelzőtáblák telepítését, más típusú sávok létrehozását vagy esetleg új típusú útszakaszok építését (pl. külön sáv az autonóm járművek számára) jelentheti. A cikkben említett kritikus helyzetekkel és problémával már érdemes lenne most foglalkozni, ha az emberek biztonságosan akarnak autonóm járművekben vagy azok előtt/után utazni.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A projektet az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával. EFOP-3.6.2-16-2017-00002.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] A. Szele; L. Kisgyörgy, Autonomous Vehicles In Sustainable Cities: More Questions Than Answers, in Sustainable Development and Planning X, WIT Press, 2018 DOI: <https://doi.org/10.2495/SDP180611>
- [2] A. Torok; T. Derenda; M. Zanne; M. Zoldy, Automatization in road transport: a review Production Engineering Archives, Stowarzyszenie Menedzerow Jakosci i Produkcji, 2018, 20, 3-7 DOI: <https://doi.org/10.30657/pea.2018.20.01>
- [3] C. Csiszár; D. Földes, Operational Model and Impacts of Mobility Service Based on Autonomous Vehicles University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, 2018
- [4] H. Prakken, On the problem of making autonomous vehicles conform to traffic law Artificial Intelligence and Law, Springer Netherlands, 2017, 25, 341-363 DOI: <https://doi.org/10.1007/s10506-017-9210-0>
- [5] C. G.Serna; Y.Ruichek..Classification of Traffic Signs: The European Dataset IEEE Access, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2018, 6, 78136-78148 DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2884826>
- [6] G. Richter; L. Grohmann; P. Nitsche; G. Lenz, Anticipating Automated Vehicle Presence and the Effects on Interactions with Conventional Traffic and Infrastructure EPiC Series in Computing, 2019, 62, 230-243
- [7] SAE J3016 automated-driving graphic, SAE Standards, 2019
- [8] European Commission, Advanced driver assistance systems, European Commission, Directorate General for Transport, European Commission, 2016
- [9] ISO - ISO 7635:2006 - Road vehicles — Air and air/hydraulic braking systems of motor vehicles, including those with electronic control functions — Test procedures
- [10] ISO - ISO 15622:2018 - Intelligent transport systems — Adaptive cruise control systems — Performance requirements and test procedures
- [11] ISO - ISO 11835:2002 - Road vehicles — Motor vehicles with antilock braking systems (ABS) — Measurement of braking performance
- [12] J. Lukacs, A Fuzzy Approach for In-Car Sound Quality Prediction, Acta Polytechnica Hungarica, 2020
- [13] J.-F. Bonnefon; A. Shariff; I. Rahwan, The social dilemma of autonomous vehicles Science, American Association for the Advancement of Science (AAAS), 2016, 352, 1573-1576 DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aaf2654>
- [14] H. Surden; M.-A Williams, Technological opacity predictability and self-driving cars, SSRN Electronic Journal, Elsevier BV, 2016
- [15] J. M. Anderson; N. Kalra, K. D. Stanley, Autonomous Vehicle Technology: A Guide for Policymakers, Rand Corporation, RAND CORP, 2014

- [16] R. Leenes,; F. Lucivero, Laws on Robots, Laws by Robots, Laws in Robots: Regulating Robot Behaviour by Design Law, Innovation and Technology, Informa UK Limited, 2014, 6, 193-220 DOI: <https://doi.org/10.5235/17579961.6.2.194>
- [17] D. Milakis; B. van Arem; B. van Wee, Policy and society related implications of automated driving: A review of literature and directions for future research, Journal of Intelligent Transportation Systems, Informa UK Limited, 2017, 21, 324-348 DOI: <https://doi.org/10.1080/15472450.2017.1291351>
- [18] Y. Wei; C. Avci; J. Liu; B. Belezamo; N. Aydin; P. Li; X. Zhou, Dynamic programming-based multi-vehicle longitudinal trajectory optimization with simplified car following models, Transportation Research Part B: Methodological, Elsevier BV, 2017, 106, 102-129 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trb.2017.10.012>
- [19] G. Meleghe. Neue Methoden in der Unfallrekonstruktion – Virtual Crash. EVU, Volume: 1(1):1–10, 2007
- [20] G. Meleghe, G. Vida, D. Sucha, G. Belobrad, Simulation study of pedestrian impact and throw-distance. Validation of the Virtual Crash program, 2007
- [21] Bob Scurlock. Reconstruction of 60 ° Front-to-Side Staged Collisions with the Virtual CRASH Software Application. Accident Reconstruction Journal, 2017
- [22] Johannes Edelmann, Manfred Plöchl, and Peter Pfeffer, editors. Advanced Vehicle Control. CRC Press, dec 2016
- [23] Karol Sztwiertnia and Guzek Marek. Uncertainty of determining the energy equivalent speed of a vehicle collision by the experimental and analytical method. The Archives of Automotive Engineering, 2017 DOI: <https://doi.org/1014669/AM.VOL76.ART7>



Conflict situation of road infrastructure with highly automated vehicles

Road signs and transport infrastructure significantly influence the behaviour of highly automated or autonomous vehicles. However, automation is not always an advantage in consideration of the current road infrastructure. It can occur that highly automated vehicles are more compliant with traffic rules, causing self-driving functions to perform unexpected interventions while vehicles are moving. However, in many cases this can also be a problem because the rules themselves are not always appropriate. In practice, this means that autonomous functions make it easier for self-driving and non-self-driving vehicles to conflict in certain situations. This paper highlights the potential dangers and uncertainties of highly automated or autonomous vehicles in the context of the current – conventional – transport infrastructure.



Konfliktsituation der Straßeninfrastruktur mit hochautomatisierten Fahrzeugen

Verkehrszeichen und Verkehrsinfrastruktur beeinflussen das Verhalten hochautomatisierter oder autonomer Fahrzeuge erheblich. Angesichts der aktuellen Strasseninfrastruktur bedeutet die Automatisierung jedoch nicht immer einen Vorteil. Hochautomatisierte Fahrzeuge entsprechen möglicherweise besser den Verkehrsregeln, was dazu führen kann, dass selbstfahrende Funktionen unerwartete Eingriffe ausführen, während sich die Fahrzeuge bewegen. In vielen Fällen kann dies jedoch auch ein Problem sein, da die Regeln selbst nicht immer angemessen sind. In der Praxis bedeutet dies, dass selbstfahrende und nicht selbstfahrenden Fahrzeuge wegen den Automomfunktionen in bestimmten Situationen leichter in Konflikt geraten. Die Beschreibung hebt die potenziellen Gefahren und Unsicherheiten hochautomatisierter oder autonomer Fahrzeuge im Kontext der vorhandenen - konventionellen - Verkehrsinfrastruktur hervor.

Dinamikus keréktalperő mérés a közúti forgalomban

Gyorsulásmérési adatokból meghatározható a gépjármű kerekére ható terhelés mértéke, ami az aszfaltburkolatra átadódik rongálva a pályaszerkezetet. A terhelés nagyságát a jármű sebessége és a burkolat felületi minősége befolyásolja. Az útpályaszerkezetek hátralévő élettartam számítására különböző matematikai modelleket alkalmaznak, függően a rendelkezésre álló adatoktól. A kutatás arra irányul, hogy a hátralévő élettartam becsléshez szükséges dinamikus keréktalperő meghatározásához kidolgozásra kerüljön egy mérési módszer.

DOI 10.24228/KTSZ.2021.2.4

Mika Péter

Széchenyi István Egyetem, Győr
e-mail:mika.peter@sze.hu

1. BEVEZETÉS

Az útburkolat-gazdálkodás széles körben kutatott terület. A múlt század közepe óta számos cikk foglalkozott a pályaszerkezetek tönkremenetelével, a méretezéssel, illetve a hátralévő élettartam becslésével [1]–[3]. Számos becslési módszert dolgoztak ki, amelyek a pályaszerkezet éppen aktuális teherbíró képességének megállapításán alapulnak. Egyre több ország vizsgálja és követi nyomon az útpályaszerkezetek teljesítményét. Ezeket a teljesítmény mérőszámokat az Európai Unió 2004-ben indított COST 354-es akciójának keretén belül határozták meg, amelyek közül a legfontosabb ilyen mérőszám az útpályaszerkezet teherbíró képességének jellemzésére szolgál. A legtöbb európai ország a behajlást tekinti műszaki paraméternek, amelynek egyik mérőeszköze az FWD (Falling Weight Deflectometer) berendezés. Ezzel mintegy 4500 km hosszú úthálózat ál-

lapotfelmérését lehet egy év alatt elvégezni. A magyarországi teljes úthálózat bemérése egy mérőautó használatával évekbe telik.

A behajlásmérés roncsolásmentes vizsgálat, amelynek során a teherbíró képesség számításához az egyes rétegek modulusait is meg kell határozni. A behajláson alapuló teherbírásmérés elve, hogy miközben az anyag elfárad az azonos terhelés mellett egyre nagyobb lesz a behajlás mértéke. A pályaszerkezetek roncsolásmentes vizsgálatára és a rugalmassági modulus visszszámolására dolgozott ki eljárást *Bush és Baladi* 1989-ben [4]. Ennek eredményeképpen a modern szenzorok és rendszeridentifikációs technika párosításával, meghatározható a pályaszerkezet rétegvastagsága, aszfalt vagy víztartalom, rugalmassági modulus, csillapítási tényező, kúszás és a relaxáció. Ez a módszer tehát az elsődleges vizsgálati mód a pályaszerkezet anyagtulajdonságainak meghatározásában.

Ezzel a mérési eljárással lehetőség van a pályaszerkezet hátralévő élettartamának becslésére is.

Amennyiben a hátralévő élettartam meghatározása a cél, akkor lehetséges egy újfajta megközelítés, amely szintén roncsolásmentesen képes becslést adni az élettartamra. Ez pedig a dinamikus keréktalperő változásának az érzékelésén alapszik, ugyanis ez jelenti a pályaszerkezet fizikai terhelését, ami az állapotromláshoz vezet. A kialakult többletterhelést a pálya deformációja, illetve a forgalom áramlás sebessége okozza. A dinamikus keréktalperő meghatározásához a jármű rugózott és rugózatlan tömegének gyorsulását kell mérni. A gyorsulási értékek rögzítése menet közben lehetséges, ráadásul háromtengelyes szenzorral egy időben három irány is mérhető, így akár a megtett távolság meghatározására is lehetőség adódik.

A függőleges kerékterhelés időben rendszeresen változó fizikai paraméter. A különböző járműtömegek, a gravitációs középpont, a kerékelfüggesztés, a lengéscsillapító fajtája, a csillapítási tényező, a gumiabroncs típusa, szerkezete, nyomása, sőt még az útfelület egyenletessége is mind befolyásoló tényező. A szakirodalomban számos tanulmány foglalkozott a dinamikus keréktalperő változásának modellezésével [5], [6]. Lechner (2002) modelljében figyelembe veszi a szuperpozíció elvét, feltételezve, hogy a hosszanti és oldalirányú gyorsulások függetlenek. Van, aki 14 szabadság fokú modellel számol [7], ahol a forgásközéppont dinamikáját használja fel a függőleges erő megállapításához. Nielsen [8] munkájában a hosszanti és oldalirányú gyorsulások összekapcsolásával határozza meg a keréktalperőt. Wenzel [9] kutatásában egy Kálmán szűrőt, a DEKF-et (Dual Extended Kalman Filter) használt a keréktalperő becsléséhez. Ezek a tudósok megállapították, hogy a kapott eredmények különböznek a statikus állapotban mért adatoktól, amely eltérés a jármű tömegáthelyeződés számítási hibájának tulajdonítható.

Az 50-es évek kutatásai is foglalkoztak a gépjármű-tengelyterhelés korlátozásának

kérdésével, mivel ez a pályaszerkezetet jelentős mértékben rongálja, ráadásul a pályaszerkezet tervezésénél is a tengelyterhelést veszik alapul. A gépjárműgyártók nem nagyon vették figyelembe a jármű tengelyére megengedhető súlyterhelést, ezért a közúttal foglalkozó szakembereknek folyamatosan lépést kellett tartani a gépjárművek fejlődésével. Az akkoriban épült utak szerkezete hamar tönkrement a növekvő gépjárműsúly és a forgalom miatt, ami nyomvályúkhoz, repedésekhez, kátyúk kialakulásához vezetett. De ez nem csak a burkolatra jelentett veszélyt, hanem a járművekre is. A menetrend szerint közlekedő járművek ráadásul még útvonalat sem választhattak, ezért gyakran előfordult rugó törés, ami a székesfehérvári 68. sz. Autóközlekedési Vállalat adatai alapján 1957-ben 1161 db rugóköteg cserét jelentett, így számottevő többletköltséget okozva a fuvarvállalatnak [10]. A rugótörések oka visszavezethető a többletterhelésre, ami az útvonal rossz állapota, felületi hibája miatt következett be. A korszerű gépjárművek futóműveiben lévő rugót a gépkocsi egész élettartamára tervezik, ennek ellenére a mai napig előfordul idő előtti rugótörés. Ebből az következik, hogy a meglévő rossz állapotú útjaink a tervezett tengelyterhelésnél nagyobb terhelésnek lehetnek kitéve, amit sem a jármű sem pedig az útpályaszerkezet nem visel el, tehát idő előtt következik be repedés, törés.

A cikk fő célkitűzése egy mérési módszer kifejlesztése, illetve bemutatása, amely alkalmas a jármű felfüggesztésére szerelt és a jármű utasterében elhelyezett szenzor adataiból egy meghatározott útszakaszra jellemző kerékterhelés mérésére közúti forgalomban.

A vizsgálathoz megfogalmazott kutatói kérdések:

- Mekkora gyorsulás keletkezik egy rossz minőségű útburkolaton?
- Járműtípustól függetlenül lehetséges a mérés?
- Milyen arány van a rugózott és a rugózatlan tömegen mért gyorsulások között?
- Milyen módszerrel számítható egy adott útszakaszon mért gyorsulástartományokból az

útszakaszra jellemző átlagos dinamikus keréktalperő?

- Van-e összefüggés a rugózott és a rugózatlan tömegem mért gyorsulásértékek közt?

2. AZ ÚTHIBA ÉS A DINAMIKUS KERÉKTALPERŐ KAPCSOLATA

Az első vizsgálat arra irányul, hogy megtudjam mekkora erőhatás éri egy, a közlekedésben részt vevő jármű futóművét, illetve felépítményét egy vélt legrosszabb szituációban. Ehhez egy konkrét kátyún történő áthajtás során keletkezett gyorsulásértékeket vizsgáltam meg. A kiválasztott kátyú mélysége 8 cm az átmérője 72 cm, ami relatív nagyinak mondható. Elvégeztem a kátyú felületének bemérését, a mért adatokból pedig felületmodellét készítettem. Feltevéseim szerint azon az útszakaszon, ahol ekkora méretű kátyú van, ott sebességhatározásra is lehet számítani, ezért a mérést 30 km/h maximális sebesség mellett végeztem el.

Ha a kerékre jutó tömeget állandónak tekintjük, akkor a gyorsulás változása fogja az erő változását okozni, ezért kell ezt mérni. Természetesen a jármű felépítménye az útburkolat egyenetlensége miatt vagy a fékezés és gyorsításból származó tehetetlenségi erő hatására a bólintási centrum körül elfordul. A felépítmény súlypontja kimozdul, ami miatt a kimozdulás irányába eső kerekekre nagyobb erő hat, de ebben a vizsgálatban ettől eltekintek, mivel a talperő változásának kimutatása a cél, ez pedig nyilvánvalóan változni fog.

Az útpályán haladó jármű a futóművén keresztül adja át a terhelést a pályaszerkezetnek. Az erőhatásokból az egyes pályaszerkezeti rétegekben kialakuló feszültségek eltérő hatást fejthetnek ki, ilyenek a rugalmas és a plasztikus alakváltozás, a törés és a szerkezeti átalakulás [11]. Egy jól megtervezett és megépített pályaszerkezetben csak rugalmas alakváltozás engedhető meg. A tönkremenetel során felületi hibák alakulnak ki. A tönkremenetel akkor következik be, amikor az aszfaltréteg alsó szálában keletkező húzófeszültség a kifáradási határfeszültséget meghaladja. Ekkor repedések indulnak meg felfelé, és a burkolat felszínén összefüggő hálós repedés jelenik

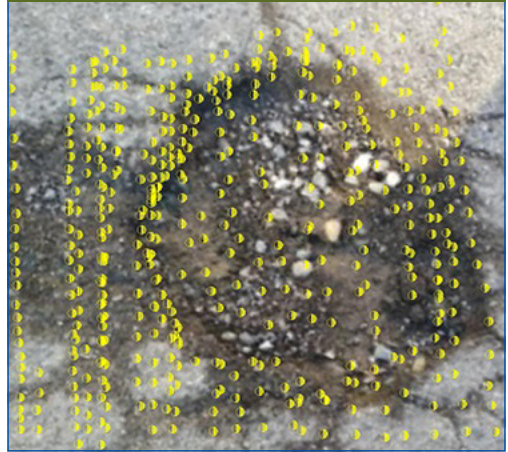
meg. A hajlékony pályaszerkezet nagyobb hajlítási igénybevételt szenved el, vagyis nagyobb eséllyel keletkezik repedés ugyanannál a forgalomnál.

A vizsgálatához felhasznált eszköz:

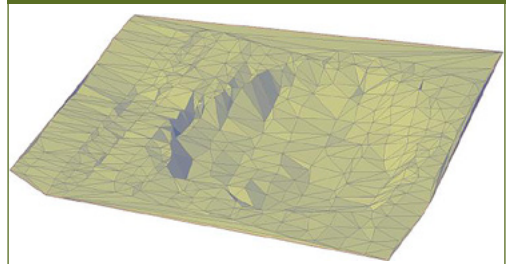
- *Távolságmérő:* Leica Disto S910+Tripod

A felületmodell készítéséhez szükséges a bemért pontok koordinátája, amelyet a lézeres távolságmérővel rögzítettem. A bemért pontok sűrűségét 2-3 cm távolságban határoztam meg, ez megfelelő felbontást nyújt a felület pontos leképezéséhez. A műszer tized milliméteres pontossággal képes a távolságot mérni, amely a vizsgálatához megfelelő. A pontokat a kátyún kívül eső felületen is bemértem a menetiránynak megfelelően kissé elnyújtva, ahogy az **1. ábrán** látható.

1. ábra: A bemért pontok
(saját szerkesztés)



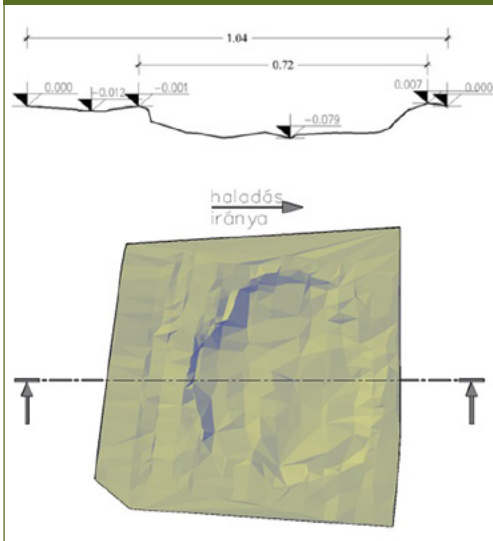
2. ábra: A bemért pontokból készült 3D felület modell (saját szerkesztés)



A bemért pontokból elkészítettem a felületmodellt, a háromszögelés módszerével (2. ábra), amelyből a keréknyom vonalában egy hosszszelvényt készítettem (3. ábra). A felületmodell 483 pontból áll és 1,03 m² a kétdimenziós kiterjedése.

A szelvényből kiderül, hogy mekkora a kátyú legnagyobb mélysége a pályaszínhez viszonyítva és az átmérő is meghatározható. A 3. ábra szemlélteti a felületmodellből készített szelvényt és annak pozícióját.

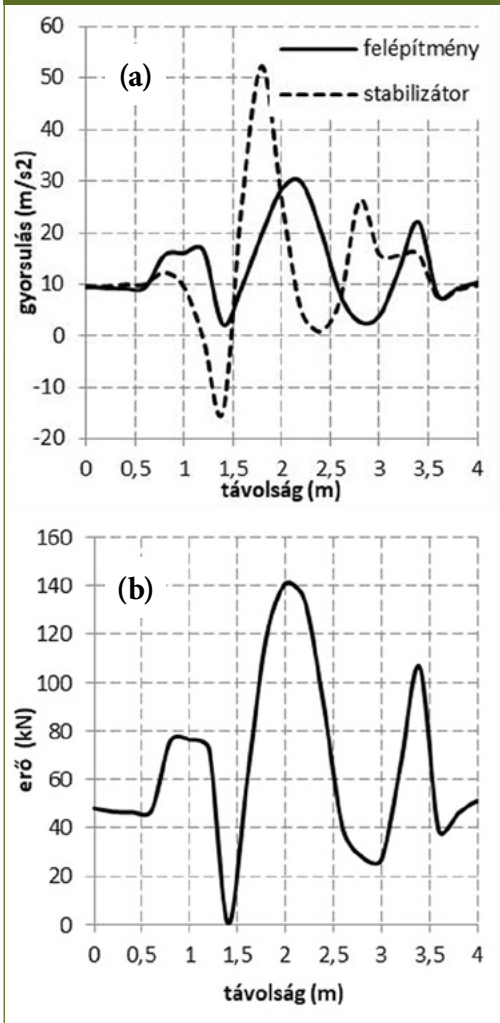
3. ábra: A felületmodellből készített szelvény és a szelvény nyomvonala (saját szerkesztés)



A bemért útprofil és a dinamikus keréktalperő összehasonlításához a kátyún át kell hajtani a mérőkocsival, és közben a kerék, illetve a felépítmény függőleges gyorsulását mérni. A mérésből kiderül, hogy adott sebesség mellett egy adott profilú kátyú mekkora gyorsulást idéz elő, illetve hogy alakul a dinamikus keréktalperő. A számítás során az egységtengelet vettem figyelembe. A mérés eredményét a 4. ábrán mutatom be.

A kátyún 30 km/h-s sebességgel áthajtva 52 m/s² gyorsulást mértem a stabilizátoron és 30 m/s² a felépítményen.

4. ábra: A kátyú okozta gyorsulásváltozás (a) és a keletkezett dinamikus keréktalperő (b) (saját szerkesztés)



3. JÁRMŪDINAMIKAI SZEMPONTOK

Annak eldöntése, hogy függ-e a jármű típustól a dinamikus keréktalperő mérés, különböző kategóriájú járművekkel végeztem mérést ugyanazon az útszakaszon. Mindkét járműtípuson a rugózott és rugózatlan tömegben került elhelyezésre szenzor, és pontosan ugyanazon a szakaszon történt a mérés. Az egyik egy Opel Astra J, a másik jármű pedig Csepel D755-10 volt.

Ha járműdinamikai szempontból közelítjük meg a dinamikus kerékfalperő meghatározását, akkor a lengéscsillapító diagnosztikát kell áttekintenünk. Számos tényező befolyásolja a kerék függőleges gyorsulását, amivel a járműtervező mérnökök a lengéscsillapítók, futóművek tervezésénél számolnak. A legfontosabb kérdés a közlekedésbiztonság, de kényelmi szempontokat is figyelembe vesznek.

A kerék és a burkolat közötti normál erő ismerete közlekedésbiztonsági szempontból nélkülözhetetlen. Ez a függőleges erő meghatározza a jármű stabilitását, a kanyarban a merevségét, amely a vízszintes irányú tapadó erőt befolyásolja. A burkolat terhelése szempontjából, mind a függőleges, mind pedig a vízszintes erőnek szerepe van. A hátralévő élettartamnál figyelembe vett erő vizont a függőleges dinamikus kerékfalperő, mivel az aszfalt alsó szálában kialakuló feszültség jelenti a kritikus terhelést, ami tulajdonképpen egy, a függőleges erőből származó hajlító feszültség. A következő fejezetben leírtak szerint a gyorsulásszenzor segítségével meghatározható ez az erő, de kérdés, hogy megfelelő-e a számítás pontossága? A hátralévőélettartam-becslő modellemben az egység tengely figyelembevételével meghatározott statikus tengelyterhelés közelében egy 1 kN-os terhelés változás akár 6 hónap eltérést is eredményezhet a becsült élettartamban, amit még elfogadhatónak tartok.

Lengéstani szempontból a legkellemetlenebb az önfrekvenciával megegyező gyakoriságú egyenetlenség. Ha az út nem tökéletesen sík, akkor a tapadási erő folyamatosan változik a kerékfelfüggesztés rugalmas elemeitől és az út egyenetlenségétől függően. Tehát egy adott járműnek a kerékterhelése, adott profilú út esetén egy minimum és egy maximum érték közt változik. A gépjárművek függőleges lengései több szempontból is károsak lehetnek [12], nő a gépjárművezető igénybevétele, romlik az utazási komfort, növekszik a felépítmény, a futómű igénybevétele, a talajra jutó erő. A függőleges lengés csökkenthető az útburkolat profilozásával, a felfüggesztés karakterisztikájának célszerű megválasztásával.

A jármű lengéseinek elemzéséhez a járművet, mint lengőrendszert szükséges tekinteni. A cél a dinamikus kerékfalperő változásának meghatározása, amelyet a járművön, mint lengőrendszeren belül két tömeg határoz meg, az egyik a rugózatlan, a másik pedig a rugózott tömeg. A rugózott tömeg lengéseit hivatott csökkenteni a lengéscsillapító, ami csökkenti a lengés amplitúdóját, de ez nem jelenti azt, hogy elhanyagolható az ebből származó erőváltozás.

A következőkben a rugózott és a rugózatlan tömeg gyorsulásait vizsgálom különböző sebességek mellett. Lengésdinamikai szempontból több tényező is befolyásolja a dinamikus talperőt, úgymint a lengéscsillapító állapota, a gumiabroncs nyomása, a hőmérséklet, a csillapítási tényező, a gumiabroncs rugóállandója. Mivel ezek a paraméterek a mérés során nem változnak, ezért ezeket a tényezőket ebben a vizsgálatban elhanyagolhatónak tekintem.

Fontos megjegyezni, hogy ha a mérőjármű lengéscsillapítója elégtelen, akkor nem alkalmas egyáltalán a dinamikus kerékfalperő mérésre. A lengéscsillapító vizsgálata úgy történik, hogy 24 Hz frekvenciával gerjesztik a rendszert, majd magára hagyják, és a csillapítás során keresztül megy a saját frekvenciáján, ahol a legnagyobb lesz a lengés amplitúdója. Ebből pedig meghatározzák a statikus és a dinamikus kerékfalperő hányadosát.

A további vizsgálathoz fontos tudni, hogy a különböző járműkategóriák esetén, hogy alakul a felépítmény és a kerék gyorsulása. A két kategóriában mért adatokat az 1. táblázat mutatja.

1. táblázat: A mért gyorsulások (m/s²) arányai személygépkocsi és teherautó esetén különböző sebességek mellett (saját szerkesztés)

	30km/h		50km/h	
	szgk	tgk	szgk	tgk
rugózatlan tömeg	34,30	33,93	39,21	40,21
rugózott tömeg	15,92	15,88	16,78	18,93
Arány	2,15	2,14	2,34	2,12

Mivel jelentős eltérés van a két szenzoron mért gyorsulás között, emiatt a dinamikus keréktalperő meghatározásához mindkét tömegesen szükséges a gyorsulást mérni. Az is megfigyelhető, hogy a rugózott és rugózatlan tömegesen mért gyorsulások arányai nem azonosak egymással. Ha összehasonlítjuk a személygépjármű, illetve a tehergépjármű rugózott és rugózatlan tömegein mért gyorsulásokat meghatározott sebesség mellett, akkor azt tapasztaljuk, hogy nagyságrendileg azonos értékeket kapunk. Ez azt jelenti, hogy járműtípustól függetlenül a mért adatok átszámíthatók minden további nélkül az egysejtengelyre.

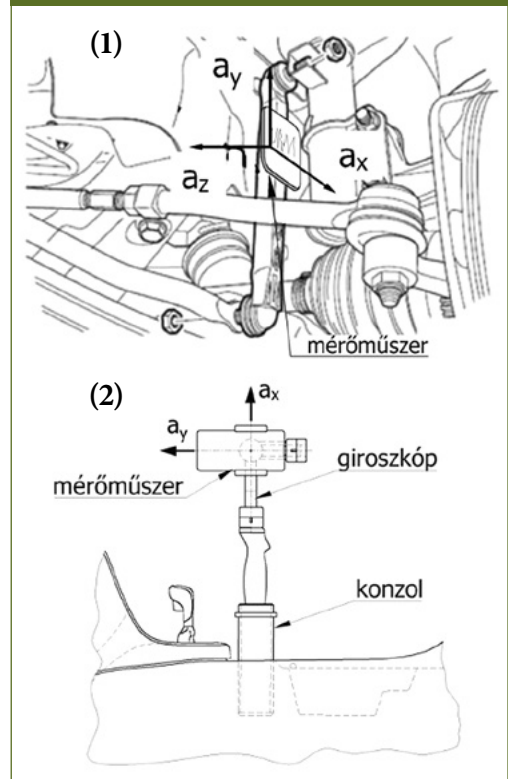
4. A JÁRMŰ LABORATÓRIUMI VIZSGÁLATA

A közúti forgalomban történő mérés során, a járművön elhelyezett szenzorok érzékelik a rezgést. A rezgés kialakulása nem csak a pálya felületi hibájából ered, hanem a jármű működéséből is keletkezhet. Emiatt el kell végezni a jármű laboratóriumi vizsgálatát, amiből kiderül, hogy mekkora mértékű rezgések keletkeznek, ha kizárjuk az útfelületből származó rezgéseket. Ez a mérés felfogható úgyis, mintha tökéletes útfelületen haladna a jármű. A vizsgálatot a Széchenyi István Egyetem laboratóriumában végeztem Óri Péter kollégám segítségével.

A mérési módszer kifejlesztéséhez előzetesen szükséges a járművön elvégezni egy próbamérést, amellyel kiszűrhető a mérésbe bevitt hiba. A járműre felszereltem az érzékelőket ugyanúgy, mint amikor közúton végzem a mérést. A jármű kerekének gyorsulását a forgásközépponton kellene mérni, de erre nem volt lehetőségem, ezért egy hozzá kapcsolódó alkatrészt választottam, ami vele együtt mozog. Mivel a vizsgálat célja a jármű sebességének hatása a rugózatlan tömeg függőleges gyorsulására, ami egy kerékhez kapcsolt alkatrész függőleges gyorsulásának mérésével megvalósítható, így a választott alkatrészt erre a célra megfelelőnek tartom. A szenzorok elhelyezkedését az 5. ábra mutatja, ahol a koordináta rendszerek az elhelyezett mérőeszközökhöz kapcsolódó önálló mozgó koordináta rendszert alkotnak. A forgalmi sávban haladó jármű egy álló ko-

ordináta rendszerben mozog, ahol a forgalmi irányt az (y), a függőleges pedig a (z) irány jelöli (13. ábra). Tehát a műszerek a járművel együtt azonos irányban mozognak. A fékpadon végzett vizsgálatot öt különböző sebesség mellett végeztem, a lengéscsillapító esetében pedig a jobb oldali felfüggesztést vizsgáltam.

5. ábra: A gyorsulásszenzorok elhelyezkedése a járműben (saját szerkesztés)



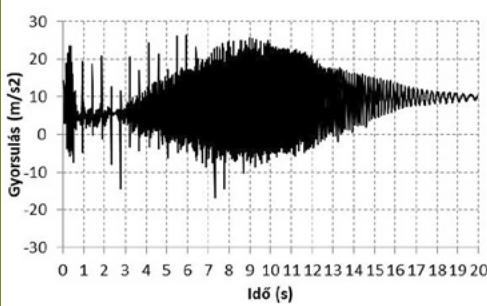
A műszaki vizsgán a lengéscsillapító hatékonyságát is ellenőrzi az EUSAMA [12]. Ez az eljárás a talperő ingadozása alapján minősíti a lengéscsillapítót. A talperő viszony a statikus és a dinamikus talperők hányadosaként értelmezhető. Ez a lengéscsillapító vizsgálatánál fontos mérőszám az EUSAMA-ajánlása szerint a kiértékelésnél a következő határértékek szerint használható:

- 60-100 % nagyon jó
- 45-60 % jó
- 30-35 % gyenge

- 10-30 % elégtelen
- 1-20 % veszélyes
- 0% nincs érintkezés a talajjal

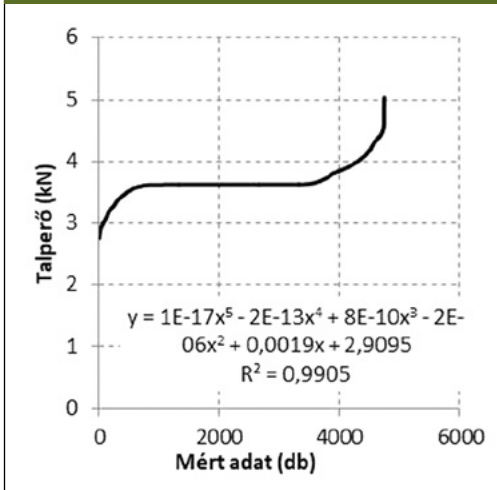
Elvégeztem a lengéscsillapító diagnosztikáját az EUSAMA eljárással. A vizsgálat során csak a jármű tömegéből származott a talperő, plusz teher nem volt. aminek eredménye a **6. ábrán** látható.

6. ábra: A felfüggesztésen mért gyorsulás-értékek (saját szerkesztés)



A mért gyorsulásadatokat átszámítottam talperőre, hogy összevethető legyen a vizsgálópádon mért eredménnyel. A jobb első kerékre nehezítő tömeg 402 kg volt, amiből a rugózatlan tömeg 52 kg. A minimális talperő megha-

7. ábra: A felfüggesztésen mért gyorsulás-értékek (saját szerkesztés)



tározásához a talperőre kapott értékeket sorrendbe állítottam, és elvégeztem a regresszió analízist egy ötödfokú polinomiális függvény-nyel. A regressziós függvény és a korreláltság mértéke a **7. ábrán** látható.

Ezzel a vizsgálattal megállapítottam a dinamikus talperő minimum értékét, amellyel a kiszámítható a dinamikus és a statikus talperő hányadosa az alábbi összefüggéssel.

$$A[\%]=100 \cdot F_{\min} / G_{\text{stat}} \quad (1)$$

A **7. ábráról** leolvasható a minimális talperő értéke, ahol a függvény az ordináta tengelyt metszi, ami jelen esetben 2,91 kN, a statikus talperő pedig 4,02 kN, ahogy az a **8. ábrán** látható.

8. ábra: A vizsgálópádon által mért tömeg adatok (saját szerkesztés)

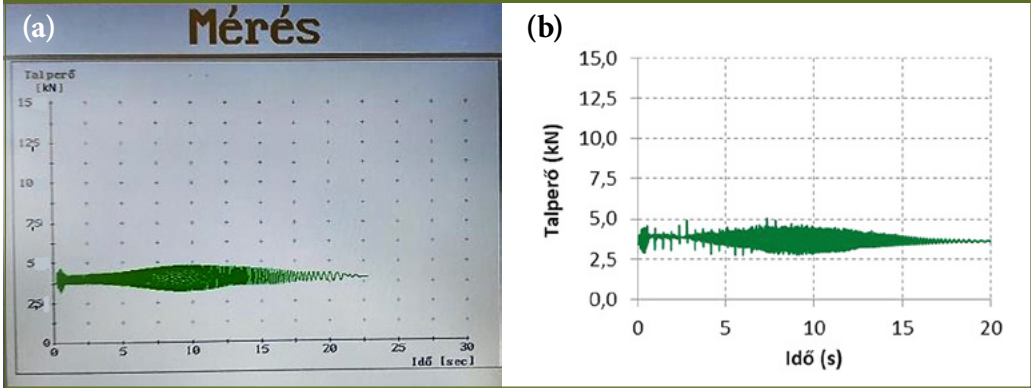


Az (1)-es összefüggést felhasználva a viszony-szám 72,3%-ra adódott, ami közel azonos a vizsgálópádon mérttel **8. ábra**. A lengéscsilla-pító minősítése így nagyon jó lett.

A lengéscsillapító vizsgálata során, a keréken mért gyorsulást is rögzítettem. A vizsgálópádon és a keréken mért gyorsulásértékek összehasonlítását is elvégeztem (**9. ábra**). A két mérés között szignifikáns eltérés nem tapasztalható, tehát a felfüggesztésre rögzített gyorsulássen-zor alkalmas a dinamikus keréktalperő mérésére.

A fékpádon történő mérés úgy tekinthető, mintha a jármű egy tökéletesen síkfelületen

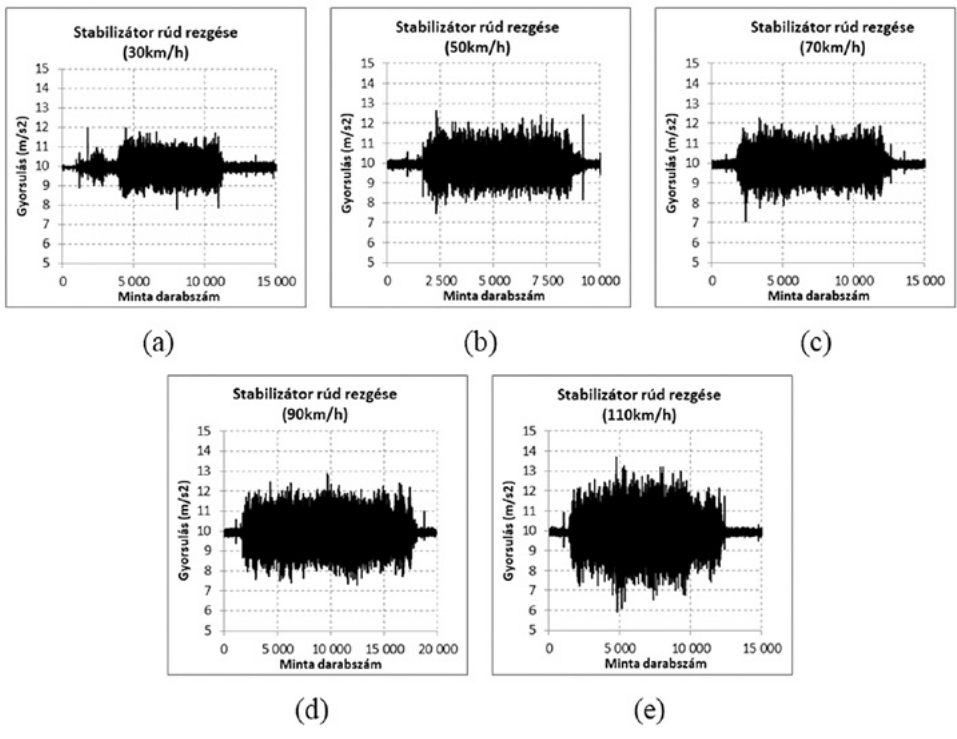
9. ábra: A vizsgálópád (a) és a gyorsulásszenzor általi mérések (b) összehasonlítása (saját szerkesztés)



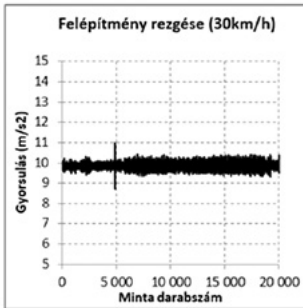
haladna. Ebből az következik, hogy a mért rezgések, lengések csak a járműben keletkezhetnek. A fékpadon végzett mérés eredményét a 10. ábra szemlélteti.

A stabilizátor rúdon mért értékek a sebesség növekedésével egyértelműen nőnek. A jármű utasterében lévő szenzor adatai kissé eltérő alakúak. A legszembetűnőbb alakzat

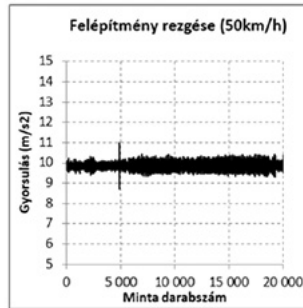
10. A stabilizátor rúdra rögzített gyorsulásszenzor adatai a fékpadon végzett mérés során (a) 30 km/h sebesség mellett, (b) 50 km/h sebesség mellett, (c) 70 km/h sebesség mellett, (d) 90 km/h sebesség mellett, (e) 110 km/h sebesség mellett (saját szerkesztés)



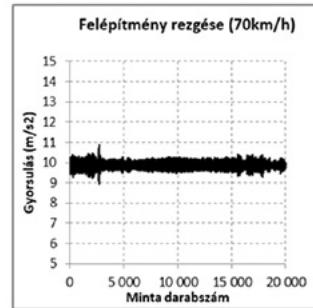
11. Az utastérben elhelyezett gyorsulásszenzor adatai a fékpadi mérés során (a) 30 km/h sebesség mellett, (b) 50 km/h sebesség mellett, (c) 70 km/h sebesség mellett, (d) 90 km/h sebesség mellett, (e) 110 km/h sebesség mellett (saját szerkesztés)



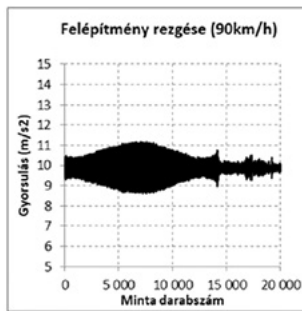
(a)



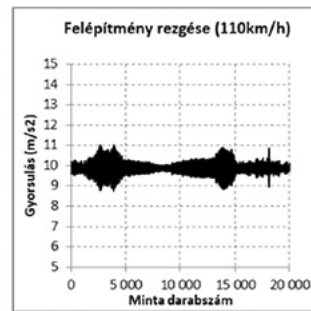
(b)



(c)



(d)



(e)

a 90 km/h sebességnél látható, de a 110 km/h-s mérés sem mondható egyenletesnek. Ez utóbbinál két kiemelkedő értéket is láthatunk, ami azért történt, mert a gyorsítás, illetve a lassítási szakaszban is átmert a 90 km/h-s sebességen. Ebből a vizsgálatból kiderült, hogy a felépítménynek – vagy más néven rugózott tömegnek – van egy saját frekvenciája, ami 90 km/h sebességnél jelentkezik (11. ábra).

5. A MÉRT GYORSULÁSADATOK SZINKRONIZÁLÁSA AZ ÚT POZÍCIÓHOZ

A járműipar az elmúlt évtizedekben jelentős fejlesztést hajtott végre a lengéscsillapítás terén. Ma már léteznek olyan rendszerek, amelyek adaptív módon képesek a csillapítási tényező módosítására menet közben [5]. Az egyes menetdinamikai alrendszerek úgy mint a blokk-

lágatló (ABS), az elektronikus menetstabilizáló (EPS), kipörgés gátló (TC) vagy lengéscsillapító irányításához bizonyos paraméterek mérésére van szükség, ilyen például az egyes kerekek fordulatszáma, szöghelyzete, illetve a dinamikus keréktalperő. Technikai, illetve gazdasági okokból nem minden járművet szerelnek fel ilyen rendszerrel, ráadásul ezen adatok kinyerése is speciális járműdiagnosztikai szoftvert igényel, amivel általában csak az autógyártók rendelkeznek. Emiatt szükséges egy olyan mérési módszert kifejleszteni, amely képes a mobiltelefonba épített szenzorból kinyert adatokból a dinamikus keréktalperő meghatározására.

A vizsgálathoz felhasznált eszközök:

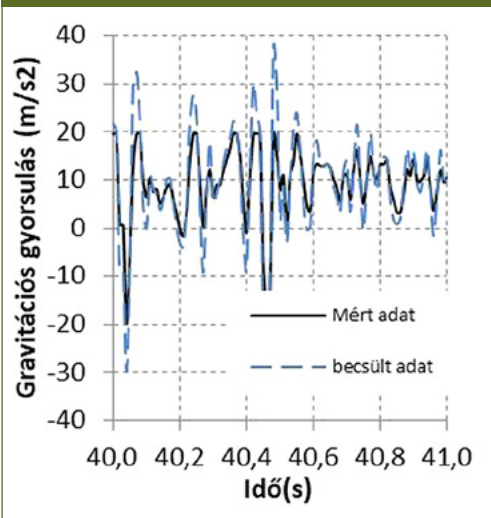
- **Jármű:**
OPEL ASTRA J
- **Okostelefon:**
A beépített szenzor típusa BOSH BMI120

Első lépésként egy tesztszakaszon végeztem mérést. A járművet egy lengőrendszernek tekintve, a rugózott és a rugózatlan tömegén is szükséges volt a mérést elvégezni. A szenzor elhelyezésénél ügyelnem kellett arra, hogy a kerék függőleges mozgását kövesse le, tehát a függőleges irányra. Az **5. ábrán** látható a szenzorok elhelyezkedése a járművön, illetve a gyorsulásirányok értelmezése.

Az utastérben elhelyezett műszer egy giroszkópra van helyezve, ami pedig egy egyedileg gyártott konzollal csatlakozik a gyárilag kialakított pohártartó nyílásba.

A műszer elhelyezése után az előre kijelölt 100 m hosszú szakaszon hajtottam végig különböző sebességgel 30-110 km/h-ig terjedően. A mérési adatok kiértékelésekor kiderült, hogy a mérőműszer méréstartományánál már a 30 km/h-s sebesség mellett is nagyobb gyorsulások keletkeztek. A járműdinamikában ismeretes, hogy a keréken akár 150 m/s²-es gyorsulás is érzékelhető, emiatt a hiányos adatsort ki kell egészíteni. A hiányzó adatokat egy becslő módszerrel határoztam meg. Az eredeti és a becsléssel előállított adatok közti különbséget az **12. ábra** mutatja egy 100 adatból álló mintán.

12. ábra: A mért és becslt gyorsulások ábrázolása (saját szerkesztés)



A becslési módszer a mért adatok differenciáján alapszik. Először a gyorsulásértékek differenciáját képeztem, majd a differenciák átlagát hozzáadtam a mért gyorsuláshoz. A számítást diszkrét értékekre a következő képlettel végeztem.

$$d_i = a_i - a_{i-1} \quad (2)$$

$$\bar{d}_i = (d_{i-1} + d_i) / 2 \quad (3)$$

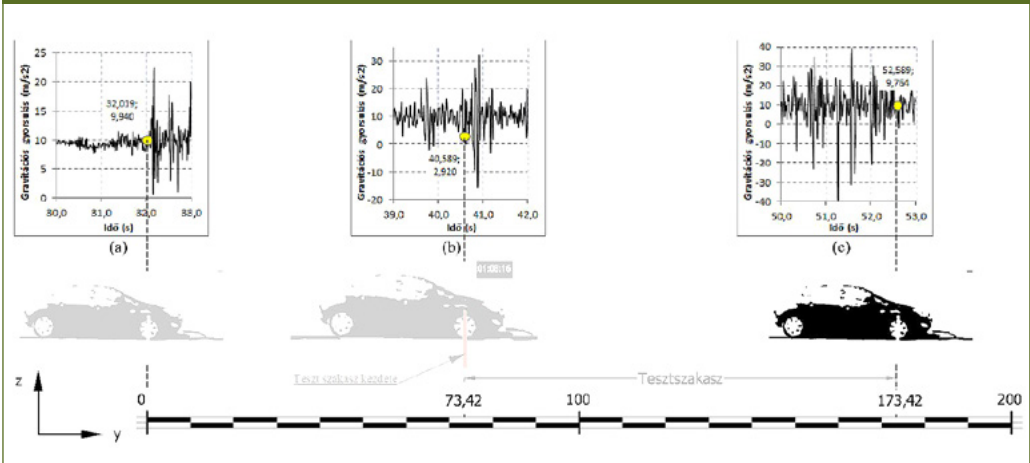
$$\hat{a}_i = a_i + \bar{d}_i \quad (4)$$

A becslt érték nagyságát lehet befolyásolni ha mozgó átlagot alkalmazunk, amely periódusának növelésével, mérséklődik a becslt érték. Ezzel lehetőség van úgy becslni a hiányzó gyorsulást, hogy az a lehető legjobban igazodjon a járműdinamikában ismert függőleges keréksebességhez [12], amely értéke utazáskényszerű és biztonsági okokból 0,7-1,5 m/s közé esik, kritikusan gerjesztett jó lengéscsillapító esetén.

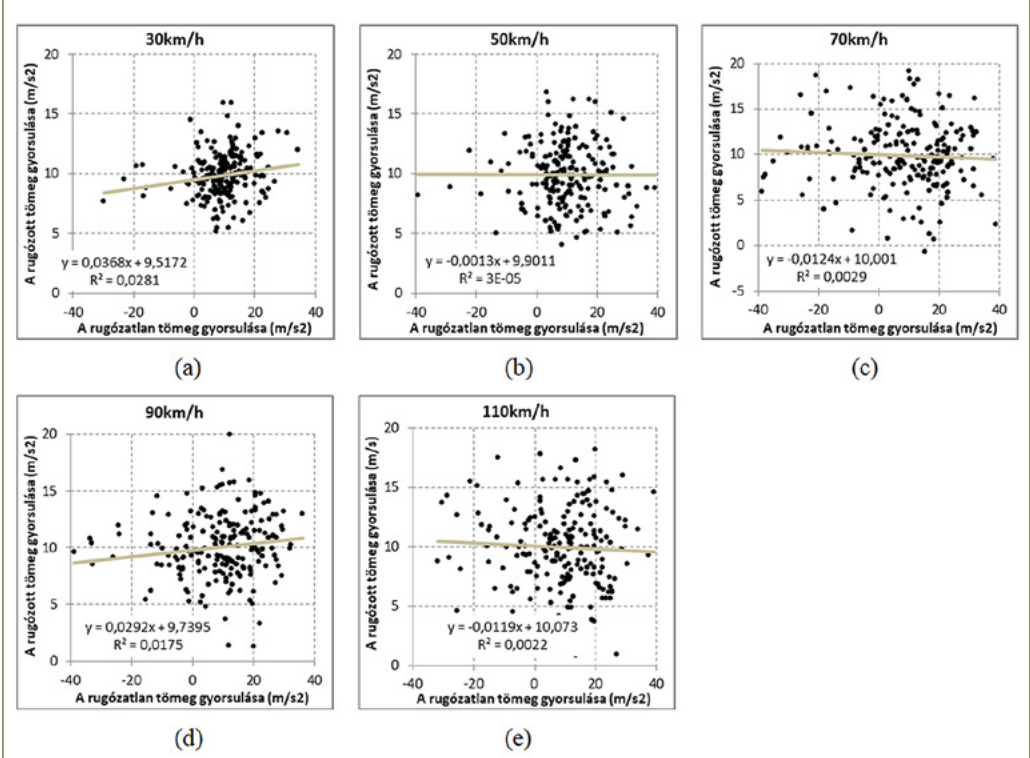
A mért adatok feldolgozásánál problémát jelent az időalap, továbbá a jármű pozíciója az úton. Ahhoz, hogy összehasonlítható legyen minden mérés, ki kell szűrni az indulás és a megállás időpillanatát a mérési adatsorból, valamint a megtett távolsághoz igazítani minden egyes mérést.

A mérés során a vizsgálati szakasz kezdőpontjába nagy sebességű kamerát állítottam, valamint egy függőlegesen leszúrt karót helyeztem a kezdő szelvénybe. A gyorsulásszenzor és a nagysebességű kamera időadatai alapján meg tudom határozni a jármű elindulásának időpillanatát, valamint azt az időpillanatot, amikor a jármű a szakasz kezdetén van. A jármű elhalad a karó előtt így pontosan lehet tudni, hogy mikor érte el az első kerék a szakasz kezdőpontját. A gyorsulásadatokból ki lehet keresni a jármű indulásának időpillanatát ezred másodperc pontosan, mivel ezen a ponton kiugrás van a gyorsulásértékben (**13. ábra**). A jármű indulásával egy időben indult a videófelvétel. A nagysebességű felvételtől pedig az indulás időpillanatától a tesztszakasz kezdetéig eltelt időt lehet meghatározni szintén ezredmásodperc pontossággal. A mérés során a jármű, valamint a kezdőszakasz GPS koordinátái is rögzítésre kerültek,

13. A mért gyorsulások úthoz igazítása (a) függőleges gyorsulás az indulás pillanatában, (b) függőleges gyorsulás a tesztszakasz kezdetén, (c) függőleges gyorsulás a tesztszakasz végén (saját szerkesztés)



14. A rugózott és a rugózatlan tömeg gyorsulásai közti összefüggés (a) 30 km/h sebesség mellett, (b) 50 km/h sebesség mellett, (c) 70 km/h sebesség mellett, (d) 90 km/h sebesség mellett, (e) 110 km/h sebesség mellett (saját szerkesztés)



amiből meghatározható a kezdő szakasz pozíciója. A 13. ábrán mutatom be az adatsor szinkronizálás folyamatát.

Visszaszámolva ez azt jelenti, hogy a 30 km/h-s mérésnél a kezdet a 40,858 másodpercnél van. A szakasz végét pedig egyszerű volt meghatározni, mivel a jármű egyenletes sebességgel haladt köszönhetően a sebesség-tartó automatikának. Az állandó 8,333 m/s-os sebességgel számolva pontosan 12 másodperc kell a száz méter megtételéhez, vagyis 52,585 s-nál van a szakasz vége.

6. A MÉRT ADATOK KIÉRTÉKELÉSE, AZ ÁTLAGOS DINAMIKUS KERÉKTALPERŐ MEGHATÁROZÁSA

Ha egy konkrét vizsgált útszakaszon akarjuk meghatározni az átlagos dinamikus keréktalperőt, akkor az ebben a fejezetben kidolgozott mérési módszert lehet alkalmazni. A számtani átlagot a kialakult gyorsulás maximumok befolyásolják, ami az útprofil egyenetlenségéből

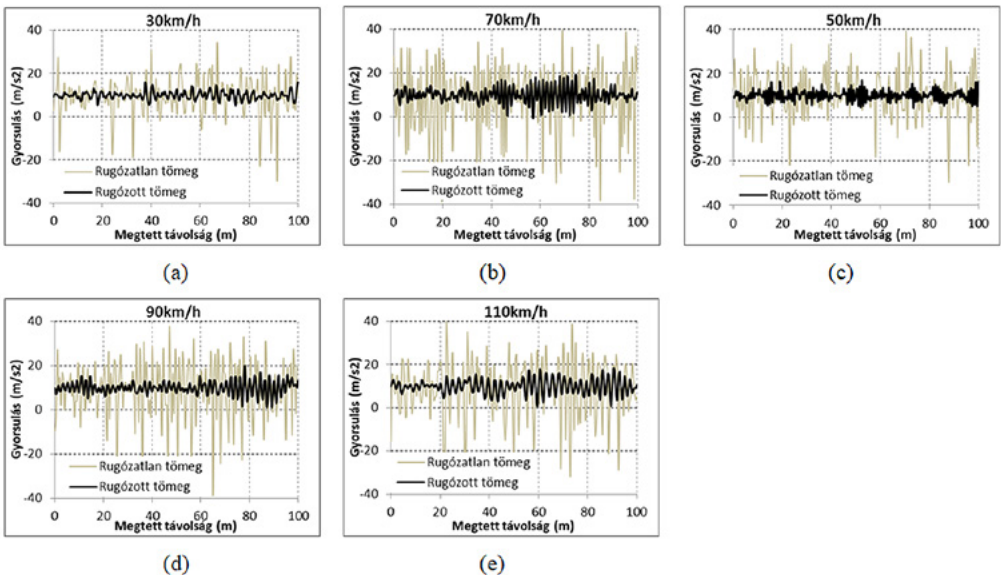
adódóan nem egyenletes eloszlású, tehát ezt sem a maximum értékeket nem lehet alapul venni. Ezért a mértékadó szintnek én a első kvartilist tekintem.

Az ötödik kutatói kérdés megválaszolásához korreláció vizsgálatot végeztem. Minden sebességkategóriánál megcsináltam a vizsgálatot, és mindenhol nullához közeli lett az R^2 értéke, amely **14. ábrán** látható. Tehát valós körülmények között egy régi, burkolati hibákkal teli útszakaszon végig haladó jármű futóművén és a felépítményén mért gyorsulások közt nincs összefüggés.

Megvizsgáltam a rugózott és a rugózatlan tömeg gyorsulásait a kijelölt 100 m-es útszakaszon. Mindkét tömeg gyorsulásértékei a sebesség növekedésével egyenes arányban növekszenek, ahogy az a **15. ábrán** látható, de nincs köztük összefüggés.

A dinamikus keréktalperő meghatározásához először kiszűrtem a teljes mérési adatsorból a vizsgált százméteres útszakaszhoz tartó-

15. A rugózott és a rugózatlan tömegek gyorsulásai különböző sebességek mellett (a) 30 km/h sebesség mellett, (b) 50 km/h sebesség mellett, (c) 70 km/h sebesség mellett, (d) 90 km/h sebesség mellett, (e) 110 km/h sebesség mellett (saját szerkesztés)



2. táblázat: A különböző sebességek mellett mért gyorsulások statisztikai feldolgozása (saját szerkesztés)

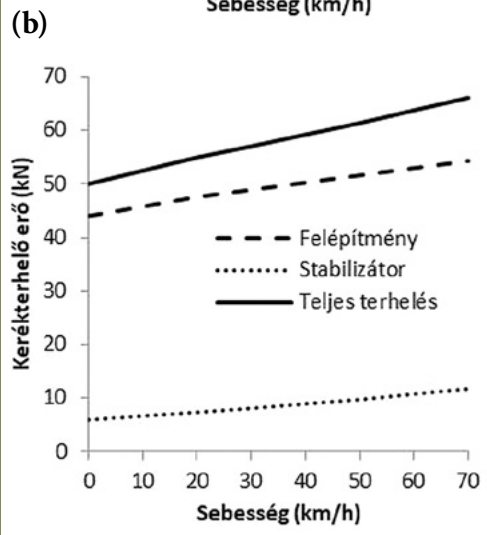
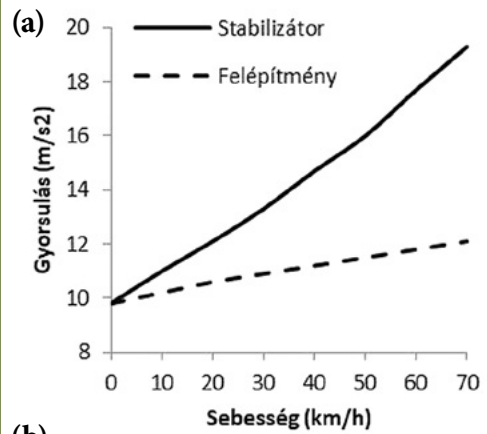
Mérés	Minta darabszám	Számítási közép	Konfidencia -95%	Konfidencia 95%	Medián	Módusz	Módusz frekvenciája	Szigma	Minimum	Maximum	Alsó kvartilis	Felső kvartilis	Terjedelem	Szórás
stabilizátor_30	201	9,392	8,213	10,571	9,619	4,520	2	1 888	-29,756	34,309	6,185	13,316	64,065	8,475
stabilizátor_50	201	9,891	8,380	11,401	9,361	19,604	2	1 988	-39,223	39,213	4,524	16,036	78,436	10,861
stabilizátor_70	201	8,038	5,840	10,237	10,189	19,300	5	1 616	-38,843	38,690	-0,383	19,306	77,533	15,807
stabilizátor_90	201	8,969	7,123	10,816	10,802	19,460	4	1 803	-38,843	36,085	1,991	18,617	74,928	13,274
stabilizátor_110	201	8,665	6,800	10,529	10,922	19,604	4	1 742	-31,810	39,213	1,776	18,473	71,023	13,403
felépítmény_30	201	9,862	9,604	10,121	9,802	10,080	2	1 982	5,173	15,920	8,684	10,890	10,746	1,858
felépítmény_50	201	9,888	9,527	10,248	9,911	-	1	1 987	-4,029	16,780	8,240	11,608	12,750	2,588
felépítmény_70	201	9,901	9,395	10,407	9,628	-	1	1 990	-0,625	19,173	7,805	12,083	19,798	3,637
felépítmény_90	201	10,001	9,594	10,408	9,932	-	1	2 010	1,311	19,989	8,302	11,909	18,677	2,923
felépítmény_110	201	9,970	9,497	10,443	9,986	-	1	2 004	0,883	18,209	7,660	12,063	17,325	3,397

zó gyorsulásértékeket. A vizsgált útszakaszt 50 cm-es szakaszokra osztva ez 201 mintát jelent. A minta statisztikai feldolgozását a 2. táblázat mutatja.

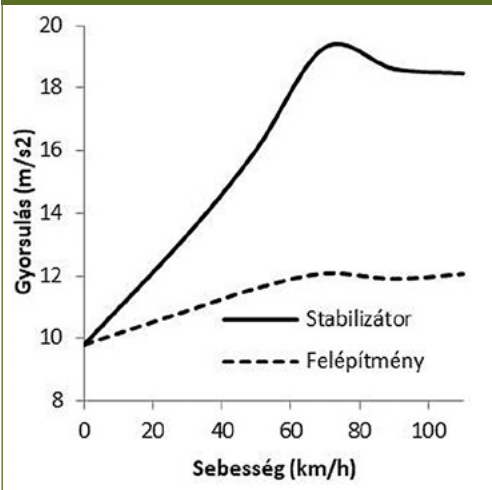
A szakaszon mért mértékadó gyorsulás a felső kvartilis értéke, amit ha diagramon ábrázolunk (16. ábra), akkor megfigyelhető, hogy 70 km/h-nál éri el a maximumot és 110 km/h-nál pedig visszaesés tapasztalható. Mivel 70 km/h-ig közel lineárisan változik a gyorsulásértéke, ezért a továbbiakban csak eddig a szintig fogom figyelembe venni a mért adatokat.

A 70 km/h sebességnél kialakul a maximális dinamikus kerékterhelő, ami 66 kN (17. ábra) és ha ezt hasonlítom a statikushoz, akkor ez

17. ábra: A gyorsulásértékek (a) és a 100 kN tengelyterhelésre átszámolt (b) dinamikus kerékterhelő változása (saját szerkesztés)



16. ábra: A felső kvartilisek a sebesség függvényében (saját szerkesztés)



32%-os többletet jelent. Ezért nem mindegy, hogy a forgalom mekkora sebességgel halad illetve, hogy milyen módszerrel és mennyire pontosan tudjuk ezt meghatározni. A 16 kN többletterhelést 5 km/h sebességre átszámítva 1,14 kN terhelés adódik, ami a hátralévő élettartam szempontjából még elfogadható hiba. Tehát a forgalomáramlás sebességét legalább 5 km/h pontossággal kell meghatározni.

Ebből a vizsgálatból kiderül, hogy a különböző sebességek mellett mért gyorsulásértékek között szignifikáns különbség van. A vizsgálati tartományban a stabilizátor gyorsulása maximum 20 m/s², a felépítményé pedig 12 m/s² a vizsgált útszakaszon. A laboratóriumi vizsgálat esetén a stabilizátoron 11-12 m/s² a felépítményen pedig 10,5 m/s² gyorsulást mértem.

7. KONKLÚZIÓ

A módszer alkalmas a dinamikus kerékfalperő mérésére, amely a sebesség függvényében szignifikáns változást mutat, ez pedig felhasználható eredményül szolgál a hátralévőélettartam-becslő módszerhez.

Az első kutatói kérdésre választ kapunk az első részben elvégzett vizsgálatból, ami egy 8 cm mély és 72 cm átmérőjű kátyú okozta gyorsulásértékek feldolgozásán alapszik. Eszerint a stabilizátoron 30 m/s², míg a felépítményen 52 m/s² gyorsulás keletkezik.

A második kérdéshez két külön kategóriájú jármű gyorsulásait mértem ugyanazon útszakaszon. Mindkét jármű futóművén és felépítményén is gyorsulásszenzor volt elhelyezve. A rugózatlan és a rugózott tömegben mért gyorsulások közt 1 m/s² különbség adódott 50 km/h sebesség mellett, ami nem jelent szignifikáns különbséget így kijelenthető, hogy járműkategóriától függetlenül lehetséges a dinamikus kerékfalperő mérés.

A harmadik kérdésre a válaszhoz a rugózott és a rugózatlan tömegre szerelt gyorsulásszenzorok adatait vizsgáltam meg, amire 2,12-2,34 arány adódott, a mérés sebességétől és a járműkategóriától függően. Az arányok közti eltérés pedig a jármű rugózott és rugó-

zatlan tömeg arányával, illetve a lengéscsillapítók és gumiabroncsok típusa, rugómerevsége és csillapítási tényezője közti különbséggel magyarázható.

A negyedik kérdés megválaszolásához a 100 m-es útszakaszon mért gyorsulásértékek statisztikai feldolgozását végeztem el. A felső kvartilisek közti különbségek szignifikáns eltérést mutatnak és 70 km/h-s sebességig közel lineáris trendet követnek. Ez azt jelenti, hogy 70 km/h sebességig megbízható és megfelelően pontos a mérési módszer járműtől függetlenül, tökéletes lengéscsillapító, futómű és gumiabroncs állapot esetén.

Az ötödik kérdés megválaszolásához korreláció vizsgálatot hajtottam végre a gyorsulástartadatokon. Arra az eredményre jutottam, hogy nincs összefüggés a rugózott és a rugózatlan tömegben mért gyorsulásértékek közt.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Nemesdy Ervin, Ambrus Kálmán, Pallós Imre, and Török Kálmán, 'Az aszfaltkeverékek mechanikai, és fizikai tulajdonságainak laboratóriumi vizsgálatai', 2000.
- [2] M. Gergely, P. Péter, and P. József, 'Hajlékony útburkolatok élettartamának meghatározása a továbbfejlesztett kézi behajlásmérés alkalmazásával', *Konf. Kiadv.*, Oct. 2011.
- [3] Gáspár László, Horváth Ferenc, and Lublós László, *Közlekedési létesítmények élettartama*. Győr: Universitas-Győr Nonprofit Kft., 2011.
- [4] Albert J., Bush III, and Gilbert Y. Baladi, *Nondestructive Testing of Pavement and Backcalculation of Moduli*. Philadelphia, PA 19103, 1989.
- [5] M. Doumiati, A. Victorino, A. Charara, G. Baffet, and D. Lechner, 'An estimation process for vehicle wheel-ground contact normal forces', *Proceedings of the 17th World Congress The International Federation of Automatic Control*, pp. 6–11, 2008. DOI: <https://doi.org/10.3182/20080706-5-KR-1001.01205>
- [6] D. Lechner, 'Analyse du comportement dynamique des vehicules routiers l'egers: d'evaluation d'une methologie

appliqu'ee `a la s'ecurit'e primaire.', *Ph. D, dissertation Ecole Centrale de Lyon, France, 2002.*

- [7] T. Shim and C. Ghike, 'Understanding the limitations of different vehicle models for roll dynamics studies.', *Vehicle System Dynamics*, vol. 45, pp. 191–216, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1080/00423110600882449>
- [8] U. Kiencke and L. Nielsen, 'Automotive control systems', *Springer*, 2000.
- [9] T. A. Wenzel, K. J. Burnham, M. V. Blundell, and R. A. Williams, 'Dual extended Kalman filter for vehicle state and parameter

estimation.', vol. 44, pp. 153–171, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1080/00423110500385949>

- [10] Vásárhelyi Boldizsár, *Közúti közlekedésünk és útjaink helyzete, In: Építés- és Közlekedéstudományi Közlemények*, vol. 1. Budapest: Akadémiai kiadó, 1958.
- [11] T. Boromisza, 'Aszfaltburkolatú utak teherbírásának vizsgálata behajlásméréssel, In: Mélyépítéstudományi Szemle', vol. XXVI., no. 12, pp. 521–528, 1976.
- [12] Ilosvai Lajos, 'Gépjárművek tervezése és vizsgálata III. Kézirat', pp. 126. Budapest, 1983.



Dynamic wheel load measurement in road traffic

From the acceleration measurement data, the amount of load acting on the wheel of the vehicle can be determined, which is transferred to the asphalt pavement damaging the track structure. The magnitude of the load is affected by the speed of the vehicle and the surface quality of the pavement. Various mathematical models are applied to calculate the remaining life of pavement structures, depending on the available data. The aim of the research is to develop a measurement method for determining the dynamic wheel load required for estimating the remaining service life.



Dynamische Radlastmessung im Straßenverkehr

Aus den Beschleunigungsmessdaten kann die auf das Rad des Fahrzeugs wirkende Last bestimmt werden, die auf den Asphaltbelag übertragen wird und Fahrbahnstruktur beschädigt. Die Größe der Last wird von der Geschwindigkeit von den verfügbaren Daten. Es werden - in der Abhängigkeit von Fahrbahnstrukturen - verschiedene mathematische Modelle verwendet, um die verbleibende Lebensdauer von Fahrbahnstrukturen zu berechnen. Ziel der Forschung ist es, eine Messmethode zur Bestimmung der dynamischen Radlaste zu entwickeln, die zur Schätzung der verbleibenden Lebensdauer erforderlich ist.





AZ ALÁBBI CIKK A KTE 2020. ÉVI CZÉRE BÉLA-DÍJ PÁLYÁZAT I. KATEGÓRIA NYERTESE.

Szemelvények a Cegléd környéki vasutak történetéből

Cegléd és vonzaskörzete vasúti kiszolgálásának a 20. század elejéig kialakított rendszerének értékelése, a hálózat korábban tervezett továbbfejlesztésének elemzése, valamint ezen tervek elmaradásának, feltételezett következményeinek részletes feldolgozása és az értékelés pótlása a mai vasútfejlesztések során is hasznosítható.

DOI 10.24228/KTSZ.2021.2.5

Dr. Zsákai Tibor

e-mail: dr.zsakai@gmail.com

1. BEVEZETÉS

A vasúthálózat kialakítása a 19. század végére biztosította a közlekedés alapjait Magyarországon. A hálózat felépítése logikus, a gazdasági térségek összekapcsolása, a megyék és a főváros kapcsolatának biztosítása fontos cél volt. Az első csapást a trianoni békeszerződés mérte a magyar vasúthálózatra, amikor is a kétvágányú vasútvonalakon az egyik vágány felszedésén túl a határok kijelölésével meghatározó vasúti kapcsolatok szűntek meg (pl. Dél-Alföldi Vasút). A második kedvezőtlen körülményt a nem teljesen megvalósult 1968-as közlekedéspolitikai koncepció jelentette, amelynek keretében 1968-1982 között összesen 722 km normál és 360 km keskeny nyomtávolságú, valamint 672 km gazdasági vasútvonalat számoltak fel [1]. *(Az 1968-as közlekedéspolitikai koncepció értékelése és hatásainak számbavétele sokrétű. A szerző saját vizsgálatainak, megállapításainak közreadása tanulságos lehet a mai fejlesztések vagy vonal-megszüntetések felvetésekor. A főszerkesztő)*

A közlekedéspolitikai előzőekben jelzett intézkedéseinek esett áldozatául a Cegléd és térsé-

gének fejlett, jelentős mértékű vasúthálózata, amikor is 1973-1978 között 53 km vasútvonalat számoltak fel a térségben, a Cegléd és térségére jellemző tanyavilág kárára, amelynek a létét biztosították a felszámolt vasútvonalak. (141sz. és 410 sz. vonalak)

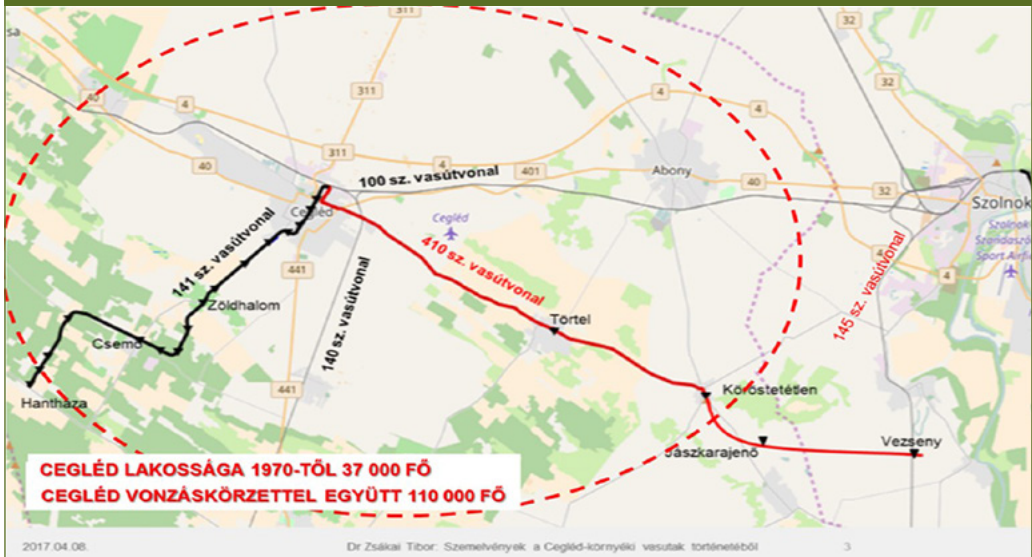
Cegléd és térsége több, mint 96 800 lakost számlált már a 70-es években is [2]. A térség vonzaskörzetének kulturális, gazdasági, társadalmi és közigazgatási központja Cegléd városa a maga 37 000 fő lakosságával.

2. CEGLÉD VASÚTFÖLDRAJZI HELYE ÉS SZEREPE

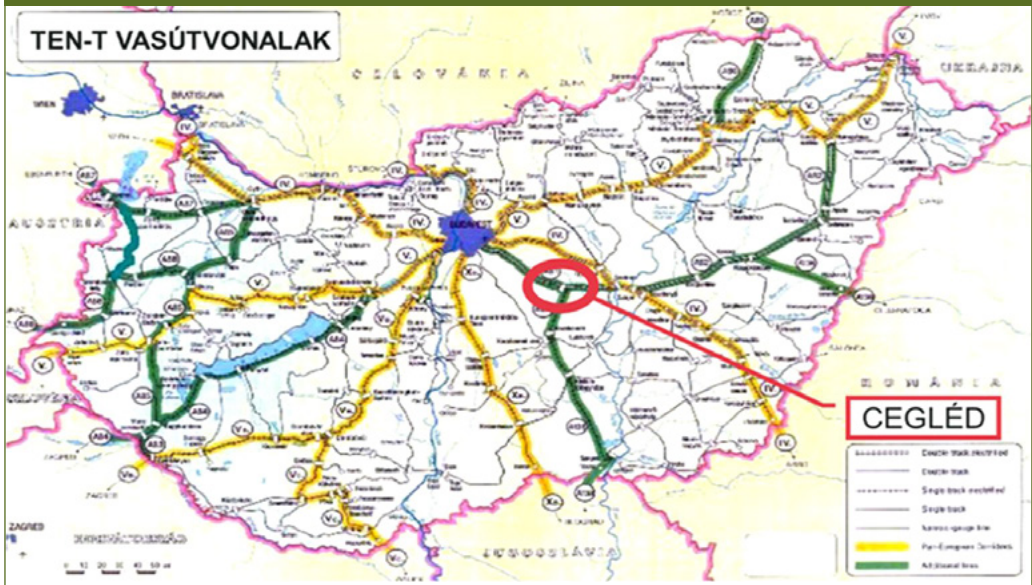
Közlekedési szempontból Ceglédnek csomóponti szerepe volt és van, hiszen itt ágaznak el a Kelet-Magyarország és a Bánság (Temesvár) felé vezető közlekedési útvonalak, amelyeket a trianoni béke megcsonkított, hiszen a 140 sz. fővonal Szegeden véget ér.

Cegléd jelenlegi szerepét erősíti, hogy a transzeurópai vasúti hálózat részét képező vasútvonalak elágazásánál helyezkedik el. Budapest közelsége megmutatkozik a vasúti közlekedésben is,

1. ábra: A Cegléd környéki vasutak



2. ábra: Cegléd vasútföldrajzi elhelyezkedése [3]



hiszen a Budapest-térségi agglomerációs közlekedés legforgalmasabb vasútvonala. Az állomás 2007-ben korszerűsítésre került, és ma az európai szabványoknak megfelelő, korszerű vasútállomás szolgálja az áru- és személyszállítást.

Az 1900-ban épült állomás felvételi épületét a legendás MÁV főépítész, Pfaff Ferenc tervezte. A régi indóházban született 1866. december 21-én Tömörkény István író, az Alföld népének szerelmese és megőrkítője.

3. ábra: Cegléd állomás felvételi épület a vágányok felől [4]



4. ábra: A felvételi épület város felőli oldala [5]



Az épületet úgy helyezték el, hogy egyik oldalán a fővonal, a város felőli oldalra pedig a helyi érdekű, regionális jelentőségű hantházi normál-, és a vezsenyi keskeny nyomközű vasutak végállomása került. Már elődeink is gondoltak az intermodalitásra!

3. A CEGLÉD KÖRNYÉKI VASUTAK – AMIKOR MÉG TELJES VOLT A TÉRSÉG VASÚTHÁLÓZATA

Cegléd térségében négy vasútvonal épült, amelyekből három normál nyomközű 1435 mm névleges nyomtávolságú, míg egy keskeny nyomközű 760 mm névleges nyomtávolságú vasútvonal volt.

A vasúthálózat kialakítása jelentős fejlődést hozott a térségbe, és a regionális vasutak bekapcsolták a vidéket az ország vérkeringésébe. Elsősorban a megtermelt mezőgazdasági termények piacokra juttatását szolgálták a regionális vasutak, de jelentős szerepük volt a térség oktatási, egészségügyi és közigazgatási feladatainak ellátásában is. Elérhetővé váltak a járási hivatalok, Cegléd iskolái és középiskolái, az egészség-

ügyi intézmények. A fővonalon keresztül elérhetővé vált Budapest, valamint megyei központok, mint a közeli Szolnok, valamint Kecskemét.

Nagyon érdekes, hogy - mint később erről szó esik - a térség hogyan fogott össze és nyújtott anyagi segítséget is a vasút fejlesztéséhez. Ez azért is jelentős, mert ez a vidék sem akkor, sem ma nem tartozik az ország tehető vidékei közé.

5. ábra: A Cegléd környéki vasúti hálózat [6]

A vasútvonal száma	A vasútvonal megnevezése	Építés éve	A vonal hossza (km)	Szerepe
100	Budapest-Cegléd-Szolnok	1847.09.01.	100	Nemzetközi, országos
140	Cegléd-Szeged	1854.03.04.	118	Nemzetközi, országos
141	Cegléd -Hantháza	1909.10.	20	regionális
410	Cegléd-Vezseny (keskeny)	1927.	33	regionális

3.1 Cegléd - Hantháza vasútvonal [7]

A vasútvonal megépítésének a Cegléd környéki szőlőtelepítések adtak indító lökést 1894-1896 között. Az 1875-ben először észlelt filoxéra járvány óriási pusztítást végzett a magyarországi szőlőültetvényekben. Az ország szőlőültetvényeit a 19. század végén újra kellett telepíteni.

6. ábra: Kossuth Ferenc [8]



A Cegléd környéki új ültetvények 1901 körül fordultak termőre, és már a kezdetekben 20 000 q szőlő és mintegy 2000 hektoliter bor várt elszállításra.

A vasútvonal megépítésének kezdeményezője Darányi Ferenc kecskeméti ügyvéd, Pest – Pilis – Solt – Kiskun vármege főügyésze volt. A Cegléd és Nagykőrös közti területen ő volt az első, aki a filoxerával szemben immunis homokon nagy és modern szőlőtelepet létesített.

A kezdeményezés mellé állt Kossuth Ferenc Cegléd város ország-

gyűlési képviselője [8], Kossuth Lajos gyermeke. Mint mérnök-gyakornok Angliában, a Forest of Dean Central Railway építésén dolgozott. 1861-ben Olaszországba ment, és mint mérnök a liguriai vasútépítésben vett részt. 1864-ben a Fréjus-alagút fúrásánál és a susai vasútnál lett mérnök, osztályfőnök, majd később a műszaki hivatal vezetője.

Kossuth Ferenc vasút iránti elkötelezettségét a külföldi szakmai tapasztalatai alapozták meg. 1894-ben hazakísérte atya tetemét, és elhátározta, itthon telepszik le. November 16-án letette az állampolgári esküt. Ekkor indult politikai karrierje.

A Cegléd–Hantháza vasútvonal építése 1909 márciusában kezdődött és híhetetlen tempóban 1909. október 26-án Csemőig forgalomba helyezték, majd 1911-ben meghosszabbították Hantházáig.

A vonatok a 20 km hosszú vonalon közlekedtek, ahol 17 állomás és megállóhely volt, a menetidő 32 perc.

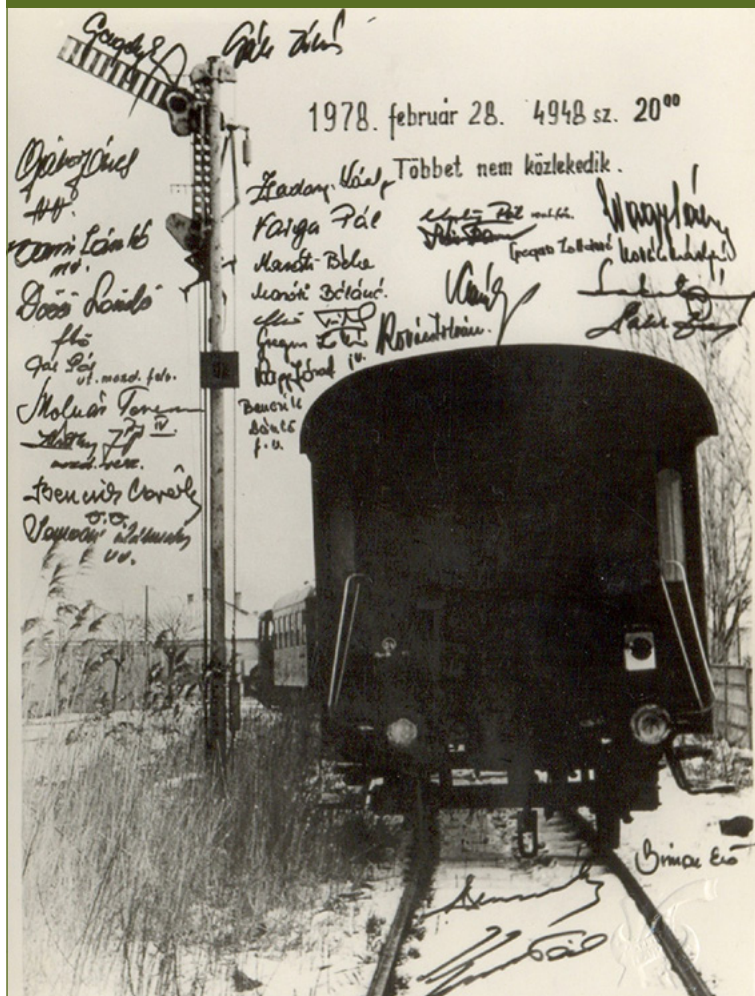
A vasútvonalon a fő fuvaroztatók a gazdasági társaságok és magánszemélyek voltak.

Az 1970-es években a város központját keresztülzselő vasút ellen volt az akkori városvezetés és a lakosok egy része is, mert:

7. ábra: A hantházi vonat Cegléd központjában [9]



8. ábra: Az utolsó vonat [10]



Az utolsó járatról készült egy fotó, amelyet a vonalon szolgálatot teljesítő vasutasok, köztük a vonat mozdonyvezetője és kalauza is aláírt.

A vonalbezárást követően hamar hozzáfogtak a vasúti pálya felszedéséhez. Az elbontott anyagokat a királyréti kisvasút megerősítésére szállították el.

Mára már kevés nyom maradt a vasútvonalról: néhány épület, egy-egy útátjáró, szelvénykő vagy táviróoszlop. Szomorú, de az utókor már csak a Hantháza vasútállomás falán elhelyezett emléktábláról tudhatja, hogy egyszer volt, hol nem volt, volt egyszer egy hantházi vasút.

3.2 Cegléd-Vezseny keskeny nyomközű vasútvonal 4]

A vasút létesítésének gondolata első ízben 1920-ban fogant meg

- szerintük rombolta a városképet,
- akadályozta a közúti közlekedést (akkor még a városon keresztül futó 4-es főutat is keresztezte - sorompó azonban nem volt),
- a vonat személyszállítási szempontból lassú volt: Cegléd belterületén biztonsági okokból csak 10–15 km/órával haladhattak a vonatok.

a város vezetőinek fejében a környéken megtermelt mezőgazdasági termékek egyszerű és olcsó szállítása céljából. Az eredeti elképzelések szerint öt irányba húzódtott volna sínpar: az ugyeri szőlők, Nyársapát, Tápiószele, Nagykáta és Tiszajenő körzetét kapcsolta volna be az ország vérkeringésébe. Végül csak az utolsó terv jutott el a megvalósításig, s az építési költségek csökkentése érdekében keskeny vágányú pálya építése mellett döntöttek.

A vasútvonalat 1978. február 28-án zárták be, ekkor közlekedett az utolsó vonat, amely a 4948. vonatszámú menet volt, ami 18:32-kor indult Ceglédre és 20:01 perckor ért ki Hantházára. Ceglédre 21:48-kor ért vissza.

A keskeny nyomközű vasút engedélyezésének és megépítésének körülményeit a „147. szám A m. kir. kereskedelemügyi miniszter jelentése

9. ábra: Ami megmaradt a vasútvonalból [11]

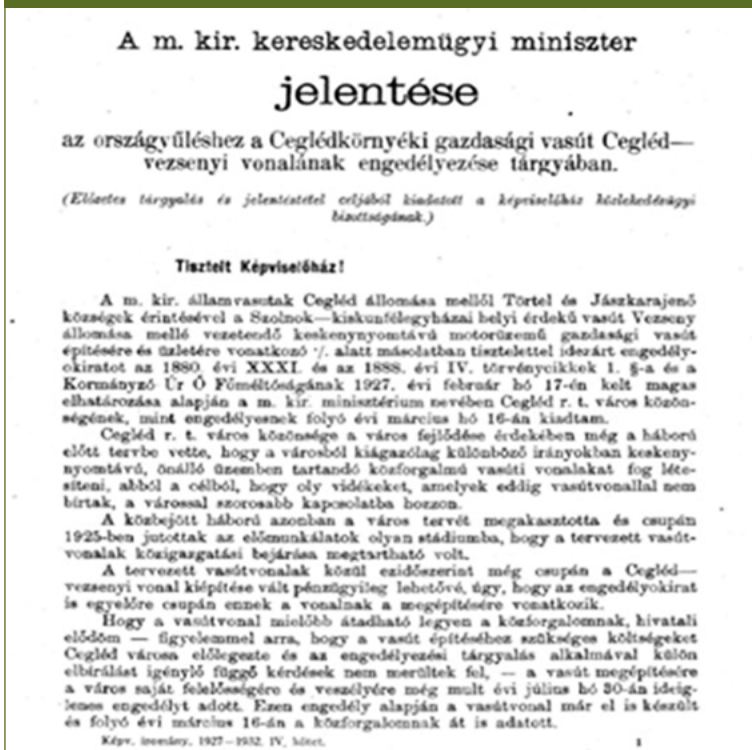


az országgyűléshez a Cegléd környéki gazdasági vasút Cegléd-Vezsenyi vonalának engedélyezése tárgyában” [12] irat és mellékletei alapján ismerhetjük meg. A jelentést Hermann Miksa m.kir kereskedelemügyi miniszter tette 1927. évi május hó 18-án.

„Hogy a vasútvonal mielőbb átadható legyen a közforgalomnak, hivatali elődöm — figyelemmel arra, hogy a vasút építéséhez szükséges költségeket Cegléd városa előlegezte és az engedélyezési tárgyalás alkalmával külön elbírálást igénylő függő kérdések nem merültek fel, — a

vasút megépítésére a város saját felelősségére és veszélyére még múlt évi július hó 30-án ideiglenes engedélyt adott. Ezen engedély alapján a vasútvonal már el is készült és folyó évi március 16-án a közforgalomnak át is adatott. A gazdasági vasút a helyi érdekű vasúti törvények alapján keskeny nyomtávval (0*76) motorüzemre engedélyeztetett. Hossza 33 km. és a m. kir. államasutak Cegléd állomása mellől Törtel és Jászkarajenő községek érintésével a Szolnok-kiskunfélegyháza helyi érdekű vasút Vezseny állomása mellé vezette-tett.”

10. ábra: A miniszteri jelentés [12]



„Az építési költségeket egyelőre teljes egészükben Cegléd város fedezte. A vasút létesítésére és

üzemben tartására egyébként részvénytársaság fog alakulni, amely alaptőkéjét elsőbbségi és törzsrészesvények kibocsátása útján fogja fedezni. Az elsőbbségi részesvényeket teljes névértékben Cegléd r. t. város, a törzsrészesvényeket pedig, amelyek az építési tőkének körülbelül 40%-át fogják kitenni, ugyancsak teljes névértékben az érdekelt községek és Cegléd város fogják átvenni. A vasút építéséhez állami hozzájárulás nem biztosított és amint fentebb említeni szerencsém volt, a vasút üzletét az engedélyes maga fogja kezelni.”

„Az előadottak alapján kérem a t. képviselőházat, hogy a Cegléd környéki gazdasági vasút Cegléd—Vezsenyi vonala engedélyezésének megtörténtéről szóló, az 1880. évi XXXI. t-c. 1. §-a rendelkezései alapján tett e jelentésemet tudomásul venni és azt hasonló célból a Felsőházzal is közölni méltóztatassék.”

Mint a miniszteri jelentésből is kiolvasható, abban az időben a vasút állami támogatás nélkül, Cegléd város finanszírozásában, majd a részesvények Cegléd és az érdekelt települések birtokában részvénytársasági formában működött.

Érdekes kitélt tartalmaz az engedélyezési okirat, amely szerint „20. §. A jelen engedély tartama a fenti 2. §-ban idézett ideiglenes vasút engedélyezési szabály 9. §. a) pontja alatt kimondott oltalommal és az 1880. évi XXXI. törvénycikk 2. §-a, illetve az 1888. évi IV. törvénycikk 2. §-ának b) és c) pontjai szerint az állam részére biztosított megváltási jog épségben tartásával a jelen engedélyokirat kelte napjától számítandó, egymásután következő 90 évben állapítatik meg.

Ezen 90 év leteltével a vasút és annak összes tartozékai ingyen és tehermentesen mennek át a magyar állam tulajdonába és szabad haszonélvezetébe, illetve engedélyes vagy jogutódjai e vasutat teljes jó karban, ingyen és tehermentesen tartoznak az államnak átadni.”

Mint látható, az állam hosszú időre biztosította a vasút hasznát az építető részére. A történelem azonban közbeszólt, a II. világháború után a vasútvonal államosításra került.

A vasútvonal építése 1926-ban kezdődött és 1927-ben már üzembe helyezték. Az engedélyezési okirat „A cegléd—vezsenyi gazdasági vasút építésére és üzleti berendezésére vonatkozó feltételek.” meghatározta a vonalvezetést és a kiépítés fontosabb feltételeit:

„A vasút, alépitménye egy vágányra készítenőd. A legnagyobb emelkedés, illetve esés 10‰-ben állapítatik meg. A kanyarulatoknak a nyílt pályán 50 m-nél kisebb fülátmérővel nem szabad bírniok. A kanyarulatokban már a földmunkák kitűzésénél átmeneti ívek alkalmazása veendő figyelembe. Ellenkező irányú kanyarulatok között legalább is 10 m. hosszú túlemelés nélküli egyenesnek el kell férnie. A pályatest szabványos koronaszélessége, az alépitmény felszínében, vagyis a kavicságy alsó felületének magasságában mérve 2*5 m. legyen.”

„A nyílt vasúti áteresztők és hidak tartószerkezetei általában 2.250 kilogramm keréknyomás és az alkalmazandó járművekhez képest megállapítandó terhelési séma, valamint a vasutakra nézve 30.666/1906. szám alatt kiadott híd-szabályrendeletben megállapított igénybevételek alapulvételével számítandók és szerkesztendők.”

„A pálya 076 méter nyomtávval építendő. A sínek, melyek acélból gyártandók, folyómétere-ként 10*9 kilogrammnál könnyebbek nem lehetnek és függő sínkötés alkalmazásával oly sűrűn rakott talpfákon helyezendők el, hogy igénybevételük 2.250 kgr. keréknyomás alatt négyzet cm.-ként 1*200 kilogrammot meg ne haladjon.”

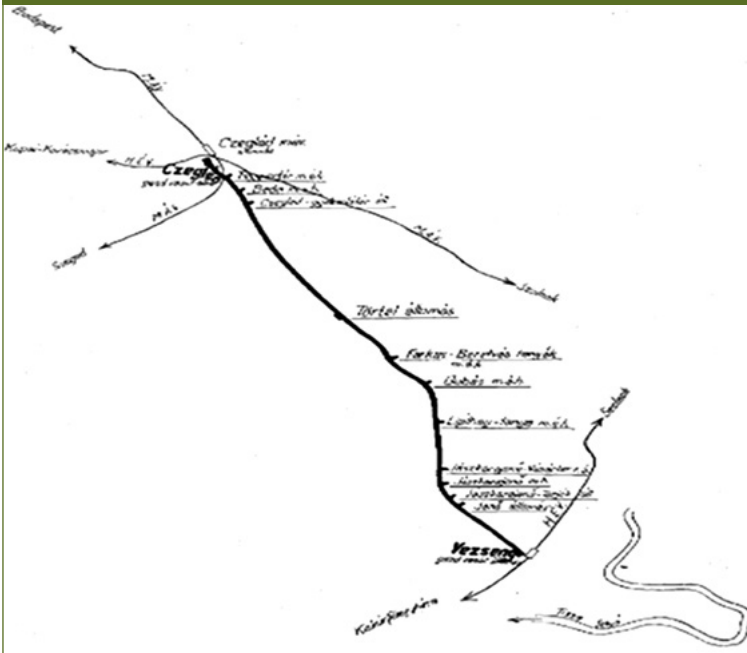
Érdekes, hogy az engedély sok más épület és építmény mellett még a kenyérsütő kemence építését is előírta Jászkarajenő állomáson.

1926-ban, miután a vasút építését a közlekedési miniszter engedélyezte, nekiláttak a munkálatoknak. A pálya lefektetése a sík terepen gyorsan haladt, a Ceglédi Gazdasági Vasút vonala a következő esztendő elején készen is volt. A vonatforgalom lebonyolításához egy mozdonyt és két motorkocsit szereztek be. A villamos hajtásrendszerű járművek dízelmotorját a Láng Gépgyár, az

11. ábra: Az építési engedély előírásai az épületek, építmények tekintetében [12]

Az állomás neve	Felvételi épület		Árúhíd	Fordítókorong 80 m. átmérővel — m. átmérővel	Móroszin tűzszáppal 80-0 m. hosszú 3 állásra	A felvételi épület						Az órház	A motorszin kézi műhely
	földszintes	órház				tartozékai							
						különböző irányé- szek kézi rakatá- nakul	házi kút	szeméttérem	kenyérsütő kemence	melléképület	kút		
beépített terület m ² -ekben		d a r a b s z á m											
Cegléd gazd. vasútállomáson .	150	—	16	—	1	1	1	1	1	—	—	—	1
Jászkarajenőn	—	60	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1	—
Vezseny gazd. vasútállomáson	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—

12. ábra: A vasútvonal eredeti vázlatrajza [12]



A vontatás: dízel-elektromos (Ganz), majd a háború után gőzmozdony. A 60-as évektől Mk48 mozdonyok vontatták a szerelvényeket.

A vasútvonalon a forgalom személy- és teherszállításra rendezkedett be. Fő szállított termék a cukorrépa volt.

A vasútvonal megépítésekor 13 állomás és megállóhely volt a vonalon. Jól mérhető a kisvasút hatása a gazdasági fejlődésre azon keresztül, hogy 1930-ra, tehát 3 év üzemidő alatt a megállási helyek száma 22-re nőtt. Kuriózum, hogy Magyarország egyetlen 1. osztá-

elektromos hajtásrendszert a Ganz Vilamossági Rt. szállította. A gépek a gyakorlatban megbízható üzeműnek bizonyultak. A személykocsik azonban nem érkeztek meg időre, ezért az ünnepélyes megnyitóra csak tavasszal kerülhetett sor. A tisztán motoros üzem miatt az egész országban itt voltak a legalacsonyabbak a jegyárak.

lyú keskeny nyomközű személykocsija ezen a vonalon közlekedett.

Cegléd és Tiszajenő-Vezseny között az 1966/67-es MÁV-menetrendkönyv szerint naponta hat (vasárnap öt) vonatpár közlekedett. A menetidő a 33 km hosszú pályán mintegy két óra volt. Aztán 1968-ban "gon-

13. ábra: Állomások és megállóhelyek [13]

Cegléd - Vezensy kisvasút megállói, 1930

- 0 Cegléd
- 1 Vigadó mh.
- 2 Cegléd Fegyvertér
- 3 Bedei mh.
- 3,5 Unghváry J. faiskola
- 4 Unghváry L. faiskola
- 6,5 Gyakorlótér
- 8 Nyilas
- 10 Besnyő
- 12 Törtel mh.
- 13 Törtel
- 16 Farkas - Beretvástanya
- 17 Gubás
- 20 Tetétlen
- 22 Székes
- 24 Liphay - tanya
- 25 Jászkarajenő
- 26 Jászkarajenő, Templom tér
- 27 Terjéki rakodó mh.
- 29 Várkonyi szőlők
- 30 Jenői szőlők
- 32 Vezensy GV.



„Az utolsó járat 1973. december 31. szilveszter éjjelén közlekedett. Az akkor Cegléd állomáson szolgálatban lévő fiatal forgalmista átballagott az állomás város felőli oldalán várakozó kisvonathoz. Órájára pillantott, majd megfújta sípját. Az erőteljes sípszóra a dízelmozdony szomorú, panaszos hangja válaszolt, s a vonat elindult utolsó útjára. Az üres kocsi-sor újév hajnalán tért vissza, akár egy gyászmenet.”¹

4. HA MÁSKÉNT ALAKUL A TÖRTÉNELEM

14. ábra: A gazdasági vasút Jászkarajenő képeslapján [14]



Elgondolkodtató, hogy milyen lehetőségektől fosztotta meg önmagát a magyar társadalom a politika által vezérelt közlekedés szervezés és fejlesztésén keresztül. Igazából a nyugat-európai példákkal összevetve lehet jól érzékelteni az elmulasztott lehetőségeket. No de vegyük sorra, valóban mi történhetett volna, ha a történelem másként alakul.

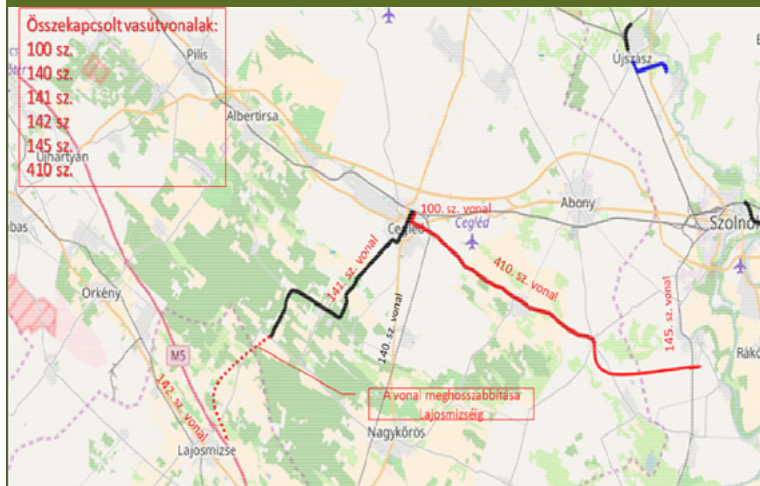
dos mérlegelés után” megalkották a közlekedési koncepciót, ami lényegében a kis falvakat, tanyákat a nagyvilággal összekötő mellékvonalak felszámolását, forgalmuk közütra terelését jelentette. Cegléd kisvasútja öt évvel később esett áldozatul e vitatható, de mára már mindenképpen visszafordíthatatlan elgondolásnak.

4.1. A ceglédi vasúthálózat továbbfejlesztésének korabeli tervei

Már a Cegléd–Hantháza vasútvonal megépítése után megszületett a szakemberekben a

1 Cérnán Guruló Vacak - Harminc éve szűnt meg a ceglédi kisvasút <https://www.kisvasut.hu/>

15. ábra: A ceglédi térség vasútvonalainak összekapcsolási lehetősége



gondolat, hogy a vasútvonalat meghosszabbítsák Lajosmizséig, és összekapcsolják a térség vasútvonalait.

A hantházi vasút meghosszabbításával Lajosmizséig a következő vasútvonalak kerültek volna összekapcsolásra:

- 100 sz. Budapest–Cegléd–Szolnok
- 140 sz. Cegléd–Szeged,
- 145. sz. Szolnok–Lakitelek–Kecskemét,
- 142 sz. Budapest–Lajosmizse–Kecskemét,
- 141. sz. Cegléd–Lajosmizse,
- 410. sz. Cegléd–Vezseny

Ez azt jelenti, hogy a Cegléd–Szolnok–Kecskemét–Lajosmizse négyszög és azon belül lévő települések összekapcsolásával a megyei székhelyek, a főváros és Cegléd város és térségének kapcsolata jó közlekedési lehetőségeket hozott volna létre.

Ha megmaradt és fejlődött volna a fentiekben vázolt vasúti hálózat, úgy ma egy minden tekintetben korszerű, tram-train rendszerű közlekedés alapja lehetne.

Az elszalasztott lehetőség:

- Pályakorszerűsítés és villamosítás az érintett vonalakon,

- Korszerű szolgáltatások, nagyobb sebesség és rövidebb eljutási idő biztosítása. Ehhez elegendő lett volna a keskeny nyomközű vasúton a $V=60$ km/h, a normál nyomközű vasúton a $V=80$ km/h sebesség megvalósítása.
- Tram-train rendszer megvalósítása. Rövid, kis befogadóképességű villamos járművekkel, gyakoribb közlekedés.

- A vasúti rendszer kialakítása lehetővé tette volna a térség településeinek rákapcsolását

az ütemes menetrendű budapesti, szolnoki, lajosmizsei elővárosi és a kecskeméti vasúti közlekedésre.

Amiről lemaradtunk a vasútvonalak felszámolása miatt, azt egy külföldi példával mutatom be.

4.2. Amilyen lehetne a felszámolt vasúthálózat

Példaként Ausztriát hozom fel. Ausztria fejlett gazdaságú ország, jól felépített közlekedési rendszerével és a fejlett egyéni közlekedés mellett sikerült egy korszerű, kitűnő szolgáltatásokat nyújtó és a lakosság által is kedvelt közösségi kötőpályás közlekedési rendszert kialakítani és működtetni.

Stájerország Ausztria délnyugati tartománya. A vasúthálózatának egy részét a helyi Steiermärkische Landesbahnen (SLB), azaz a Stájer Tartományi Vasutak üzemelteti. Hálózatának egy érdekes és nagy kiterjedésű része a Mura-völgyi keskeny nyomközű vasút (Murtalbahn).[7]

A kisvasút érinti a nemzetközileg is ismert síparadicsomot Murau város környékén.

A Tamsweg és Unzmarkt között a Mura folyó völgyében húzódó keskeny nyomközű vasút

16. ábra: A Murtalbahn jellemzői



Üzemeltető :	Steiermärkische Landesbahnen
A vonal megnyitása:	1894.10.09.
Vonalhossz:	66 km
Nyomtávolság:	760 mm
Maximális emelkedő: 20 %	
Minimális ívsugár:	90 m
Maximális sebesség: 70 km/h	
Kitérők száma:	89 csop
Útátjárók száma:	190 db
Vontatás:	dízel és gőz



másokon távvezérelt kitérők és korszerű biztosítóberendezés gondoskodik a forgalom biztonságos lebonyolításáról.

A közlekedő vonatok száma:

Murau és Tamsweg között 13 pár vonat/nap
Murau és Unzmarkt között 15 pár vonat/nap

A Murtalbahn egy csodás gyöngyszeme a

rendkívül korszerű. Korszerűsége hozzámérhető a nagyvasutak kialakításához.

A kisvasút modernizálásakor alkalmazták mindazon nagyvasúti eredményeket, amelyek a korszerű vasúti infrastruktúra és járműpark fejlesztésekor keletkeztek.

Az infrastruktúrát a nagyvasutakkal egyenértékűen korszerűsítették. Az állomások szépen felújítottak, korszerűek. A peronok SK+30 cm magasak. Ahol autóbusz csatlakozás van, azt közvetlenül a peron közelében alakították ki.

A felépítményt S49 típusú nagyvasúti sínekkel, betonaljakon, rugalmas sínleerősítéssel korszerűsítették a vonal jelentős hányadán. A korszerűsített szakaszokon a pályát hézagnélküli kivitelben alakították ki. Az álló

keskenynyomközű vasutaknak. Népszerűségére jellemző, hogy a diákok iskolába járásra, a felnőttek munkába járásra, ügyeik intézésére és turizmus céljaira használják a vasutat. Meglepő volt számomra, hogy a vonatok kihasználtsága napszaktól függően megfigyeléseim szerint 50-100 % között változott.

A vasútvonalon korszerű, könnyű kétrészes motorvonatok közlekednek 70 km/h sebességgel.

A felvételeket a szerző készítette.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

A Cegléd környéki vasúthálózat jó szolgálatot tett az ott élő embereknek. Összekapcsolta a térség településeit, tanyavilágát és új lehetőségeket nyújtott mind gazdasági mind pedig a társadalmi és közösségi élet területén.

17. ábra: St.-Lorenzen és Murau állomás



18. ábra: Korszerű felépítmény és biztosító berendezés



19. ábra: Korszerű, könnyű motorvonattal 70 km/h sebesség is elérhető



A vasutakat végleg felszámolták, sajnos a nyomai már csak itt-ott fedezhetők fel. Még elképzelni is nehéz, hogy fejlesztésekkel milyen nagyszerű és korszerű kötőtpályás hálózatot lehetett volna kialakítani. Nem kis irigységgel tekintünk a szomszédos Ausztriára és más országokra, ahol a vasutat nemzeti értéknek tekintik, fejlesztik.

A vasutak felszámolása Magyarországon azt a tévhitet hordozza magában, hogy sok pénzt lehet megtakarítani ezen keresztül. Miután alig fordítunk pénzt a regionális és keskeny nyomközű vasutakra, így bezárásukkal a nullához közeli értéket takarítunk meg. Ugyanakkor szegényebbé válunk mind gazdaságilag, mind pedig kulturálisan.

Remélem, hogy eljön az idő, amikor a sok vasútbarát és vasutat szerető ember álma

valóra válik, és nem elbontjuk, hanem megóvjuk és fejlesztjük nemzeti értékünket, a vasutat.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Dr. Kerekes István: Szemelvények a magyar közlekedéspolitika történetéből <http://www.emk.nyme.hu> 2017)
- [2] Cegléd népessége <http://nepesseg.com/pest/ceglod>, 2017
- [3] Dr. Zsákai Tibor Development of the Hungarian Railway Network, Railway Market CEE Review, № 4 2008. 12-19. oldal
- [4] Forrás: <http://www.vasutallomasok.hu> 2017
- [5] Forrás: <http://www.vasutallomasok.hu> 2017
- [6] Forrás: Wikipedia, 2017
- [7] Cegléd–Hantháza-vasútvonal, Wikipedia, 2017, [6] Múlt Kor Történelmi Magazin <https://mult-kor.hu/>

- [8] Kossuth Ferenc Forrás: Wikipedia 2017
 [9] Cegléd Kossuth tér Forrás: Wikipedia 2017
 [10] Az utolsó vonat Forrás:Wikipedia 2017
 [11] Ami megmaradt a vasútvonalból Forrás: <http://vasutallomasok.hu> 2017
 [12] Képviseelőházi irományok, 1927. IV. kötet • 147-160. sz Forrás: <https://library.hungaricana.hu> 2017
 [13] Forrás: <http://www.kisvasut.hu> 2017
 [14] Forrás: <http://www.vasutallomasok> 2017
 [15] Steiermärkische Landesbahnen <http://www.stlb.at/> 2017

A fotók az internetről nyilvános oldalakról származnak.

A Steiermärkische Landesbahnen Murtalbahn fotóit a szerző készítette.



Excerpts from the history of the railways around Cegléd

This paper evaluates the railway service system of Cegléd and its catchment area, the establishment of which was completed at the beginning of the 20th century, and analyses the previously planned further development of this network. The detailed processing of the assumed consequences of the failure of implementing these plans and the evaluation can be used in today's railway developments.



Auszüge aus der Geschichte der Eisenbahnen um Cegléd

Dieser Beitrag bewertet das Eisenbahnverkehrssystem von Cegléd und seines Einzugsgebiets, das zu Beginn des 20. Jahrhunderts entwickelt wurde, und analysiert die zuvor geplante Weiterentwicklung dieses Netzes. Die detaillierte Verarbeitung der vermuteten Folgen der fehlgeschlagenen Umsetzung dieser Pläne und ihre Bewertung können in die heutigen Eisenbahnentwicklungen einbezogen werden.



A régi keszthelyi fűtőházak

A régi fűtőházakról írt összefoglalók történelmi visszatekintésre adnak lehetőséget mindazoknak, akik a vasúttörténet eddig ismeretlen területéről szeretnének további információhoz jutni.

Varga Károly

ny. MÁV főtanácsos

e-mail: vargakaroly1936@gmail.com

1888. szeptember 27-én nyílt meg a Keszthely–Balatonszentgyörgy-i HÉV, amely a 10 km hosszúságú vonal kiszolgálására Keszthelyen fűtőházat létesített. A HÉV-nek három gőztramway (közúti-vasúti gőzmozdony) jellegű mozdonya volt. Ezeket a Festetics család tagjairól nevezték el, illetve az I., II. és III. számozással tartották állagban.

Az első keszthelyi fűtőház egy kétállásos mozdonyszín volt, vízállomással, laktanyával és kéziműhellyel. A mozdonyszín egyik vágánya a mozdonyok elhelyezésére, másik vágánya pedig a grófi család termeszkocsijának tárolására szolgált.

1903. június 17-én megnyílt a Keszthely Vidéki HÉV Tapolca–keszthelyi 26 km-es vonala, amelyhez Keszthelyen csatlakoztatták a Keszthely–Balatonszentgyörgy-i HÉV vonalát is. Ekkor annak korábbi állomása és fűtőháza megszűnt. Az új keszthelyi vasútállomáson a MÁV egy új fűtőházvezetőséget létesített. Ekkor a türjei fűtőházi kirendeltség műszaki felügyelet és számadástétel tekintetében, a pápai fűtőházvezetőség pedig számadástétellel a fűtőházvezetőség alá tartozott.

Az új vontatási telep – a keszthelyi MÁV pályaudvaron – a felvételi épülettől jobbra, a fővonal vágányoktól távolabb helyezkedett el. A telep főbb létesítményei: egyvágányú, egyállásos kocsiszín szerelőaknával, 4,6 m átmérőjű fordítókorong a kocsiszín előtt, szénraktár, kétvágányú, hatállásos, favázás, téglalap alakú

mozdonyszín, tisztítóödrökkel és 35 m³-es víztartánnyal. A mozdonyszín északi oldalán – hozzáépített részben – még kéziműhely, szerzőkamra, fűtőházi iroda és anyagszertár, a mozdonyszín előtt pedig a vágányokon tisztítóödrök és vízdaru volt. A vízállomási kút a felvételi épülettel szemben létesült.

A Keszthely–Balatonszentgyörgy-i HÉV üzemének átvételével egyidejűleg a MÁV átvette a HÉV járműállományát. 1909. május 31-én ez a 3 db mozdony, valamint 7 db XII. osztályú gőzmozdony képezte a keszthelyi fűtőház 10 db-os mozdonyállományát.

Keszthelyről az Ukk–Tapolca, a Keszthely–Balatonszentgyörgy és a Türje–Balatonszentgyörgy vonalakat szolgálták ki. A fűtőház létszáma 30-35 fő lehetett.

1913-ban a fűtőházat – az északi Balaton-parti vasútvonalakkal együtt – a zágrábi üzletvezetőséghez csatolták. 1913 nyarán az Igazgatóság E.I. osztálya megszüntette a somogyszobai fűtőházat, és ezzel egyidejűleg a Somogyszob–Balatonszentgyörgy-i vonal kiszolgálását a keszthelyi fűtőházvezetőségre bízta. 1915-ben a fűtőháznak 12 db mozdonya és 28 fő személyzete volt. Az első világháborút követően a fűtőház visszakerült a Szombathelyi Üzletvezetőséghez.

1927-ben elkezdődött a MÁV-nál a mellékvonal személy- és teherforgalom szétválasztása. A Keszthelyhez közeli Tapolcán és

a Türréhez közeli Zalaegerszegen beindult a motorizáció, amelyből a keszthelyi fűtőház kimaradt, és ezáltal a sorsa is megpecsételődött. Feladatai egyre csökkentek, míg végül 1930-ban megszüntették. Feladatait személyzetével és mozdonyállagával együtt a tapolcai fűtőház vette át.

A vontatási telep épületei egy ideig még megmaradtak, és egyes fűtőházi feladatokat – szénszerelés, vízvétel, tisztítás, személyzet lakatanyai elhelyezése – továbbra is fenntartottak. Az 1960-as évek elején a mozdonyszínt elbontották.

A fűtőház vezetése és személyzete – az első világháború előtt és megszüntetésekor:

1914-ben: fűtőházvezető Mandics Pál mozdonyfelvigyázó, irodakezelő, főmozdonyvezető 5 fő, mozdonyvezető 8, segédmozdonyvezető 1, előfűtő 1 és mozdonyfűtő 7 fő.

1930-ban: fűtőházvezető Bánovics József mozdonyfelvigyázó, irodasegéd tiszt 1 fő, főmozdonyvezető 9, előfűtő 2, fűtő 13, vizsgálólakatos 1 és lámpatisztító 2 fő.

Az 1932-ben Budapesten kiadott „Magyar mozdonyvezetők almanachja” több keszthelyi

mozdonyvezető (12-14 fő) rövid életrajzát és fényképét közli.

A MÁV Zrt. és Keszthely önkormányzata 2013. szeptember 27-én egész napos programmal emlékezett meg a Balatonszentgyörgy–Keszthely vasútvonal megnyitásának 125. évfordulójáról. Ennek során vasúttörténeti kiállítás nyílt meg az állomás várótermében, amelynek kertében bemutatták a vasútvonal eredeti tervrajzait.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] dr. Kövér István: Százéves a vasútigazgatóság Szombathelyen I. köt., A szakszolgálatok tevékenységének története, Szombathely, 1995. pp.41-42.
- [2] Heeger Árpád: Vasutasok és hajósok címtára 1930., II. kiadás, Budapest, 1929. pp.101.
- [2] Bakos Jenő: Magyar mozdonyvezetők almanachja, Budapest, 1932. pp.566-568.
- [3] Woldiáner Béla Antal: Magyar vasúti szaknaptár, Budapest, 1914. pp.347.
- [4] Lovas Gyula: A Keszthely–Balatonszentgyörgyi helyi érdekű vasút, Vasúthistoria Évkönyv, 1990., Budapest, pp. 305-306.



Melléklet

Közlekedésbiztonság - Közlekedési környezetvédelem

Önvezető járművek közlekedésbiztonsági hatásai

A szerzők megvizsgálták, hogy az emberi tényezőt és így a reakcióidőt kivonva a közlekedésből a balesetek mekkora hányadát lehetne elkerülni. A vizsgálatokba több társadalmi réteg vezetési tapasztalattal bíró tagját vonták be, hogy képet lehessen alkotni az emberi tényező szerepéről.

DOI 10.24228/KTSZ.2021.2.6

Dr. Henézi Diána – Dr. Horváth Balázs

Széchenyi István Egyetem Közlekedési Tanszék
e-mail: kdiana@sze.hu, hbalazs@sze.hu

1. BEVEZETÉS

Az önvezető járművek elterjedésével és központba kerülésével számos tulajdonságuk körvonalazódik, amelyek a közlekedésbiztonság javát szolgálják. [1] Ezek három fő vetületét sorolhatjuk fel, amelyek a közlekedési balesetek számát és kimenetelét is csökkenthetik, így javítva a társadalom életminőségét:

- az önvezető jármű mindig ideális állapotban közlekedik: legyen szó akár károsanyag-kibocsátásról vagy a reakcióidőről. A jármű/gép nem fárad, nem hatnak rá érzelmek, a környezetre való reagálása nem függ belső tényezőktől,
- a reakcióidő szignifikáns csökkenése miatt a járművek közötti követési távolság csökkenhet, így a kapacitás kihasználása javul (tovább gondolva connected car jelenségével is foglalkozhatunk),
- az emberi tényező kivonásával a balesetek száma várhatóan csökken, és a balesetek kimenetele/súlyossága is kedvezőbben alakul.

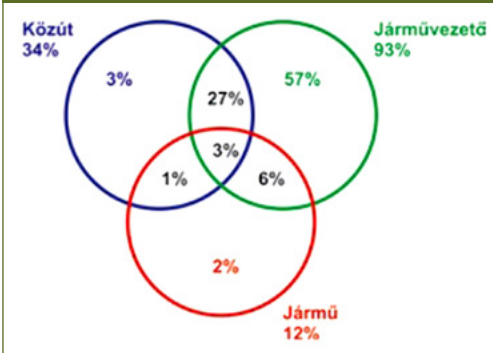
2. KÖZLEKEDÉSI BALESETEK – AZ EMBERI TÉNYEZŐ

Az Európai Unió által meghatározott irányelvek szerint a közúti közlekedési balesetben meghaltak számát 2020-ra a felére kellett csökkenteni a 2010-es adatokhoz képest (Magyarországon 2010-ben 740-en, míg 2018-ban 633-an veszítették életüket közlekedési balesetben). Cél az, hogy 2050-re lehetőleg senki se haljon meg az utakon (ez nem egyenértékű azzal, hogy nem történik személyi sérüléses közlekedési baleset).

A cél elérése egyre nehezebb lesz, hiszen a közlekedésbiztonság három területén a kihasználható erőforrások végesek. A közúti közlekedési balesetek túlnyomó része közvetlenül az emberi hibázás miatt következik be. Gyakran tévesen feltételezik azt, hogy az esetek ~90%-ban csak (!) az emberi hiba miatt következik be közlekedési baleset.

Azok a balesetek, amelyek csak emberi hiba miatt következnek be, „mindössze” 57%-a az

1. ábra: Közúti balesetek okai rendszer-szemléletű közelítés alapján [2]



- szabálytalan előzés,
- egyéb járművezetői hiba.

Amennyiben a bevezetőben felsorolt állításokat megvizsgáljuk, és fókuszba helyezük az utoléréses baleseteket (azonos irányba haladó járművek ütközése), 2018-ban 2294 ilyen baleset történt, amelyből 66 végződött halálos sérüléssel, 500 súlyos sérüléssel és 1728 könnyű sérüléssel. [3] Ezeket a baleseteket a kis követési távolság és/vagy a lassú reakcióidő okozza. A statisztika szerint a connected car és a V2V kommunikációval ezen balesetek megelőzhetőek lesznek.

De vajon a való életben ez megvalósulna-e?

összes balesetnek. Az előbb jelzett ~90%-ban már más tényezők (jármű, út- és környezete) is szerepet játszanak.

2018-ban a Központi Statisztikai Hivatal szerint 16951 személyi sérüléses közlekedési baleset történt. Ha bevezetnénk az önvezető járműveket (5. szinten, csak önvezető jármű közlekedne), akkor a diagram alapján 9662 baleset lett volna megelőzhető. Amennyiben a járművezető okozta halálos sérüléseket nézzük, az 2018-ban 567 áldozatot jelent.

A járművezető hibájából bekövetkezett halálos közúti közlekedési balesetek a legfőbb okok szerint (2019. II. negyedév):

- a sebesség helytelen megválasztása,
- irányváltogatás, haladás és bekanyarodás szabályainak meg nem tartása,
- az elsőbbség meg nem adása,

3. MÓDSZERTAN

Igazolandó, hogy a statisztika a mindennapokban is érvényes, vizsgálatot végeztünk. Hipotézisünk, amely szerint az emberi reakcióidőt kivéve a közlekedésből számos balesetet

2. ábra: Washington Egyetem tesztje

RED LIGHT - GREEN LIGHT Reaction Time Test

Instructions:

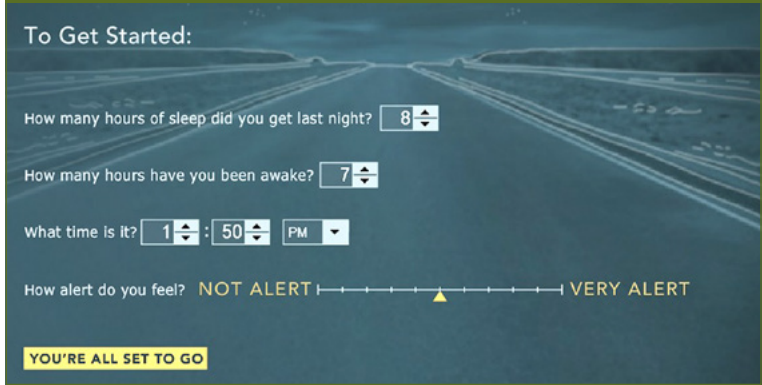
1. Click the large button on the right to begin.
2. Wait for the stoplight to turn green.
3. When the stoplight turns green, click the large button quickly!
4. Click the large button again to continue to the next test.

Test Number	Reaction Time	The stoplight to watch.	The button to click.
1	<input type="text"/>		
2	<input type="text"/>		
3	<input type="text"/>		
4	<input type="text"/>		
5	<input type="text"/>		
AVG.	<input type="text"/>		
<input type="button" value="Start Over"/>			

elkerülhetünk, reakcióidő-teszt elvégzésével támasztottuk alá.

A kutatás során számos reakcióidő-tesztet ki-próbáltunk. Math is Fun oldalán található teszt során a képernyő közepén lévő kör színváltoztatására kell a lehető leghamarabb kattintani. A vizsgálat maga csupán öt alkalommal méri meg a reakcióidőnket, és ebből átlagol. [4]

3. ábra: Harvard Egyetem tesztje



Human Benchmark tesztje is hasonló, itt akkor kell kattintani, amikor a képernyő színe zöldre vált, és szintén öt próbálkozás után kapunk eredményt.

A Washington Egyetem tesztje szintén öt próbálkozásból ismerteti az átlagos reakcióidőnket.

Az eddig ismertetett tesztek nem tartottak megfelelőnek, mivel a teszt ideje nagyon rövid, ezalatt a koncentráció nem csökken (járművezetés során viszont igen).

A valósághoz legközelebbi eredményeket a Harvard Egyetem tesztjével kaptuk, amelyenél a szimulációban résztvevő személyek 5 percig egy monoton előre haladó járműben találták magukat. A teszt során 50 akadály került véletlenszerűen a képernyő elé, amelyre a „space” gomb megnyomásával kellett reagálni.

A kísérlet elvégzése előtt a résztvevőknek a következő adatokat kellett megadniuk:

- mennyit aludt előző éjjel,
- mióta van ébren,
- mennyi most az idő,
- milyen figyelmesnek érzi magát.

Ezen kívül a következő adatokat jegyeztük fel a kitöltőkről:

- neme,
- életkora,
- vezetési gyakorisága,
- átlagosan mennyit vezet évente.

A kísérlet során a teszt figyelembe vette azt is, hogy a kitöltők számítanak az akadályok megjelenésére, így jelentősen jobb a reakció idejük, mint a valós közlekedés során (átlagos reakcióidő a közlekedés során 1 másodperc). A 4. ábrán láthatjuk a figyelmet és a reakcióidőt. Az x tengelyen található az ébren töltött órák száma, míg az y tengelyen a reakcióidő, amelyet három kategóriába sorolhatunk: biztonságos, átlagos és veszélyes. Az ábrán bemutatott végeredményben az átlagos reakcióidő 0,42 másodperc, amely 9 óra ébrenlét után a „veszélyes” kategóriába esik. A piros görbe mutatja be az átlagos reakcióidő „várt” alakulását. A veszélyes reakcióidő ellenére sem volt elütésük a kísérletben résztvevőknek.

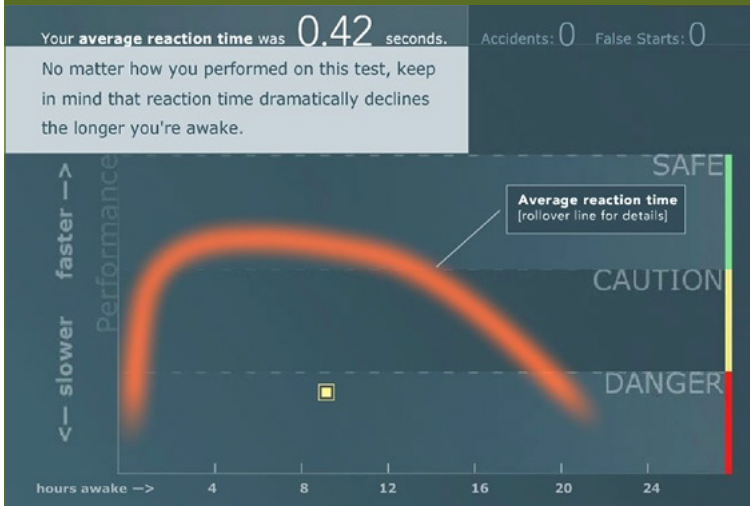
4. EREDMÉNYEK

A felmérésben 50 fő vett részt. A tesztet kitöltőket két nagy csoportra osztottuk: 50 év alatt (26 fő) és 5 felettiekre (24 fő). A résztvevők átlagértékeit az 1. táblázat tartalmazza.

A táblázat értékeiből láthatjuk, hogy szignifikáns különbség a két csoport között mindössze az elütött akadályok számában van. Az alvásidőben és a reakcióidőben mutatkozó eltérés vélhetően életkori sajátosság. Mivel a két csoportban szinte azonos számú (24 és 26 fő) alany vett részt, és az alanyok jellemzői hasonlóak, a nagy elütésbeli különbség nagy baleseti kockázatot jelent a valódi közlekedésben. Felfoghatjuk ezt úgy is, hogy minden idősebb



4. ábra: Harvard Egyetem tesztjének eredménye



korcsoportba átlépő 1,88 elütést behoz a rendszerbe (5 percenként!). Az átlagok helyett a szélsőértékeket vizsgálva (minimum, maximum) igencsak hasonló képet kapunk. Az alanyokra vonatkozó jellemzők hasonlóak a két korcsoportban, de az elütések maximuma kiugróan eltérő (még a második legnagyobbakat vizsgálva is igaz e megállapítás, 2 és 5 db).

A teszt eredményeit vizsgálva nem állapítható meg szoros összefüggés a reakcióidő/

elütések száma és az életkor, alvásidő illetve az ébren töltött órák száma között. A reakcióidőt ezen felül egyéb tényezők is befolyásolják, amelyekre ebben a vizsgálatban nem térünk ki (stressz, éhség, betegség, fizikális állapot, lelki állapot, stb.)

Jelentős különbség fedezhető fel a két korcsoport között az elütések összesített számát vizsgálva, hiszen az 50 év alatti korcsoport 26 tagja összesen 15 elütéssel zárta a felmérést, míg az 50 év feletti mindössze 24 főből álló csoportja 59 elütést okozott. Az ötven év feletti csoportját tovább bontva, jól látható,

1. táblázat: Kísérletben résztvevők átlagértékei

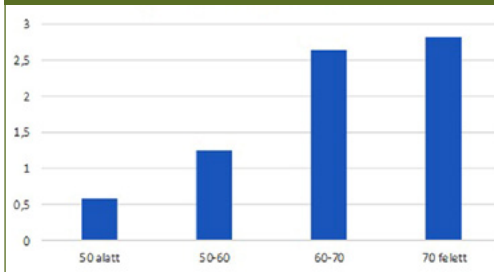
	50 év alatt	50 felett
Életkor	34 év	65 év
Levezett járműkilométer	16712 km	13467 km
Alvásidő	7,46 óra	6,79 óra
Ébrenlét	7,07 óra	6,75 óra
Reakcióidő	0,35 mp	0,38 mp
Elütés	0,58	2,46

2. táblázat: Kísérletben résztvevők minimum és maximum értékei

	50 év alatt		50 felett	
	min.	max.	min.	max.
Életkor	13 év	47 év	51 év	77 év
Levezett járműkilométer	0 km	150000 km	0 km	125000 km
Alvásidő	2 óra	12 óra	3 óra	9 óra
Ébrenlét	2 óra	18 óra	2 óra	11 óra
Reakcióidő	0,28 mp	0,43 mp	0,31 mp	0,42 mp
Elütés	0	3	0	11

hogy az 50-60 korcsoport nem sokkal rosszabb, mint az 50 év alattiak, viszont 60 év felett ugrásszerűen megnőtt az elütések száma.)

5. ábra: Egy főre jutó átlagos elütésszám korcsoportos bontásban



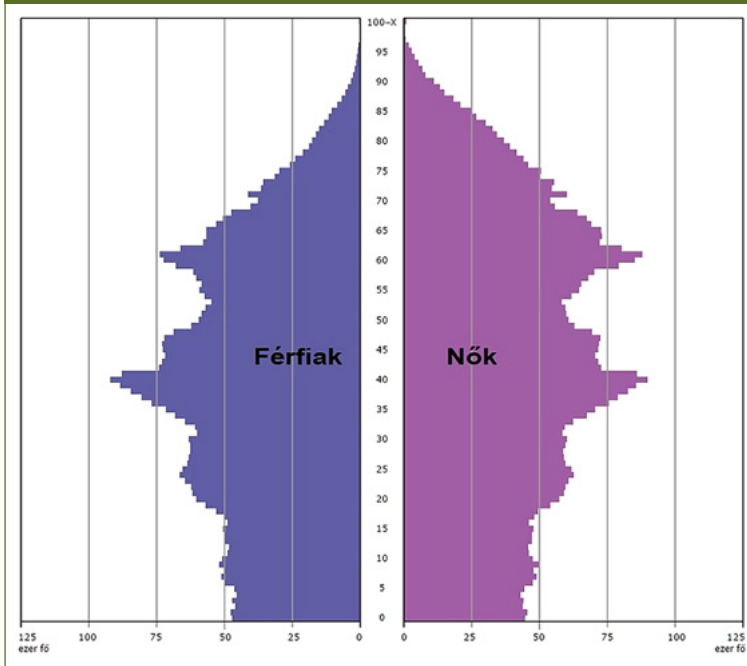
A vizsgálat kezdetekor hipotézisünk az volt, hogy egyértelmű összefüggés várható a tapasztalat, vezetési gyakoriság és az életkor bemeneti adatai, valamint a reakcióidő és az elütések száma, mint válasz között. Ezt a vizsgálat nem igazolta vissza. Mi lehet ennek az oka? Egyik feltételezésünk szerint 50 fő megkérdezése nem adott kellő mintát. Másik feltételezés-

sünk szerint nincs ilyen összefüggés, hiszen a koncentrációképességet, éberséget a korábbiakban leírtak szerint számos (adott esetben) itt nem vizsgált tényező is befolyásolja. Ez persze intő jel is lehet a közlekedésbiztonság terén, hogy nincs abszolút biztos vezető, ezért fontos a képzés/nevelés, hogy ezzel tisztában legyenek a járművezetők. Mindenkinek tudnia kell, hogy ő sem tévedhetetlen.

6. ÖNVEZETŐ JÁRMŰVEK HATÁSAI

Az előzőekben bemutatott vizsgálat mennyiben kapcsolódik az önvezetéshez? Két igen fontos pont fedezhető fel. Egyfelől a korábbi megállapításunk szerint bárki lehet figyelmen kívül az önvezetés, illetve a vezetéstámogató rendszerek nagy közlekedésbiztonsági hatásúak. Másfelől társadalmunk, más hasonló társadalmakkal együtt az elöregedés fázisában van, ami azt jelenti, hogy minden egyes évvel nő az 50 és 60 és 70 év feletti járművezetők száma, ami a vizsgálat szerint növekvő kockázatot jelent. Ez nem hosszú táv, hanem a jelen, hiszen a 6. ábrán is jól látható, hogy milyen nagy az idősebb korosztályba lépők aránya a teljes népességben.

6. ábra: Magyarország népességének száma [3]



Nem előretekintve, csak a jelen adataiból kiindulva, a 2018-ban történt 2294 "ráfutásos" baleset, – amelyből 66 végződött halálos sérüléssel, 500 súlyos sérüléssel, és 1728 könnyű sérüléssel – mind-mind elkerülhető lett volna megfelelően működő önvezető rendszer alkalmazásával (vezetéstámogató rendszerek esetén a képlet nem ilyen egyszerű, mert a gép biztonsági irányultságát rontja a humán járművezető géphe vetett hite

okozta felelősségcsökkenés, és a rizikó-kompenzáció). Feltételezve egy teljes önvezető rendszert, az előbb említett belesetek elkerülésével évente megközelítőleg **60 milliárd Ft** társadalmi kár lenne elkerülhető [5]. E számítás nem tér ki a csak anyagi káros esetekre, melyekről nem készül statisztika, de ezek is számtalan veszteséget okoznak, elég, ha csak a baleset miatt bekövetkező torlódásra, az ott késedelmet szenvedett többi utazóra gondolunk.

7. KONKLÚZIÓ

Összességében megállapítható, hogy az önvezető járművek megjelenése és elterjedése várhatóan csökkenteni fogja az emberi tényező okozta közúti közlekedési balesetek számát. A végzett kísérlet alapján 2018. évben legalább 2294 balesetet tudtunk volna elkerülni, ha az emberi reakcióidőt, mint hibalehetőséget, kivesszük a közlekedésből. A balesetek megelőzése a társadalom minden tagjának érdeke, így érdekcélunk, hogy az önvezető autók elterjedésére minél hamarabb sor kerüljön.



ROAD SAFETY EFFECTS OF SELF-DRIVING VEHICLES



DIE AUSWIRKUNGEN AUTONOMER FAHRZEUGE AUF DIE VERKEHRSSICHERHEIT

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Cikkünk megírásához támogatást nyújtott a Széchenyi István Egyetemen futó EFOP-3.6.2-16-2017-00016 „Autonóm járművek dinamikája és irányítása” című kutatási projekt.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Majó-Petri Z. – Huszár S.: Autonóm járművek, önvezető autók: mit gondol a közösség? Közlekedéstudományi Szemle 2020. LXX/1. p66-75 DOI: <https://doi.org/fxwg>
- [2] Holló P.: Gondolatok az emberi tényező közlekedésbiztonsági szerepéről. Közúti és mélyépítési szemle, 25-26. (2007. december, 12. szám).
- [3] Központi Statisztikai Hivatal
- [4] https://eduline.hu/felnottkepzes/Reakcioido_teszt_N6PWYX (2020.02.13.)
- [5] Prileszky I.: Válogatott fejezetek a közlekedés-gazdaságtanból (egyetemi előadás) http://www.sze.hu/~prile/Levelez%C5%91%202017%20%C5%91sz/4Szem%C3%A9lyk%C3%B6zleked%C3%A9s_gazd_jell_egy%C3%A9b%20k%C3%B6lts%C3%A9gek4.pdf (2020. 02. 13.)

KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI SZEMLE MEGRENDELŐLAP

Alulírott
megrendelem a Közlekedéstudományi Szemlét a következő hónaptól az alábbiak szerint.

Megrendelő neve:

Címe (ahová a lapot kéri):
.....
.....

Telefonszám:

Fax:

E-mail:

Az előfizetési díjat az alábbiak szerint fizetheti be:*

Rózsaszín postai átutalási csekken az alábbi címre:

Közlekedéstudományi Egyesület, 1066 Budapest, Teréz krt. 38.

Banki átutalással (név és cím feltüntetésével) a következő bankszámlaszámra:

10200823-22212474

**A megfelelőt kérjük beikszelni!*

Előfizetés 1 évre: **

• Nyomtatott változat: 8280 Ft/pld. pld.

• KTE tagoknak nyomtatott változat: 4140 Ft/pld.
(tagdíj nélkül) pld.

***A kért példányszámot kérjük kitölteni!*

Az előfizetési díjról számlát kérek: igen nem

Számlázási név:

Számlázási cím:

Az első lapszám kézbesítésére az előfizetési díj befizetését követően kerül sor. Az egyéves előfizetés 6 lapszámot tartalmaz.

Dátum:
.....

aláírás

DIGITÁLIS VÁLTOZAT

Digitális változat megrendelése csak egyéni előfizetőknek lehetséges!

• Digitális változat ára KTE tagoknak 4140 Ft/év (tagdíj nélkül) pld.

• Digitális változat ára NEM KTE tagoknak 6000 Ft/év pld.

Megrendelő neve: E-mail címe:

Dátum:
.....

aláírás

Kérjük, hogy a megrendelő lapot e-mailben a szemle@ktenet.hu e-mail címre, faxon a 06-1-353-2005 számra, vagy a 1066 Budapest Teréz krt. 38. II. em. 235. postacímre szíveskedjen elküldeni!

Támogatónk



Innovációs és Technológiai
Minisztérium

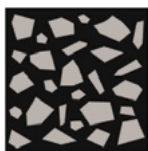


FÜMTERV



STADLER

Stadler Trains Magyarország Kft.



EUROASFALT
ÉPÍTŐ ÉS SZOLGÁLTATÓ KFT.

HungaroControl

Magyar Légiforgalmi Szolgálat

KÖZLEKEDÉS
FŐVÁROSI TERVEZŐ IRODA KFT.



NEMZETI
ÚTDÍJFIZETÉSI
SZOLGÁLTATÓ ZRT.

