

LXV. ÉVFOLYAM 5. SZÁM
2016. OKTÓBER

KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI SZEMLE



A KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI EGYESÜLET SZAKLAPJA
ALAPÍTVÁ 1951-BEN

A forgalomfejlődés becslésének pontossága a valós forgalom tükrében

A vizsgálat lényege, hogy a pályaszerkezet-méretezésben használt forgalmi adatok előrebecslését szabályozó műszaki előírás elavult. Korábban öt évenként jelent meg az előrebecslésre vonatkozó felülvizsgált műszaki előírás, de sajnos pénzügyi forrás hiányában 2005 óta nem történt korszerűsítés. A hiány annak ellenére fennáll, hogy a tanulmány kimutatja, bár a 2005-ös előírás függvénytípusa megfelelő, csak annak paramétereit kell az időközbeni változásokhoz igazítani. Szerencsére tényleges pályaszerkezet méretezés a példákban említett autópályákon a közelmúltban ezzel a módszerrel nem történt, tehát ebből eredő kivitelezési hibát nem követtek el. Mindazonáltal a jövőre nézve szükséges és indokolt a műszaki előírás mielőbbi korszerűsítése, amelyhez a cikk szakmapolitikai segítséget adhat.

Soós Zoltán

e-mail: soos.zoltan@epito.bme.hu

1. BEVEZETÉS

Az útpályaszerkezetek méretezésének alapja az aszfaltrétegek fáradási tönkremenetele, ami a tervezési élettartam alatti áthaladó nehézforgalom által okozott igénybevételek függvénye. A tervezési forgalmat (TF, F100) egységtengely áthaladási számban kifejezve a tervezési élettartamra megfelelő pontossággal kell becsülni, amelyhez az aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek méretezésére vonatkozó hazai előírás [1] értelmében a legfrissebb rendelkezésre álló forgalomszámlálási adatokat és az ún. forgalomfejlődési szorzókat használjuk, amik meghatározására külön előírás vonatkozik [2]. E szorzók azonban, tekintve főként a 10-20 éves tervezési élettartamot, nagy jelentőségűek.

Hazánkban – és jellemzően a nemzetközi gyakorlatban is – a tervezési forgalom prognosztizálását

valós (számlált, mért) forgalmi adatok alapján és adott elv, összefüggés szerinti növekedést feltételezve végzik. A hazai forgalmi adatokat az utügyi előírások értelmében a közútkezelők rögzítik, az eredményeket évente online közzéteszik. A forgalomnagyság változásának feltételezett üteme hazánkban korábban lineárisan növekvő volt, míg a vonatkozó előírás 2005-ben kiadott változata egy harmadfokú függvény szerinti trendet feltételezett. Az új kiadásban a szorzók korábbi, gyorsforgalmi utak esetében országos, az I. és II. rendű főutak, valamint mellékutak esetében megyei érvényességű területi bontása megmaradt [2].

A forgalomfejlődési függvények képviselik a forgalom változását befolyásoló tényezőket, így például a hazai és nemzetközi gazdasági helyzetet, a szállítási teljesítmény és a közúti forgalom fejlődésének tendenciáit. A közúti forgalom és különböző gazdasági mutatók (GDP, vagy in-

kább GDP/fő) között viszonylagos korreláció kimutatható ugyan, de e tekintetben számos szélsőséggel is találkozhatunk [3] [4]. Így a becslés korántsem egyszerű feladat – a nehézforgalom alakulását hazai és nemzetközi folyamatok egyaránt jelentősen befolyásolják. Ilyen tényezők például a logisztika fejlődése, ami az „üresjáratok” csökkenését, a nehézforgalom szinte menetrendszerűsítését eredményezte, és a „just-in-time” szállítások szervezésével a hangsúlyt a szállítási távolságról a szállítási időre helyezte át, lényegében a gyorsforgalmi úthálózatra. A nemzetközi környezetre tekintettel a nehézforgalom nagyságának és területi eloszlásának alakulására jelentős hatással van a keleti partnerek EU-s csatlakozása, a környező országok útdíjrendszereinek alakulása, – akár a hazaihoz képest –, amelynek következtében a kialakult szállítási tengelyek időnként áthelyeződnek. A forgalom ily mértékű változása egyes útszakaszok túl- vagy alulméretezéséhez vezet, ami előbbi esetben gazdaságtalan, utóbbi esetben gyorstönkremenetelt eredményez az új és a megerősített pályaszerkezetek esetében egyaránt.

Belátható tehát, hogy e paraméter megfelelő felvétele meghatározó fontosságú, egyúttal, hogy meghatározásában kisebb bizonytalanság elkerülhetetlen.

2. NEMZETKÖZI KITEKINTÉS

Az útpályaszerkezetek méretezése a nemzetközi gyakorlatban is a tervezési élettartam alatti nehézforgalmi terhelés meghatározásán alapul, elsősorban a nehéztengelyek által okozott fáradási igénybevétel számítása céljából. Habár jórészt még az évtizedes forgalomszámlálásokon alapuló forgalomfejlődési tendenciákat veszik figyelembe, egyre több olyan eljárással találkozhatunk, amelyben már a WIM (Weigh-In-Motion) automatikus mérési adatsorokból nyert sokéves trendet használják fel. Az automata tengelysúlymérés lehetőségeit kihasználva több méretezési eljárás a forgalom nagysága helyett az egyes tengelysúlyok, ill. tengelysúlyosztályközök előfordulási gyakoriságát veszi alapul járműszámok helyett. Az automatikus adatgyűjtés hazánkban sem ismeretlen. 1996 óta rendszeres tengelysúlymérések is folynak a forgalomszámlálás mellett. Az értékes adatso-

rokat a vonatkozó ÚME [1] szerinti egységtengely átszámítási szorzók rendszeres felülvizsgálatára használják, azonban a méretezéshez vagy a forgalomfejlődés felülvizsgálatához való felhasználásuk a hazai szakirodalomban nem lelhető fel. A hazai tengelysúlymérési és forgalomszámlálási adatok alakulásával több hazai publikációban is találkozhatunk (pl. [5], [6]).

A nemzetközi gyakorlatot tekintve például az osztrák (RVS 03.08.63), a német (RStO01) vagy például több egyesült államokbeli (pl. AASHTO szerinti) szabályozás lineáris forgalomfejlődést becsül. A felhasznált szorzók az útkategória függvényében évente néhány százalékos növekedést mutatnak [7] [8] [9]. Az angol előírás (HD 24/06:2006) a nehézforgalmat két kategóriára bontva (autóbuszok és 2 vagy 3 merev tengelyes, illetve 3-tengelyes nyerges és annál több tengelyes tehergépkocsik), enyhe exponenciális fejlődést feltételezve tárgyalja [10]. Az ausztrál előírás [11] a forgalom nagyságának fejlődése mellett a nehéztengelyek súlyának időbeli növekedésére is tartalmaz becslést, és a két tényezőt egy kumulált növekedési faktorba összevonva használja fel. Habár inkább holland mintára alakult ki, hasonlóképpen érdekes a dél-afrikai méretezési eljárás is [12], amely szintén kombinált fejlődési tényezőt használ, és a tengelyátszámítási szorzók lassú növekedését is figyelembe veszi.

A nemzetközi gyakorlat elemzése alapján látható, hogy a forgalom fejlődésének igen nehezen meghatározható, és számos tényezőre érzékeny fejlődési ütemét a vizsgált országokban eltérően veszik figyelembe. Meglepő lehet, hogy az útpályaszerkezetek tekintetében fejlettnak tekinthető német és amerikai gyakorlatban relatíve egyszerű, míg más országok eljárásában a hazaihoz hasonló, részletesebben kidolgozott megközelítéssel találkozhatunk.

3. A FORGALOMFEJLŐDÉS BECSLÉSE MAGYARORSZÁGON

A tervezési forgalom meghatározását az e-UT 06.03.13 [ÚT 2-1.202:2005] „Aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek méretezése és megerősítése” előírás [1] rögzíti. Habár a modellezési lehetőségek és a számítástechnika fejlődésével egyre gyakrabban találkozhatunk sokéves prognózi-

sokkal, a gyakorlatban tervezési forgalom becslésének leggyakrabban még „kézi” módszereit alkalmazzuk, amelyhez a szükséges forgalomfejlődési szorzók meghatározásának módját az e-UT 02.01.31 [ÚT 2-1.118:2005] „Közutak távlati forgalmának meghatározása előrejelző módszerrel” c. előírás [2] tartalmazza.

A tervezési forgalom (TF) meghatározása során a nehézgépjárműveket (össztömeg nagyobb, mint 7,5 tonna) vesszük figyelembe. Ismeretes, hogy az ennél könnyebb járművek, nagyságrendekkel nagyobb járműszám esetén is csak elhanyagolható fárasztó igénybevételt okoznak a pályaszerkezetben. A vonatkozó forgalmi adatokat az „Országos közutak keresztmetszeti forgalma” éves kiadványok tartalmazzák.

A tervezési forgalom meghatározására az előírás négy módszert ad, amelyből a gyakorlatban jellemzően az összevont járműkategóriákat alkalmazzuk, az (1) egyenlet szerint [1].

$$TF = z \cdot 1,25 \cdot 365 \cdot t \cdot r \cdot s \cdot f_N \cdot (\dot{A}NF_a \cdot e_a + \dot{A}NF_n \cdot e_n + \dot{A}NF_p \cdot e_p + \dot{A}NF_{ny} \cdot e_{ny}) \quad (1)$$

ahol: TF a tervezési forgalom, [et. áthaladás, db.]

z az egyes 115 kN, a kettős 180 kN és az útkímélő 190 kN tengely többlet fárasztó hatását figyelembe vevő szorzó,

1,25 a biztonsági tényező,

t a tervezési élettartam [év],

r a keresztmetszeti forgalom irányonkénti számítására használt iránysszorzó, s a sávsszorzó az egy irányban vezető forgalmi sávok száma szerint,

f_N összevont járműosztály forgalomfejlődési szorzója, az út forgalomba helyezési évétől számított t/2. évre.

$\dot{A}NF_i$ az i-edik járműosztály átlagos napi forgalma [jármű/nap],

e_i az i-edik járműosztály járműátszámítási szorzója, illetve:

a egyes és csuklós autóbuszok,

n nehéz tehergépkocsik,

p pótkocsis tehergépkocsik,

ny nyerges tehergépkocsik

járműátszámítási szorzója.

A forgalom fejlődésének figyelembevételére az f_N összevont járműosztályok forgalomfejlődési szorzóját kell használni, amely a méretezés során valamennyi figyelembe veendő nehézgépjármű kategóriára érvényes. A forgalomfejlődési szorzót a forgalomba helyezés évétől számított „t” tervezési élettartam felének évére kell kiszámolni, 2000-es bázisúvra vonatkoztatva. Ez három lépésben történik, a (2)-(4) egyenletek szerint [2].

Első lépésben a meghatározandó az alapév forgalmának viszonya a nullév forgalmához:

$$\frac{f_{év1}^{j,t,k}}{f_{év0}^{j,t,k}} = a^{j,t,k} \cdot (év_1 - év_0)^3 + b^{j,t,k} \cdot (év_1 - év_0)^2 + c^{j,t,k} \cdot (év_1 - év_0) + d^{j,t,k} \quad (2)$$

Második lépésben a távlati év forgalmának viszonya a nullév forgalmához:

$$\frac{f_{év2}^{j,t,k}}{f_{év0}^{j,t,k}} = a^{j,t,k} \cdot (év_2 - év_0)^3 + b^{j,t,k} \cdot (év_2 - év_0)^2 + c^{j,t,k} \cdot (év_2 - év_0) + d^{j,t,k} \quad (3)$$

Végül a távlati év forgalmának viszonya az alapév fogalmához, azaz a forgalomfejlődési szorzó:

$$f_N = \frac{f_{év2/év1}^{j,t,k}}{f_{év1/év0}^{j,t,k}} = \frac{f_{év2/év0}^{j,t,k}}{f_{év1/év0}^{j,t,k}} \quad (4)$$

ahol:

$a^{j,t,k}$, $b^{j,t,k}$, $c^{j,t,k}$, $d^{j,t,k}$ a forgalomfejlődési függvény paraméterei j. járműosztály, t. területi egység és k. útkategória esetén (d=1,0)

$év_0$ nullév: a szorzók függvényparamétereinek báziséve: 2000

$év_1$ alapév: a legfrissebb forgalomszámlálási eredmények éve

$év_2$ távlati év: az az év, amelyre a forgalmat előrebecsüljük

Az „a”, „b”, „c” és „d” együtthatók az előírásban meghatározott harmadfokú forgalomfejlődési görbék paraméterei [2]. A függvény 2000-2050 közötti szakaszát az 1. ábra mutatja (a gyorsforgalmi utak esetében, az ország egész területére egyetlen függvény vonatkozik).

3.1. A forgalomfejlődési szorzó alkalmazása

A (1) egyenletben alkalmazott szorzó a $t/2$. évre történő meghatározása lényegében a forgalomfejlődési függvény lineáris megközelítése, alkalmazásával a tervezési élettartam felére megállapított szorzó vonatkozik az egész tervezési élettartamra. A gyakorlati alkalmazhatóság érdekében tett egyszerűsítés azonban kismértékű hibát okoz.

Példaként tekintsünk egy gyorsforgalmi útszakaszt, amelynek pályaszerkezetét az előírás szerint, a legfrissebb rendelkezésre álló forgalom alapján méreteztük 2000-ben. A forgalomszámolás egyes éves adatai között jelentős eltérés is adódhat [14].

A tervezési élettartam $t=20$ év, a nullév és az alapév $év_0=év_1=2000$, a forgalomfejlődési szorzót $év_2=2010$ -re (távlati év) kell meghatározni. A 2. ábra a forgalomfejlődési görbe és annak a $t/2$. évre számítással való lineáris közelítését mutatja a tervezési élettartam alatt, 2000-

2020 között. A tervezési forgalom a $2000+t/2$. évre számított szorzó függvénye alatti területtel arányos, tekintve hogy az (1). egyenletben a többi tényező konstans. A számítás a lineáris közelítéssel e trapéz területének megállapítását adja.

Látható, a közelítés során a tervezési élettartam első felében az egyenes a görbe fölé becsül, a második felében alá. A tervezési élettartam alatti eltérést a két függvény integrálásával kapjuk meg. A forgalomfejlődés becslésére alkalmazott harmadfokú függvény integrálját, 2000-2020 között az (5) egyenlet, az előírás szerint használt lineáris közelítés integrálását a (6) egyenlet írja le.

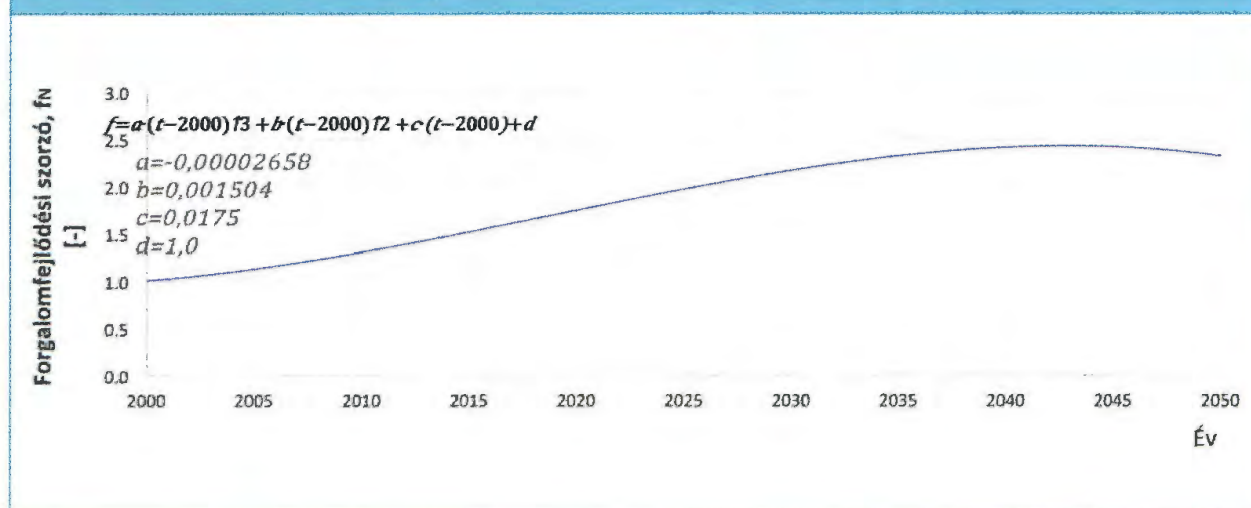
$$f_{\text{függvény}} = \int_{2000}^{2020} [a \cdot (t - 2000)^3 + b \cdot (t - 2000)^2 + c \cdot (t - 2000) + d] \cdot dt = 26,45 \quad (5)$$

$$f_{\text{lineáris}} = \int_{2000}^{2020} [0,0299 \cdot t - 58,8] \cdot dt = 25,98 \quad (6)$$

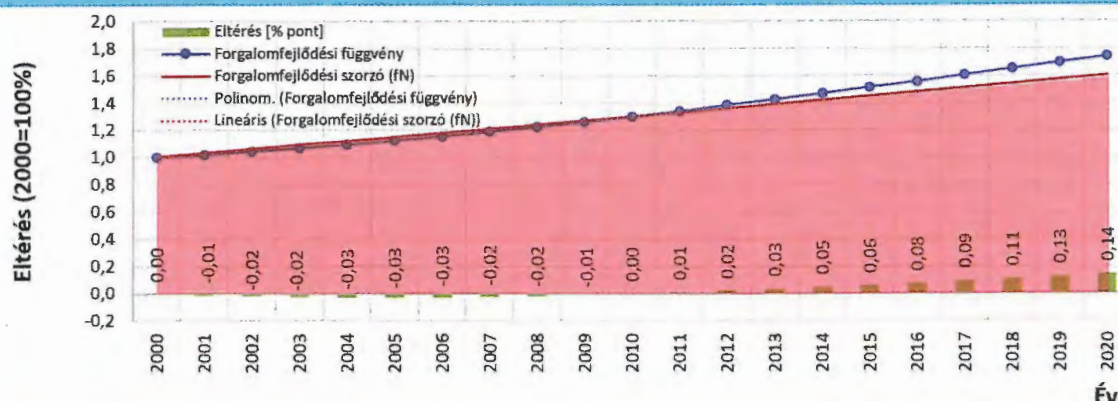
A két függvény alkalmazása közötti eltérés a fentiek alapján a (7) egyenlet szerinti, mintegy 1,8%-ra tehető ebben az esetben.

$$f_{\text{hiba}} = 1 - \frac{f_{\text{lineáris}}}{f_{\text{függvény}}} = 1 - \frac{25,98}{26,45} = 0,018 \quad (7)$$

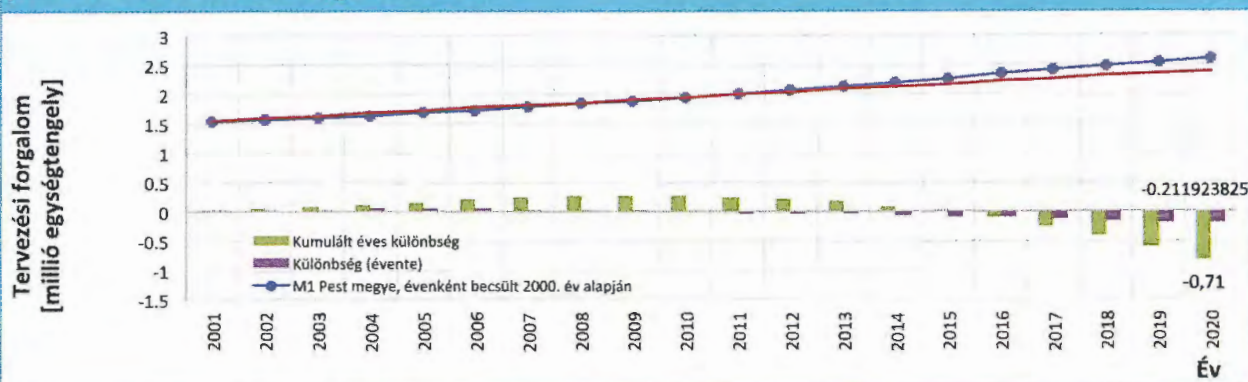
1. ábra: A becsült forgalomfejlődést leíró harmadfokú függvény



2. ábra: Forgalomfejlődés görbe és lineáris közelítése 20 éves tervezési élettartam esetén



3. ábra: Az egyszerűsítés által okozott hiba az M1 autópálya 2000. évi forgalmi adatai alapján becsült tervezési forgalom esetén



A példát számszerűsítve, az M1 autópálya Pest megyei szakasza esetében, a 2000-ben realizált forgalmakkal számolva, a 3. ábra mutatja (TF2000=1,50 millió egységtengely).

A tervezési forgalom 2000-2020-as időszakra számolva 39,5 millió egységtengely. Az egyszerűsítésből adódóan 20 éves tervezési forgalom esetén ebben az esetben, 0,71 millió egységtengelynyi hibát kapunk. Ez a jelenlegi típus-pályaszerkezet alapú méretezés esetében lényegében elhanyagolható, azonban mai számítási kapacitásokat tekintve ilyen egyszerűsítés felesleges. A további elemzések során a jelenlegi előírás szerinti lineáris közelítést használom.

3.2. Becsült és realizált forgalmi adatok elemzése

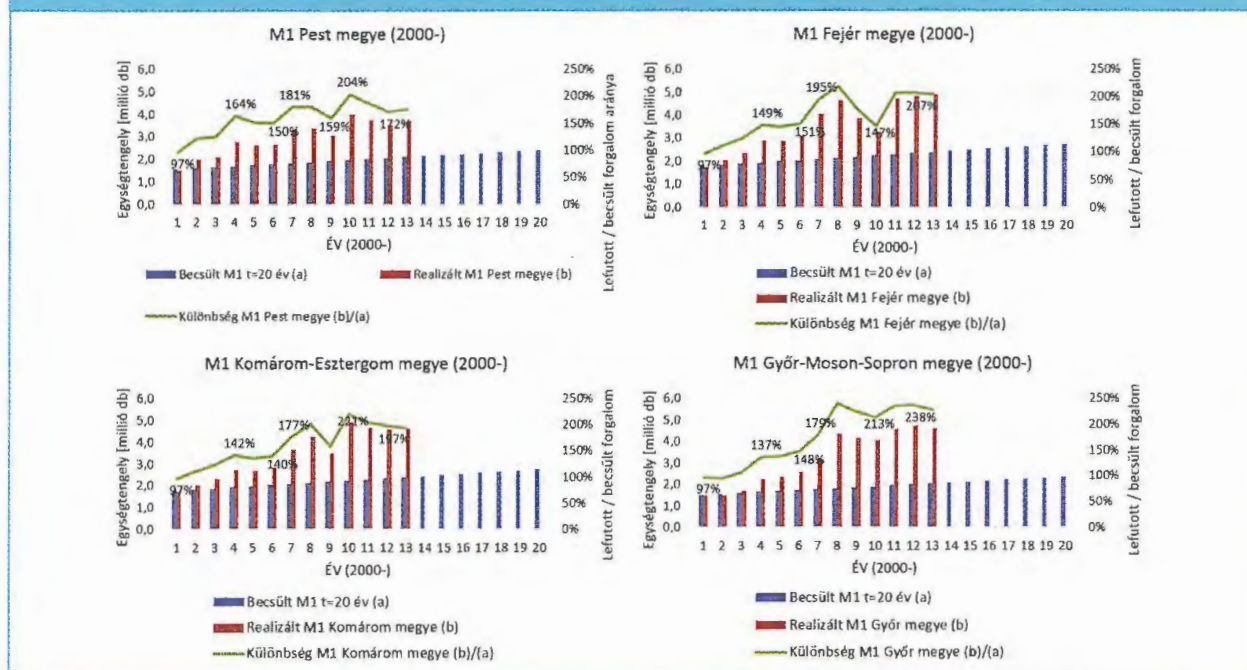
A forgalomfejlődési szorzó felhasználásával becsült, illetve a valós (realizált) forgalom évenkénti alakulását mutatja a 4. ábra az M1-es autópálya egyes megyei szakaszai esetében. Az adatok forrá-

sa az online évente megjelenő „Országos közutak keresztmetszeti forgalma” c. kiadványok [15]. A grafikonok azt mutatják, hogy a 2000-2013 közötti forgalomszámlálásból számított (továbbiakban: realizált) tervezési forgalom, és a 2000. évi adatokból 20 évre becsült tervezési forgalom éves alakulása között lényeges különbség van, ami a tervezési élettartam II. negyedében legalább 50%-os.

A becsült és a számlált adatok között lényeges különbség mutatható ki, ám tekintve, hogy a pályaszerkezeteink méretezése a tervezési élettartam alatt áthaladó nehézforgalom összegzett fásasztó igénybevételére történik, a forgalom évenkénti alakulása helyett az élettartamra becsült és az építés óta lefutott összes nehézforgalom alakulása a lényeges. Ezt az 5. ábra mutatja évenként összegezve, az M1 autópálya és az 1. sz. főút egyes megyei szakaszai esetében, a 4. ábra adatai alapján.

A grafikonok alapján látható, hogy az M1 autópálya négy megyei szakasza 2013-ra elérte, vagy meg-

4. ábra: Prognosztizált és realizálódott tervezési forgalom alakulása az M1 autópályán, évenként



haladta a 2001-2020 időszakra becsült tervezési forgalmat a 2001-2013 közötti realizált forgalmi adatok alapján. Az 5. ábrán az oszlopdiagramok a tényleges és a becsült tervezési forgalom közötti különbséget mutatják évenként, millió egységtengely áthaladásban. Hasonló módon vizsgálva az 1. sz. főút forgalmát éppen ellentétes következtetésre jutunk. Látható, hogy az 1. sz. főút valamennyi megyei szakasza esetében a 2000. évi adatok alapján becsült tervezési forgalom jóval meghaladja a ténylegest. Ez adott esetben a főút jelentős túlméretezettségét okozná. A különbségek a folyosók autópálya és főút közötti „munkamegosztásban” részben egybevágóak egy korábbi kutatás eredményeivel, amelyben a szerzők ugyanezen folyosók átlagos napi forgalmát vizsgálták [16], [17].

A jelentős eltérések miatt a vizsgálatokat elvégezték a további három hazai közlekedési folyosóra. Az elemzésben a 2000. évi (vagy a legrégebbi) forgalomszámlálási eredmények alapján, 20 éves élettartamra meghatározták az egyes autópályák megyei szakaszainak tervezési forgalmait, valamint az éves forgalomszámlálási eredményekből származtatott egységtengely-áthaladások számát.

A számítás eredményeit az M3, M5 és M7 autópályák, valamint a 3., 5., 7. sz. főutak eseté-

ben az 5., 6., 7. ábrák mutatják. A grafikonokon látható, jellemzően az M1 – 1. sz. főút folyosóhoz hasonló eredmények adódnak.

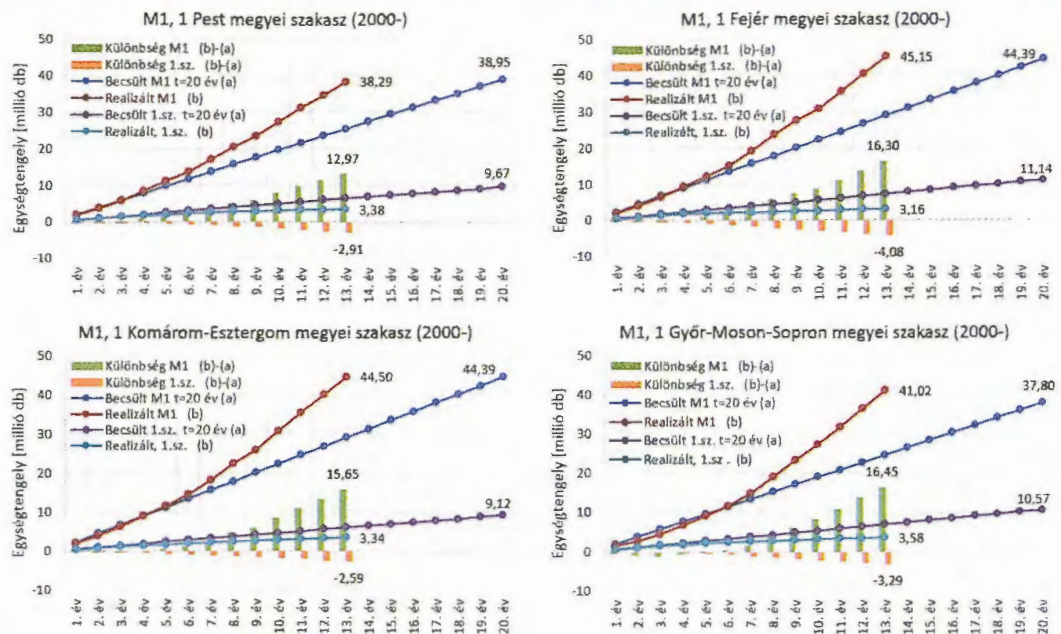
Látható, a lefutott forgalom a forgalomfejlődési függvények feltételezett exponenciális alakjának jellemzően megfelelő. Az 1. táblázat a vizsgált autópályák és főutak egyes megyei szakaszának – 2000. évi adatok alapján, 20 éves élettartamra – becsült tervezési forgalmát, a 2013-ig realizált tervezési forgalmat és a kétféle %-os arányát mutatja. Az utolsó oszlop a tervezési forgalom és a 2013-ig lefutott forgalom arányát mutatja. Az összehasonlíthatóság miatt a főutakra vonatkozó számítás is 20 éves tervezési élettartamra készült.

Látható, hogy – egyszerűen arányosítva a lefutott forgalmat a tervezési élettartamra – a vizsgált autópálya-szakaszok többsége a jelenlegi forgalomfejlődési szorzók alkalmazása esetén rendkívül alul-, a párhuzamos főutak hasonló arányban, túlméretezettek lennének.

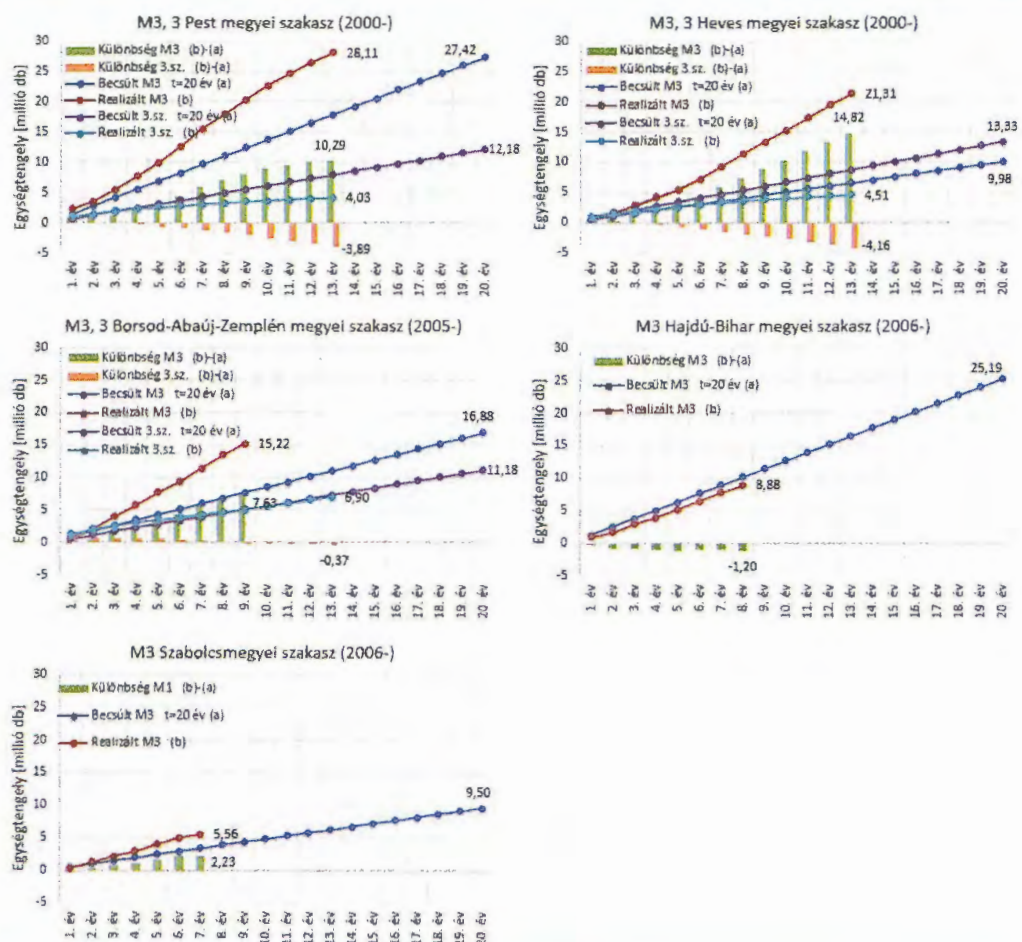
3.3. A korábbi lineáris és a jelenlegi harmadfokú feltételezés összehasonlítása

Az előzőekben bemutatottak alapján belátható, hogy a vizsgált útszakaszok esetén az előírás alapján becsült tervezési forgalom a valóságtól (folyt. 36. oldal)

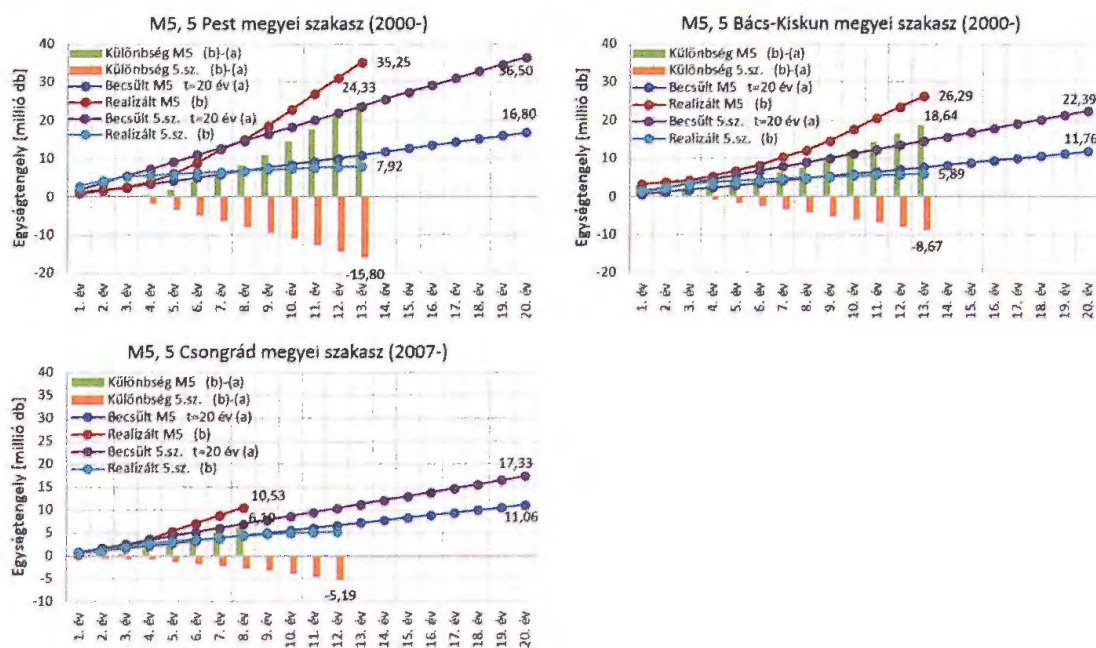
5. ábra: Realizált és becsült tervezési forgalom az M1-1. sz. főút közlekedési folyosójában



6. ábra: Realizált és becsült tervezési forgalom az M3-3. sz. főút közlekedési folyosójában



7. ábra: Realizált és becsült tervezési forgalom az M5-5. sz. főút közlekedési folyosóban

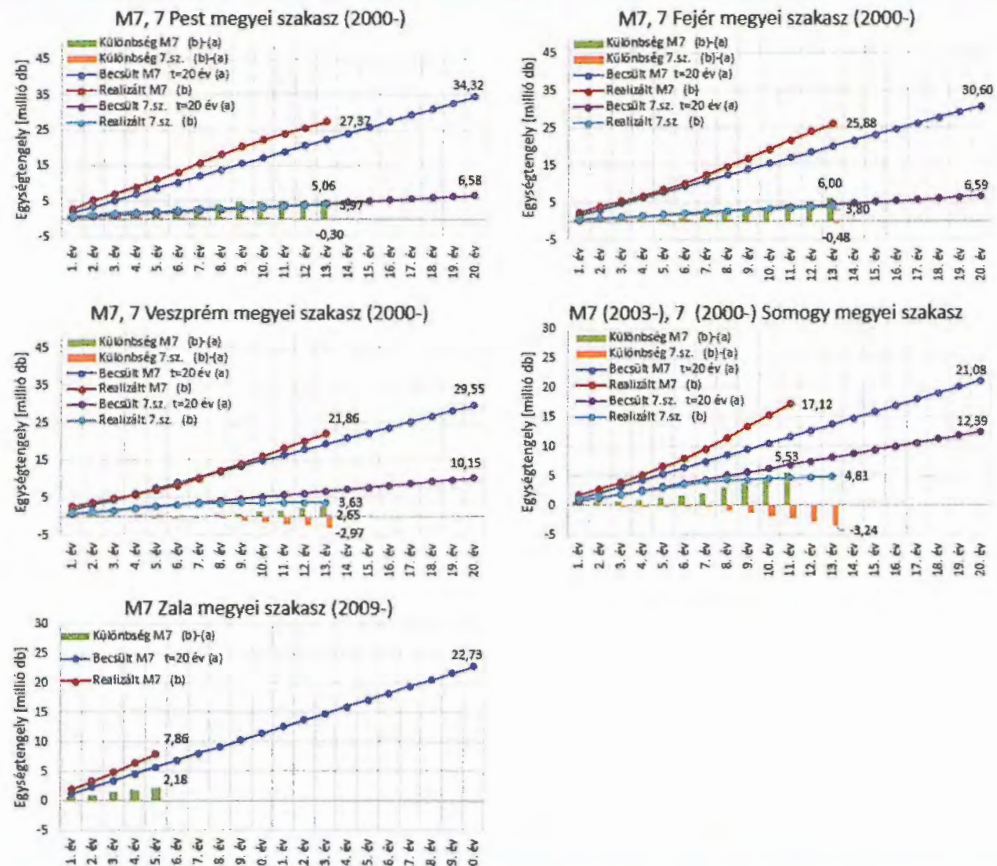


1.táblázat: Becsült és realizált tervezési forgalom a vizsgált közlekedési folyosók megyei szakaszain

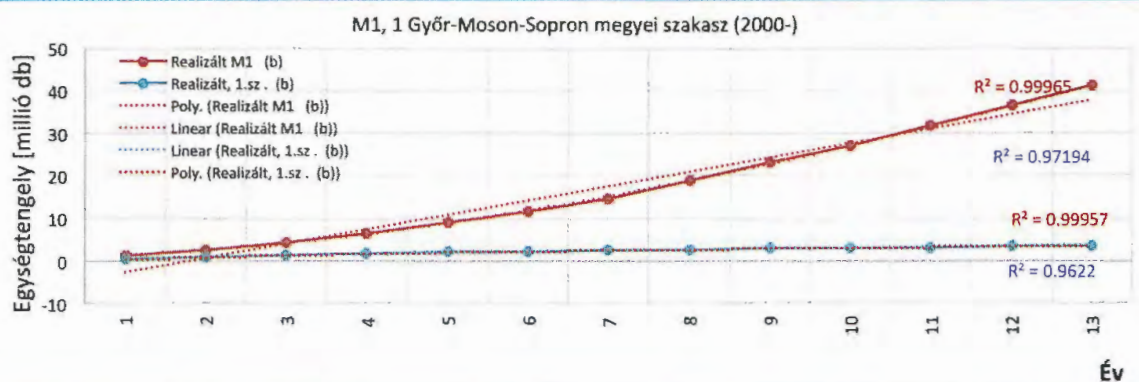
Megyei szakasz		Tervezési forgalom (t=20 év) [millió et.]	Becslés nulléve	Lefutott forgalom 2013-ig [millió et.]	Üzemelés időtartama	2013-ig lefutott / 20 évre tervezett	Kihasználatosság 20 év alatt*
M1	Pest	39.0	2000	39.8	13	102%	157%
	Fejér	44.4	2000	46.9	13	106%	162%
	Komárom	44.4	2000	46.2	13	104%	160%
	Győr	37.8	2000	42.5	13	112%	173%
1. sz. főút	Pest	9.7	2000	3.4	13	35%	54%
	Fejér	11.1	2000	3.2	13	28%	44%
	Komárom	9.1	2000	3.3	13	37%	56%
	Győr	10.6	2000	3.6	13	34%	52%
M3	Pest	27.4	2000	28.1	13	103%	158%
	Heves	10.0	2000	21.3	13	213%	328%
	B-A-Z	16.9	2005	15.2	8	90%	225%
	H-B	25.2	2006	8.9	7	35%	101%
3. sz. f.	Sz-Sz-B	9.5	2007	5.6	6	58%	195%
	Pest	12.2	2000	4.0	13	33%	51%
	Heves	13.3	2000	4.5	13	34%	52%
	B-A-Z	11.2	2000	6.9	13	62%	95%
M5	Pest	16.8	2000	35.2	13	210%	323%
	Bács-Kk.	11.8	2000	26.3	13	223%	344%
	Csongrád	11.1	2006	10.5	7	95%	272%
	Pest	36.5	2000	7.9	13	22%	33%
5. sz. f.	Bács-Kk.	22.4	2000	5.9	13	26%	40%
	Csongrád	17.3	2002	5.2	11	30%	55%
	Pest	34.3	2000	27.4	13	80%	123%
	Fejér	30.6	2000	25.9	13	85%	130%
M7	Veszprém	29.5	2000	21.9	13	74%	114%
	Somogy	21.1	2003	17.1	10	81%	163%
	Zala	22.7	2009	7.9	4	35%	173%
	Pest	6.6	2000	4.0	13	60%	93%
7. sz. f.	Fejér	6.6	2000	3.8	13	58%	89%
	Somogy	10.2	2000	3.6	13	36%	55%
	Zala	12.4	2000	4.8	13	39%	60%

* a lefutott forgalmat arányosítva a tervezési élettartamra

8. ábra: Realizált és becsült tervezési forgalom az M7-7. sz. főút közlekedési folyosójában



9. ábra: Lineáris és harmadfokú függvény szerinti közelítés közötti eltérések



jelentősen eltér. Fontos kérdés lehet azonban az, hogy az alapösszefüggés vagy csak a függvényparaméterek szorulnak felülvizsgálatra (8. ábra).

Ennek eldöntésére a valós forgalmi adatokhoz a korábbi (2000-2005 között érvényes) előírásnak megfelelő lineáris és a jelenlegi előírásnak megfelelő harmadfokú függvényt illesztve, vizsgálva annak determinációs koefficiensét (R^2) mutatom be [2]. A különbségeket grafiku-

san a 9. ábra, az összes vizsgált szakasz eredményeit pedig a 2. táblázat mutatja.

A legnagyobb eltérés a 7. sz. főút Somogy megyei szakaszán adódik, a többi esetben a harmadfokú néhány százalékkal jobban illeszkedik a realizált egységtengely-adatsorra. A harmadfokú közelítés tehát minden esetben jobban közelít a valósághoz. E pontosságbeli különbség azonban a forgalomszámlálás rendszerint legalább néhány

százalékos pontosságához képest elenyésző. Az illeszkedés tükrében megállapítható, hogy elegendő a forgalomfejlődési függvények jelenleg érvényes paramétereinek felülvizsgálata.

4. SZÁLLÍTÁSI TELJESÍTMÉNY IDŐSOROK ELEMZÉSE

A közúti áruszállítási statisztikából látható, hogy a hazai szállítási teljesítmény [áru-tonna-km] 2009 óta csökken, míg a szállított áruk mennyisége [ezer tonna] lényegében stagnál (10. ábra, forrás: KSH).

Emellett [18]-ban bemutatott elemzés szerint a nehézforgalom erőteljes növekedése a 2000-es évek elejétől, gyakorlatilag csak a gyorsforgalmi utakon tapasztalható, amely 2009-re szinte eléri a főutak kb. 5 millió járműkilométer napi terhelését.

A 10. ábra két statisztikai paramétere együtt arra engedne következtetni, hogy a szállítójárművek által megtett távolságok csökkennek. Ez azonban a vizsgált autópályák esetében a forgalmi adatok (azaz nehézgépjármű áthaladási számok) alapján éppen egyértelmű növekedést mutat. Amennyiben ez általánosságban igazolható lenne, az azt is jelentené, hogy a fuvarozás egyre terheltebb gépjárművekkel történik. A pályaszerkezet méretezése ezáltal egyre érzékenyebbé válhat a nehéztengelyek figyelembevételére, akár a helyes előrebecslés, akár a tengelyát-számítási szorzó helyessége szempontjából.

5. A SPECIÁLIS JÁRMŰVEK SZÁMÁNAK ALAKULÁSA

A tervezési forgalom meghatározására az előírás szerint a nehézforgalmat négy összevont jármű-

kategóriába osztva veszik figyelembe, a speciális járművek kivételével. A négy gyorsforgalmi út 2000-2013 közötti forgalmi adataiból, a speciális járművek számának alakulását 11. ábra mutatja.

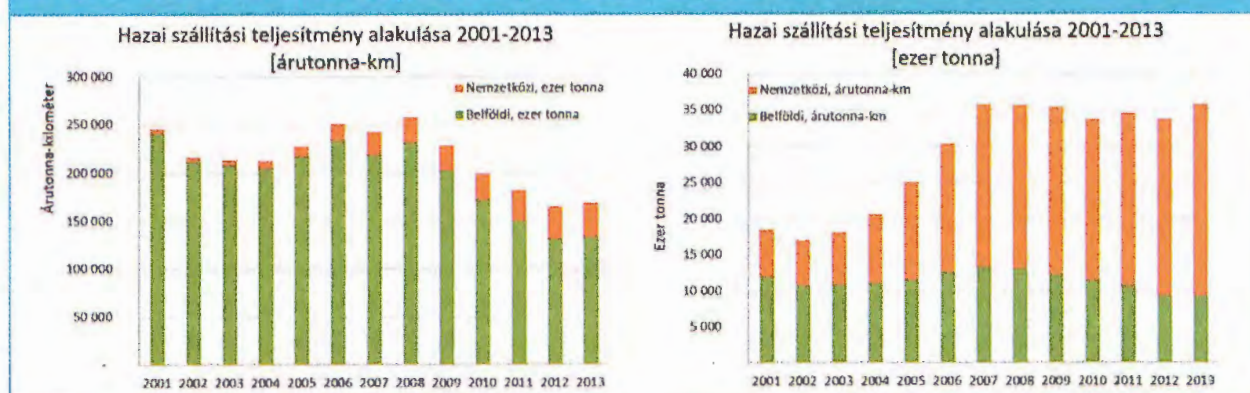
A legtöbb speciális járművel terhelt M1-es autópályán 13 év alatt mintegy 148 ezer speciális jármű közlekedett, amit a méretezés során nem vettek figyelembe. Ez 2,5-ös járműátszámítási szorzót feltételezve is mintegy 370 ezer egységtengely, ami az útszakasz átlagosan 42 millió egységtengely áthaladási számának (2010-2013) csak mintegy 1%-a. Ez ugyan nem jelentős, mégis elhanyagolása kismértékű alulméretezéshez vezet. A korszerű adatgyűjtési és számítási rendszerek korában akár 1% figyelmen kívül hagyása nem indokolt tekintettel arra, hogy az ilyen járművek járműátszámítási szorzója széles skálán mozoghat.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A hazai forgalmi adatok tükrében megállapítható, hogy az ország némely régiójában a nehézforgalom a feltételezettnél erőteljesebben fejlődik, míg a vizsgált megyei szakaszok esetében a becsültnél kevesebb egységtengely futott le. Az elemzésekből a vizsgált útszakaszok alapján három területen vonhatunk le következtetéseket a forgalomfejlődés jelenlegi előírás [2] szerinti becsülésével és a tervezési forgalom számítására vonatkozó előírással [1] kapcsolatban. Egyrészt a tervezési forgalom módszertanára vonatkozóan:

- (1) A harmadfokú forgalomfejlődési függvény lineáris közelítése során számított f_N forgalomfejlődési szorzó használata autópályák esetében a forgalomfejlődési függvények alapján évente számolt

10. ábra: Hazai szállítási teljesítmény alakulása 2001-2013 között



2. táblázat: Determinációs koefficiensek lineáris és harmadfokú függvény szerinti közelítés esetén

Megyei szakasz		Determinációs koefficiens	
		Lineáris	Harmadfokú
M1	Pest	0.9916	0.9999
	Fejér	0.9874	0.9994
	Komárom-E.	0.9827	0.9997
	Győr-M.-S.	0.9719	0.9997
1. sz. főút	Pest	0.9589	0.9994
	Fejér	0.9536	0.9992
	Komárom-E.	0.9907	0.9998
	Győr-M.-S.	0.9622	0.9996
M3	Pest	0.9960	0.9998
	Heves	0.9878	0.9997
	Borsod-A.-Z.	0.9991	0.9997
	Hajdú-B.	0.9968	0.9996
	Szabolcs-Sz.-B.	0.9958	0.9974
3. sz. főút	Pest	0.9632	0.9990
	Heves	0.9822	0.9997
	Borsod-A.-Z.	0.9965	0.9994
M5	Pest	0.9585	0.9995
	Bács-K.	0.9532	0.9996
	Csongrád	0.9822	0.9965
5. sz. főút	Pest	0.8946	0.9884
	Bács-K.	0.9283	0.9981
	Csongrád	0.9535	0.9990
M7	Pest	0.9978	0.9994
	Fejér	0.9909	0.9996
	Veszprém	0.9835	0.9994
	Somogy	0.9882	0.9998
	Zala	0.9992	1.0000
7. sz. főút	Pest	0.9831	0.9987
	Fejér	0.9913	0.9979
	Somogy	0.7417	0.9882
	Zala	0.9201	0.9931

forgalmat 1,8%-kal becsüli alá a vizsgált időszakban. A tervezési forgalom bemenő adatainak megbízhatósága, a forgalmat befolyásoló tényezők, és a jelenlegi, megújításra szoruló pályaszerkezeti-méretezési előírás tükrében ez önmagában nem feltétlenül okoz nagy problémát, mivel a mai számítási eljárást tekintve könnyen kiküszöbölhető.

Másrészt a forgalomfejlődési függvényekre vonatkozóan a valós, realizált forgalom alapján megállapítható:

- (2) A vizsgált közlekedési folyosókban, a jelenlegi előírás szerinti forgalomfejlődési függvények az autópályák esetén

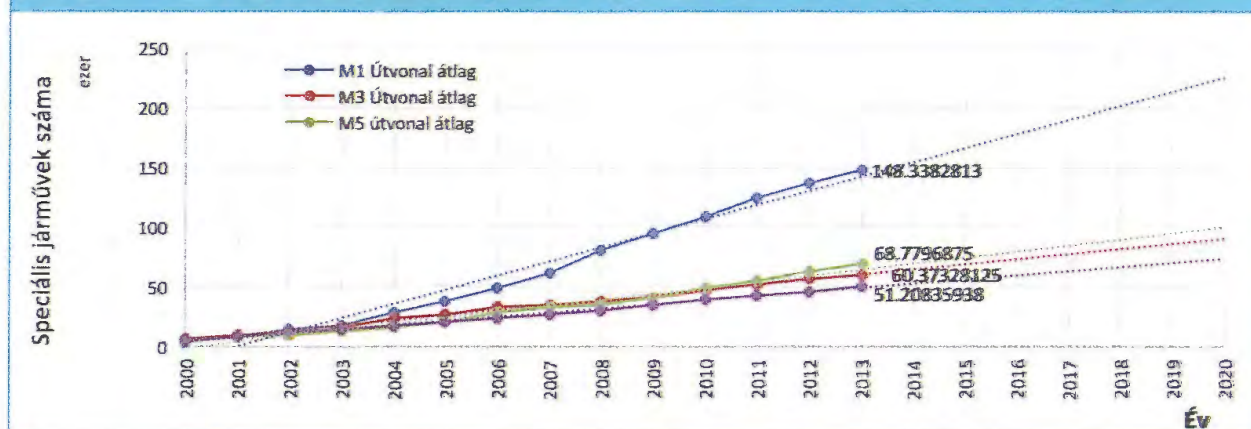
javarészt alul-, a főutak esetén javarész túlbecsülik a nehézgépjármű forgalom alakulását, ami a pályaszerkezetek alul-, illetve túlméretezésével jár.

- (3) A forgalom növekedésének harmadfokú feltételezése igazolhatóan jobban tükrözi a valóságban lefutott forgalmat. Annak mértéke azonban a vizsgált szakaszokon nem megfelelő.

Harmadrészt, a figyelembe vett járműkategóriákra vonatkozóan:

- (4) Az egyes útszakaszokon közlekedő speciális járművek száma indokolná figyelembevételüket a tervezési forgalom meghatározásakor, a biztonság javára

11. ábra: Elhanyagolt tervezési forgalom a speciális járművekből számolva ($e_s=2,5$)



kialakított járműátszámítási szorzóval, amely további kutatások tárgya.

A realizált és becsült tervezési forgalmakat bemutató diagramokon az autópályák esetében legtöbb esetben a harmadfokú tendencia növekvő ága, a vizsgált főutakon sok esetben stagnáló-csökkenő ága fedezhető fel. Több vizsgált szakaszon tapasztalható a harmadfokú polinom lokális maximumához való közeledés, ami, a polinom igen jó illeszkedése mellett utólag is igazolja a korábbi lineáris forgalomfejlődési függvények lecserélését.

7. JAVASLATOK

A forgalomnövekedés előrejelzésének módszertanát négy fő közlekedési folyosó, autópálya és főút forgalomszámlálási adatsorai alapján, a pályaszerkezet méretezési forgalom számításával vizsgáltam. Megállapítottam, hogy a jelenlegi előírás felülvizsgálatra szorul, és a becslés pontossága növelhető.

- A. Magyarországon a forgalom növekedésének harmadfokú függvénnyel való közelítése szoros determinációs együtthatóval ($R^2 > 0,98$) helytálló, azonban az előírásban [2] rögzített függvények paraméterei nem megfelelőek; a vizsgált adatok szerint a valóság és a feltételezés között jelentős eltérések lehetnek.
- B. Javaslok e paraméterek felülvizsgálatát a nemzetközi áruszállítási útvonalak figyelembevételével gazdasági régiók szerinti bontásban, a fő- és

mellékúthálózat többi eleméhez hasonló módon differenciálva.

- C. A harmadfokú függvények pályaszerkezet méretezési forgalom meghatározásakor a jelenlegi előírás [2] szerinti lineáris közelítés olyan felesleges egyszerűsítés, mely tervezési forgalom meghatározása során mintegy 1,8%-os alulbecslést eredményez. Javaslok a tervezési forgalom évenkénti számításának előírását, majd összegzését a tervezési élettartamra.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] e-UT 06.03.13 [ÚT 2-1.202:2005]: „Aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek méretezése és megerősítése”, Magyar Útügyi Társaság, p. 34.
- [2] e-UT 02.01.31 [ÚT 2-1.118:2005]: „Közutak távlati forgalmának meghatározása előrevetítő módszerrel”, Magyar Útügyi Társaság, p. 20.
- [3] A. Timár 2009. „A magyar úthálózatot igénybe vevő nemzetközi forgalom előrebecslése,” Közlekedésépítési szemle 59:(12) 2009, pp. 1-9.
- [4] G. Szalkai 2008. „A közúti forgalom nagysága mint fejlettségi indikátor,” Közúti és mélyépítési szemle 58:(9) pp. 15-21.
- [5] A. Gulyás 2009. „Az elmúlt évek dinamikus tengelyterhelés-mérési eredményeinek vizsgálata,” Közlekedésépítési szemle 59:(5) pp. 23-26.
- [6] C. Koren 1997. „A nehéz forgalom időbeni és térbeli változásának hatása a hazai úthálózaton,” Közúti közlekedés- és

- mélyépítéstufományi szemle 47:(1), pp. 18-25.
- [7] RVS 03.08.63:2008 „Oberbaubemessung, Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie”, p. 20.
 - [8] RStO 01 2009. „Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Berlin: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen”.
 - [9] AASHTO 1993. „Guide for Design of Pavement Structures”.
 - [10] HD 24/06 2006. „Design Manual for Roads and Bridges. Vol. 7, Section 2, Part 1: Traffic Assessment”, London: Highways Agency.
 - [11] AUSTROADS 2010. „Guide to Pavement Technology. Part 2. Pavement Structural Design,” Sidney: AUSTROADS, pp. 82-96.
 - [12] SAPEM 2013. „South African Pavement Engineering Manual”, Republic of South Africa: South African National Roads Agency, 2013.
 - [13] M. Karoliny 2014. „Megrendelői diszpozíció az útfelújítási munkáknál,” *Útügyi Lapok* 2014/4., pp. 1-13.
 - [14] Magyar Közút, Országos közutak keresztmetszeti forgalma, elérhető online: <http://internet.kozut.hu/Lapok/forgalomszamlalas.aspx>, 2000-2013.
 - [15] Z. Andricsák, A. Gulyás és G. Thurzó 2005. „Az autópályák és a párhuzamos főutak forgalmának alakulása a közelmúltban,” *Közúti és mélyépítési szemle* 55:(8), pp. 15-21.
 - [16] T. Koren és G. Thurzó 2005. „Az országos közutak forgalmának alakulása,” *Közúti és mélyépítési szemle* 55:(9), pp. 11-14.
 - [17] M. Karoliny 2011. „Aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek megerősítése”, előadás, Sopron: Közúti üzemeltetési és fenntartási napok.
 - [18] A. Gulyás 2012. „Axle load trends in Hungary and their effects on pavement structural design,” *Pollack Periodica* 7:(1), pp. 97-106. doi:10.1016/j.sbspro.2012.06.1066



The estimation accuracy of traffic development as reflected by actual traffic

The relevant Hungarian regulations impose a 10, 15 or 20 year design life, depending on the category of the road, for asphalt pavements. With regard to fatigue failure of the pavement structure the estimation of the heavy axle passes during this period must be as accurate as possible in order to avoid the under- or overdesign of the structure.

When estimating design traffic, on one hand the reliability of the traffic counting data is of key importance, and on the other, the estimated rate of traffic growth. The paper examines the latter in the light of actual, realized traffic data in four main domestic transport corridors. The studies have shown that the presumed rate of traffic development is in many cases significantly different from the reality, which may lead to the significant under- or overdesign of the road structures.

Based on the comparison of the estimated and realised traffic, the current functions used are correct with regard to shape but the parameters must be highly reconsidered.



Die Genauigkeit der Schätzung der Verkehrsentwicklung im Spiegel des konkreten Verkehrsaufkommens

Der Vorschrift für die Dimensionierung für Straßenstruktur aus Asphalt zu Hause - Abhängig von Straßen Kategorie - wird für 10,15 oder 20 Jahre Lebensdauer vorgeschrieben. Die Ermüdung des Straßenstrukturs - als Dimensionierungs Kriterium - die richtige schwer Achslasten Zahl für die geplante Lebensdauer ist sehr wichtig im hinsicht für die unter - oder über Bemessung zu vermeiden. Bei der Verkehrsplanungs Dimensionierung ist es maßgebend zum Teil die Zuverlässigkeit der zugrundeliegende Verkehrszahlungs Daten und an der anderen Seite die vermutete Verkehrswachstum größe. Der Artikel untersucht das Letztere im wirklich, realisierten Verkehrsspiegels in den vier haupt inländischen Verkehrskorridoren. Anhand den Untersuchungen ist es ersichtlich, dass die vermutet Verkehrswachstum in einigen Fällen bedeutend von den realisierten abweicht, was zu den gegebenen Straßenanschnitte, Fahrbahnen auch deutlich unter -oder überdimensionierung führt. Die vermutete und realisierte Verkehr verglichen, die Gründe für die gefunde Unterschiede zeigen an, dass die vermutete Verkehrswachstums Funktionen richtige Form haben, dessen Parameters aber noch grünlich Überprüft werden brauchen.