

A KÖZÚTI HIDAK FORGALMI TERHEINEK VÁLTOZÁSÁRÓL

<https://doi.org/10.32969/VB.2024.1.4>



Horváth Adrián, Dr. Kövesdi Balázs, Majer Zsolt, Dr. Porubsky Tamás, Rácz Balázs, Dr. Szabó Gergely, Dr. Berki Zsolt, Csikós Csaba

A cikkben szerzők bemutatják az *Útügyi Műszaki Előírások fejlesztésének keretében javasolt változtatásokat a jelenleg hatályos e-UT 07.01.12:2011 útügyi műszaki előírásban és az MSZ EN 1991-2:2006 szabványban előírt közúti forgalmi terhekhez képest. A szerzők részletesen áttekintik a mai ÚME közúti forgalmi terhek meghatározási módját, az Eurocode-ban előírt forgalmi terhek meghatározásának elveit és folyamatát, valamint a közúti forgalom jövőbeni alakulásának előrelátható trendjeit, majd próbaszámításokkal alátámasztva ismertetik a javasolt változtatások várható hatásait a különböző hídfelszerkezetekre.*

KULCSSZAVAK: méretezelmélet, közúti tehermodell, terhelési osztály, forgalmi terhek, valószínűségi változó

1. A JELENLEG ÉRVÉNYES KÖZÚTI TEHERMODELLEK A MAGYAR ELŐÍRÁSOKBAN

A hidtervezéshez használni előírt *Útügyi Műszaki Előírások* jelenleg érvényes e-UT 07.01.12:2011 kötetében a közúti forgalmi terheknek két osztálya szerepel: az 'A' és a 'B' jelű járműteher. A koncentrált járműterhekkel egyidejűleg kell működtetni a – pályaszélesség függvényében – 4×3 kN/m² között változó intenzitású megoszló terhet. Az 'A' jelű járműmodell négy, egymástól 1,20 m távolságban lévő, 200 kN súlyú tengelyből áll, a 'B' jelű teher egy háromtengelyű, 400 kN összsúlyú jármű.

Az MSZ EN 1991-2:2006 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások 2. rész: Hidak forgalmi terhei szabvány tehermodellje névleges forgalmi sávonként különböző intenzitású, két tengelyen működő koncentrált terheket és szintén névleges forgalmi sávonként meghatározott intenzitású megoszló terheket definiál. A függőleges közúti forgalmi terhek 1. tehermodellje (LM1, 1. táblázat) folyamatos, vagy forgalmi akadályok és torlódások mellett zajló forgalmat reprezentál, amelyben nagy számú tehergépjármű vesz részt.

1. táblázat: Az 1. tehermodell (LM1): karakterisztikus értékek

Hely	Ikertengely (TS)	Megoszló teher (UDL-rendszer)
	Tengelyterhek Q_{ik} [kN]	q_{ik} (vagy q_{rk}) [kN/m ²]
1. sáv	300	9,0
2. sáv	200	2,5
3. sáv	100	2,5
további sávok	0	2,5
fennmaradó terület (q_{rk})	0	2,5

A különböző forgalmi körülményeket, az úton várható forgalom nagyságától és a járműösszetételben a nehézgépjárművek arányától függő terheléseket a koncentrált és a megoszló terhek intenzitásának akár sávonként különböző α_i ún. terhelési osztályba sorolási tényezővel való szorzásával lehet figyelembe venni. Az α_i terhelési osztályba sorolási tényezőket alapesetben – a legnagyobb forgalmú utak, az autópályák esetében – 1,0-re javasolja felvenni a szabvány, de országonként szabadon a Nemzeti Mellékletre bízta azok meghatározását, a helyi sajátosságoknak megfelelően. A Magyarországon jelenleg hatályos nemzeti mellékletben az I. teherosztályban (gyorsforgalmi és elsőrendű utak) $\alpha_{Q1}=1$, $\alpha_{Q2}=0,8$ és $\alpha_{Q3}=0$, illetve $\alpha_{q1}=0,8$, $\alpha_{q1>1}=1$ értékek, a II. terhelési osztályban (alsóbbrendű utak) $\alpha_{Q1}=0,8$, $\alpha_{Q2}=0,8$ és $\alpha_{Q3}=0$, illetve $\alpha_{q1}=0,6$, $\alpha_{q1>1}=1$ értékek vannak meghatározva.

Az MSZ EN 1990-1999 szabványok magyarországi bevezetésekor a hidakra vonatkozó szakaszok szabadon megválasztható paramétereit úgy határozták meg, hogy a szokásos mérettartományban gyakorlatilag ugyanarra az eredményre jusson velük a tervező, mint az addig alkalmazott e-UT 07.01.12-15 és -18 előírásokkal (megnevezések a jelenleg érvényes jelölési rendszer szerint). Az *Útügyi Műszaki Előírások* anyagspecifikus kötetének bizonyos előírásait ezzel egy időben a megfelelő MSZ EN előírásoknak megfelelően megváltoztatták, ezzel is egymáshoz hangolva a két előírásrendszert (Farkas, Kovács, Szalai, 2010). Az előírások összehangolása érdemben nem érintette az ÚME-k kocsipálya hasznos terheit és a létesítmények biztonsági szintjét.

2. AZ AKTUÁLIS SZABVÁNY, ILLETVE ÚTÜGYI MŰSZAKI ELŐÍRÁS FORGALMI TERHEINEK JÖVŐBENI ÉRVÉNYESSÉGE

A korszerű tartószerkezet méretezési szabványok a hatásokat és az ellenállásokat egyaránt valószínűségi változóként fogják fel (Mistéth, 2001, Farkas, Kovács, Szalai, 2005,

Farkas, Lovas, Szalai, 2006). Az ajánlott (Eurocode), vagy előírt (KHSZ 1967 vasbeton szerkezetek esetén) méretezési eljárás az osztott biztonsági (parciális) tényezős eljárás, amihez a biztonsági tényezőket a különböző hatások és az ellenállási oldal különböző paramétereinek, valamint az emberi tevékenység helyességének a bizonytalanságából levezetve határozták meg (félvalószínűségi eljárás, határállapotok módszere). A biztonság szintje a modern szabványokban a „komplex ráfordítások minimumának feltételén” (Kármán, 1987) alapul. Ezt az elvet először a CEB publikálta 1964-ben a $C=C_i+C_e+P_rD$ összefüggés formájában, ahol C a minimalizálandó összköltség, C_i a kezdeti költségek, C_e a fenntartási költségek, D a kárköltségek - azokba beleértve a következményes károkat és elmaradt hasznokat is - P_r pedig a károk bekövetkezésének a valószínűsége. Kármán Tamás először 1964-ben Magyarországon, majd nemzetközi konferencián 1968-ban publikált javaslatával a kárköltség immár az emberi életben vagy egészségben (munkaképességben) esett kárt is tartalmazza (Farkas, Kovács, Szalai, 2005).

A magyar mérnök kutatók a modern méretezésmélet alapjainak kidolgozásában, aztán az új elveken alapuló szabványok kidolgozásában a világ előtt jártak, így már az 1967. évi Közúti Hídszabályzat forgalmi terheit és a vasbeton szerkezetek méretezéséhez előírt biztonsági tényezőket valószínűségelméleti számításokkal határozták meg. A szakértők a járműterheket valószínűségi változóként kezelték, azonban az eloszlásfüggvényt nem mért adatsorok alapján állították elő, hanem a járműforgalom jellegéből következően lognormális eloszlást feltételezve, az akkori járműpark ismeretében, a forgalomfejlődés paramétereit pedig megfontolásokkal megállapítva az alábbiak szerint gondolkodtak (Mistéth, 1974).

Egy kétsávos úton 2000 E/óra (14000 E/nap) forgalmat tételtek fel, az egységjármű súlyát $(1+17)/3=6$ MP-ra (60 kN) számolták. Ezekkel a kezdeti feltételekkel egy 8 m széles hídon 12 km/h sebességgel haladó forgalom a hídon csúcspontban

$$\bar{p} = \frac{2000 \frac{E}{m} \cdot 6000 kp}{12000 \frac{m}{s} \cdot 8,0m} = 125 \frac{kp}{m^2} \left(1,25 \frac{kN}{m^2} \right)$$

átlagos terhelést jelent. Feltételezték, hogy az eső és a hó átlagosan

$$25 \text{ kp/m}^2 \left(0,25 \frac{kN}{m^2} \right)$$

terhet képvisel a hídon, valamint, hogy a normális eloszlású teherérték relatív szórása 40%. Feltételezték továbbá, hogy a híd élettartama alatt évente 20 csúcspont van, amelynek a felében a híd terhelése meghaladja az átlagos terhelést, s ezzel számolva 1%-os valószínűséggel a

$$P_M = (125 + 25)(1 + 4,108 * 0,4) = 396 \frac{kp}{m^2} \cong 4 \frac{kN}{m^2}$$

teher is előfordulhat. A hasznos teher biztonsági tényezőjének a szükséges értékét $n=1,356$ értékben határozták meg, az akkori szabványban írt $n=1,2$ biztonsági tényezőt azonban nem növelték meg, a forgalmi terhek alkalmazására előírt feltételekben meglévő többletbiztonság miatt. A 80 MP (800 kN) összsúlyú koncentrált teher valószínűleg (írt adatot erre nem találtunk) valamilyen katonai jármű adataira épült. A biztonsági tényezőt – ismét megfontolásokkal – a lognormális eloszlás paramétereinek kiszámítása után határozták meg. Látható, hogy a szabványalkotó zseniális magyar mérnök tudósok (Mistéth Endre és társai) rendkívüli körültekintéssel jártak el, a ma is érvényes elvi alapokat rakták le, mért

adatsoruk viszont nem volt. Feltételezéseik így is kiállták az idő próbáját. Az Eurocode forgalmi terheikhez készített mérési adatsorok végeredményben hasonló hatásokra vezettek a szokásos hídszerkezetek és méretek tartományában (ld. lent). A KHSZ 1979. évi módosításával – ismét valószínűségelméleti megfontolás alapján – a kocsi pályaszélességének függvényévé tették a figyelembe veendő teher intenzitását, ami a gyakorlatban a nagyobb felületeken a teher csökkentését jelentette. A mai ÚME-ban írt forgalmi terhelés alapértéke (karakterisztikus értéke) gyakorlatilag azonos a KHSZ 1979. évi módosításában előírt közúti forgalmi terhekkel.

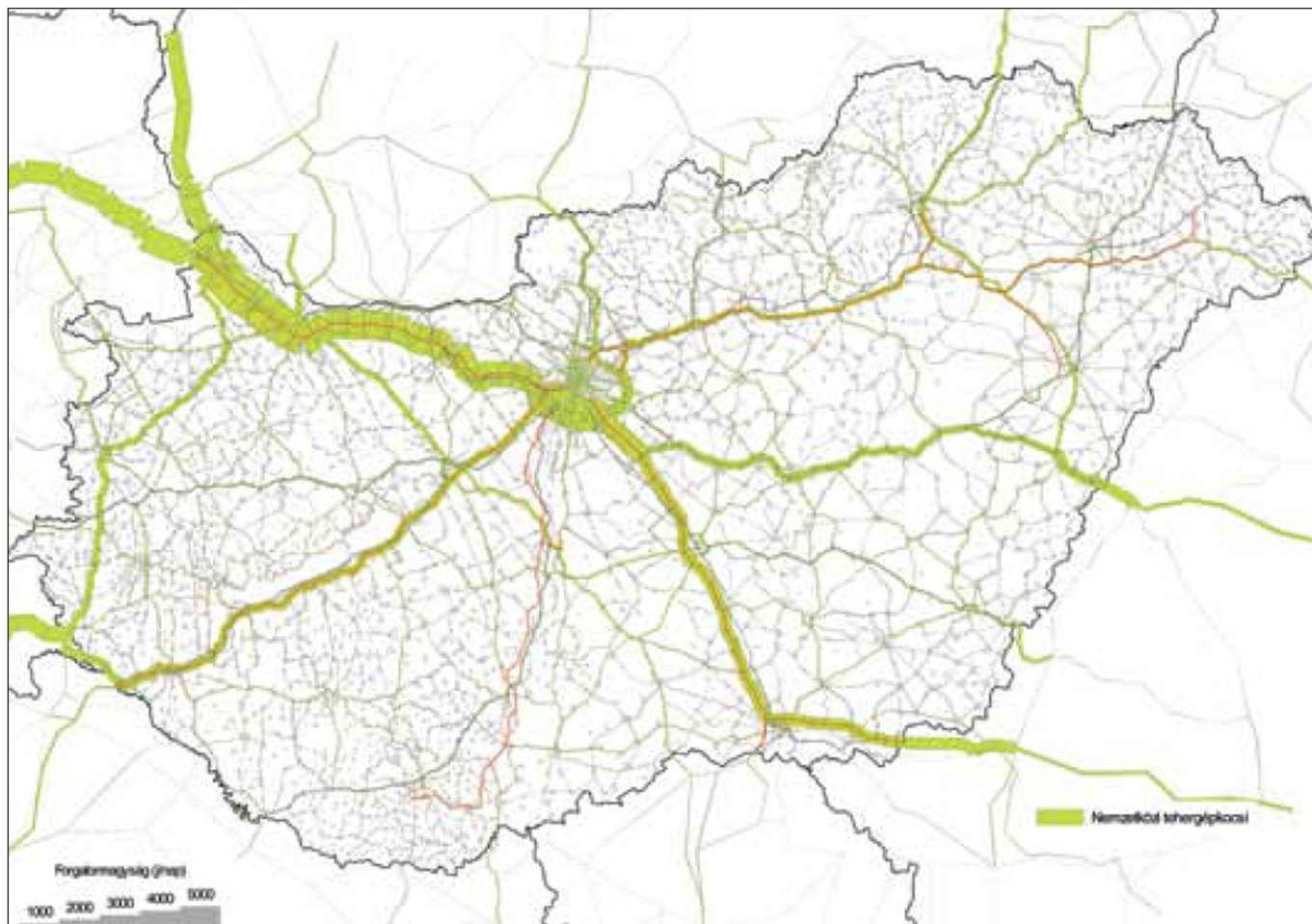
A KHSZ tehermodelljének megalkotásánál használt forgalmi jellemzők változását tekintve az 1960-as évektől napjainkig terjedő időszakban meg kell állapítsuk, hogy nemzetközi közúti teherforgalmat lebonyolító útjaink forgalma az utóbbi 20-25 évben már elérte, sőt meghaladta a feltételezeten 90 év múlva, kb. 2050-60-ra előálló telített forgalmat. A forgalom járműösszetétele még sokkal drasztikusabban változott, sokkal több a nagy össztömegű járművek aránya a forgalomban, valamint a tehergépjárművek átlagos össztömege is jelentősen, akár a feltételezettnek a másfélszeresére is megnőtt (Magyar Közút Nonprofit Zrt. 2023a). Az M0, az M1 és az M3 autópálya bizonyos szakaszain a csúcspont forgalom, illetve azt megközelítő forgalomintenzitás akár évi 100-300 alkalommal is mérhető (Magyar Közút Nonprofit Zrt. 2023a), a csúcspont forgalma (két sávot tekintve) elérte, sőt meghaladta a 2500-3000 E/ó számot (Magyar Közút Nonprofit Zrt. 2023a, 2023b), a tehergépjárművek átlagos tömege pedig már 25-30 tonna körül is lehet bizonyos útvonalakon (Finnish Transport Agency, 2018).

A további változások trendjének becsléséhez tekintünk át a forgalom változását az időben, és a változások mélyebb összefüggéseit.

1960 óta a közúti gépjárműforgalom jelentős mértékben nőtt, mind a személyforgalom, mind az áruszállítás területén. A *személygépkocsik darabszáma* (KSH 4.5.) két nagyságrenddel lett nagyobb és mára meghaladja a 4 milliót, ami az 1960-as érték mintegy 131-szerese. A személygépkocsi állomány növekedése a gazdasági válságok okozta rövidebb visszaesésektől eltekintve elég egyenes volt. 1980-ig a bővülés az évi 10%-ot meghaladta, s utána lelassult, de az 1989-es gazdasági átalakulás évéig 7-9%/év közötti mértékű maradt. Azóta az évi 3%-körüli bővülés jellemző, eltekintve az 1999-es és a 2009-2010-es válságtól.

Az *áruszállítás volumene* 1960 óta árutonnában mérve mintegy 85%-kal bővült, miközben az 1989. évi gazdasági szerkezetváltás akkora megrázkódtatás volt a gazdaságnak, hogy csak 10 év múlva érte el a korábbi értéket. Az új időszakban 2008-ban érte el maximumát, de a 2009-2010-es válság után megint 7 év telt el, mire a gazdaság a 2002. évi volumeneket elérte. Az *áruszállítási teljesítmények* lényegesen jobban változtak, mert a szállítási láncok hosszabbak lettek, s a piacok is megváltoztak. Az 1960. évi teljesítményt még a válság éveiben is meghaladta a gazdaság és ma már mintegy négyszerese az akkori értéknek (KSH 4.5.). A nehéz motoros forgalom folyamatosan fejlődött; átlagos bővülési üteme 4,3%/év, ami néha elérte a 6%-ot is. Az összes áruszállítási teljesítményünk ennél visszafogottabban fejlődött, inkább 2% körüli.

Fontos körülmény, hogy a szállítási szerkezet a *szállítójárművekre* is hatással volt. 1960-ban 8 455 tehergépkocsit tartottak nyilván az országban, 2022-ben pedig már 568 012-t; ami 67-szeres növekmény (KSH 24.1.1.8.). A járműszám változása mellett a szállításra használt járművek terhelhetőség és típus szerinti összetétele is megváltozott;



1. ábra: A Magyarországot érintő nemzetközi közúti teherforgalom nagysága (Miksztay, Virág, Bozó, 2017)

a kisebb tehergépkocsik háttérbe szorultak és ma a 3,5 tonnát meghaladó teherbírású járműállomány közel 70%-át a vontatók adják. 2022-ben az EU-ban a közúti áruszállítás közel kétharmadát (tonnakilométerben 61,7%) az 5 éves vagy annál fiatalabb tehergépjárművek szállították (Pallagi, Berki, Fehér, 2017). Ennek oka többek között, hogy a nemzetközi forgalomban használt gépjárművekre szigorú környezetvédelmi előírások vannak érvényben, illetve a gyártókat is kötik az EU szabályozásai. A jelenlegi szabályozás (a TANÁCS 96/53/EK irányelve) szerint az öttengelyes közúti járműszerelvény tengelyterhelése 10 tonna, útkímélő tengely esetén 11,5 tonna, s legnagyobb tömege a 40 tonnát is elérheti. Összehasonlításképpen: 1960-ban főként még 12 tonna teherbírású Csepel és Skoda járműveket használtak (Engi, 2001). Eddig az Európai Unió 13 országában engedélyezték a 44 tonnás, Csehországban a 48 tonnás, 10 másik országban pedig a 60 tonnás tehergépkocsik közlekedését (Kulikowska-Wielgus, 2023). Az Európai Tanács javasolja a 96/53/EC direktíva módosítását (2023/0265 (COD)) (European Transport Safety Council, 2023, European Commission Directorate-General for Mobility and Transport, 2023), hogy a European Modular System (EMS) szerződés keretében már jelenleg is egyes országokban (pl. Svédország, Finnország, Spanyolország) közlekedő 60 tonna tömegű, 25,25 m hosszú járműszerelvények a nemzetközi forgalomban is kétoldali megállapodások nélkül jelenhessenek meg. Ez a szabályozás egyelőre csak azokra az országokra vonatkoznék, amelyek már engedélyezték ezeket a nehéz járműveket (LHV), azonban mind környezetvédelmi okokból, mind a szállítási igények töretlenül folyamatos növekedése okán ez a nemzetközi forgalom óhatatlanul meg fog jelenni legalább a magyar TEN-T törzshálózat útjain – ld. Németország és Ausztria felkészülését is.

A Főmterv által 2017-ben készített anyag átfogó képet ad a *hazai gyorsforgalmi hálózat fejlődéséről* (Pallagi, Berki, Fehér, 2017). A mai magyar autópályahálózat kialakulásának kezdete az 1960-as évekre tehető. A gyorsforgalmi úthálózat építésének kezdetét széles körben elfogadott nézet szerint az M7 autópálya 1960. évi indulásától számítjuk. A 80-as évek végéig megépült az M1-es autópálya Győrig, az M3 Gyöngyösig, az M5 Lajosmizsére, az M7 Zamárdiig, valamint az M0 déli szektora. Az 1990-es évek elején megtorpant, de a 2000-es évektől jelentősen felgyorsult a magyarországi autópálya- és gyorsforgalmi úthálózat építés. Ez számos ok mellett az éves költségvetéssel működő (tervutasításos) rendszer elhagyásának köszönhető, ami előzőleg szinte lehetetlenné tette a projektközpontú gondolkodást és menedzsmentet. Az autópályaépítéseket gyorsította tovább a növekvő gazdaság, a hosszútávú fejlesztési programok, felkészülés a 2004-es EU csatlakozásra, valamint a törvényalkotás terén történt előrelépés, példaként említve a 2004/2003. (III.14) sz. Korm. határozatot, mely projekt szinten meghatározta a megvalósítandó és előkészítendő fejlesztéseket, valamint az ehhez kapcsolódó 2003-as „autópálya törvényt” (CXXVIII. törv.).

Az ország úthálózatát a tranzitforgalom is használja, mely elsősorban az autópályákat veszi igénybe (1. ábra). A KTI 2016. évi elemzése (Miksztay, Virág, Bozó, 2017) szerint „a nemzetközi közúti áruszállítás mintegy 90%-ban 12 tonna feletti engedélyezett össztömegű nehéz tehergépkocsikkal történik ... A nemzetközi forgalom két domináns iránya közül az egyik a kelet–nyugati áramlás, amely Románia és a nyugati országok között zajlik, a másik pedig az észak–déli, amely Lengyelország, Csehország, Szlovákia és Szlovénia, Olaszország között áramlik. ... míg Románia felől elsősorban

az M43/43. sz. és 42. sz., kisebb mértékben a 44. sz. főúton áramlik a forgalom, a nyugati határszélen már az M1 és M15, illetve délnyugaton az M70 gyorsforgalmi út jelenti a kapcsolódási vonalakat. Az észak-déli áramlást illetően a nyugati határszélen az M15 és a M86/86. sz. utak biztosítják az osztrák A2-es autópályát elkerülő „menekülőutat” Szlovénia és Olaszország felé.”

A magyarországi áruszállítási piac 2019 óta markánsan átalakult és további számottevő fejlődés várható. Az átalakulás elsődleges okai a COVID miatti lezárások és az ukrainai különleges művelet okozta szállítási zavarok voltak, de a globális áruszállítási láncok sérülékenységének felismerése a gazdasági/ipari szereplőket is a termelési/beszállítási helyek változtatására ösztönzi. A magyar közúti áruszállításban ez azt jelentette, hogy megjelentek olyan tömegáruk közúton is, melyek ekkora terheléssel korábban csak ritkán fordultak elő; elsősorban gabona, ásványi és vegyipari termékek. E közben Magyarországon a kavics-, homok-, agyagbányászat termelése 2017 és 2019 között csökkenő ütemű növekedést mutatott, 2020-ban a teljes termelés az előző évi értéket sem érte el.

A globális változások mellett a magyar gazdaságban is szerkezeti változás alakult ki és szállításintenzív beruházások történtek, elsősorban az akkumulátor értéklánc részeként. Fontos új elem a közlekedéstervezésben a katonai mobilitás felerősödése és a honvédelem, illetve a hadiipar (ezek alatt normál, de speciális terméket előállító piaci vállalatok értendők) igényeinek kielégítése. Ez a két iparpolitikai elem nem csak a volumen miatt érdekes, hanem a szállítási irányok átalakulása miatt is. A nemzetközi fuvarozásban tradicionálisan erős észak-nyugat – dél-kelet (M1-M5) tengely mellett az észak-kelet – délnyugat (M3-M7) tengely is felerősödött, valamint Románia és a mögöttes EU országok katonai stratégiai jelentősége miatt a keleti országrész észak-déli tengelyén is erősödés várható. A hazai kiszolgáló forgalom az új ipari lokációknak megfelelően lényegileg átrendeződött és például Debrecen ipari térsége helyett ma már egy Nyíregyháza-Debrecen-Nagyvárad-Békéscsaba sávban kell számottevő forgalmi volumenekkel számolni. Hasonló a helyzet az egyéb, bár kisebb hatóságú fejlesztéseknél is (pl. Göd, Ivánca).

A kamionforgalom esetében elengedhetetlen a járműtechnológia fejlődési irányainak értékelése is. Az autonóm vezetés kiépítési (vezetési) fokozataiban egyre könnyebb kialakítani járműszerelvény formációkat, korábban szervezeten inkább csak a katonai szállításban létező, konvojokat, idegen szóval: *platooning* (ENSEMBLE Platooning, 2024), melyek lehetővé teszik a járművezetési igények, illetve azáltal a költségek csökkentését. A platooning növeli a járműsűrűséget, sőt a tehergépjárművek homogén, összefüggő járműoszlopban való megjelenésének a valószínűségét is a hídon.

Az elektromos meghajtás térhódítása ma a járművek tömegét egyelőre drasztikusan növeli. A személygépkocsik esetén mintegy 3-4 kN többletterhet jelent az elektromos hajtás, míg a nemzetközi fuvarozásban használt kamionok (long-haul) esetében akár 25 kN-nál is nagyobb össztömegnövekedéssel kell számolni. A tengelyterhelés növelését egyszer már sikeresen átvitte a közúti fuvarozás (International Transport Forum, 2019), de a katonai mobilitás kapcsán új előírásokat adtak ki és várhatóan a közúti költségek növekedése miatt a maximálisan továbbítható tömegek növelése a cél. Ez utóbbi még környezetvédelmi összefüggésben is érthető, mivel így elvileg kevesebb tehergépkocsi kell ugyanazon tömeg mozgatásához; az más kérdés, hogy így kimondatlanul a vasúti piaccal való versengésben a fedezeti pont is eltolódik (Kulikowska-Wielgus, 2023).

Az ország részleges újra iparosítása, a nemzetközi járműforgalom jellegének és járműösszetételének már mai is látható fejlődési trendjei az elmúlt 50-60 év forgalomfejlődéséhez képest is további drasztikus növekedést vetítenek előre. Az e-UT 07.01.12:2011 előírás közötti forgalmi tehermodelljei tehát megújításra szorulnak.

Az Eurocode előkészítésnek fázisában 1977-82 között öt ország hídjain mérték a forgalom nagyságát, összetételét és azok hatásait, majd 1984 és 1988 között szerte az Európai Unió országaiban végeztek méréseket (Spanolesi, Croce, 2005). A lényeges statisztikai paraméterek elemzéséhez alapvetően az Olaszországban, Franciaországban és Németországban rögzített adatokat tudták felhasználni, mint a többi országra is jellemző forgalmat és forgalomösszetételt. A mérések eredményeiből a forgalomnak több lényeges jellegzetességét tudták feltárni, amelyek közül az alábbiakat említjük itt meg:

- a nehézárusok tengelyterheinek és összsúlyának az átlagértéke erősen összefügg a forgalom jellegével (lényegében az út osztályával),
- a napi legnagyobb tengelyteher és jármű összsúly független az út osztályától,
- az európai távolsági forgalmi adatok kellően homogén halmazt alkottak,
- a kamionok racionális használatára való törekvés eredményeképpen az üres tehergépkocsik részaránya a forgalomban jelentősen csökkent,
- a távolsági forgalom sokkal agresszívabb a helyi forgalomnál,
- a teherforgalom növekszik.

A tehermodell kalibrálásához a vizsgált hidak közül a leginkább homogén forgalmú franciaországi Auxerre melletti hidat választották. Ezen a hídon (úton) nagyon erős volt a forgalom, és az az összes európai távolsági forgalom jellemzőit mutatta. A máshol mért adatokat ezek után csak az auxerre-i adatok megbízhatóságának az ellenőrzésére használták fel.

A vizsgálatok azt is megmutatták, hogy a tehergépkocsik mérete és sebessége alig korrelált, valamint statisztikailag függetlennek bizonyult a járművek összsúlyától és tengelysúlyától.

A forgalmi terhek megállapítása nem történhet közvetlenül a mért hatásokból. A hatásokat általános helyzetben, haladó forgalomban mérték, így a mért hatások nem okvetlenül jellemzik a legkedvezőtlenebb körülményeket, amelyek zavart forgalomban előállhatnak. A nehézforgalommal leginkább terhelt szélső sávra vonatkozóan négy forgalmi helyzetet különböztettek meg: az általános haladó forgalmat, a lelassult forgalmat, valamint a torlódó forgalmat a teherautók között személygépjárművekkel, vagy személygépjárművek nélkül. Ezeket a forgalmakat, illetve ezek hatásait a mért adatokból megfontolásokkal és számításokkal generálták. A szokásos haladó forgalom a 40-50 méternél kisebb támaszközű hidaknál a leginkább érdekes, mivel ennél a forgalomnál jelentkezik a legnagyobb dinamikus hatás, míg a torlódó forgalom az 50 méternél nagyobb támaszközű hidakon mértékadó.

Az ismert eloszlású terhelési adatokból még meg kellett határozni azt az ideális teher karakterisztikus értéket, amelynek a hatását a tervezési élettartam alatt csak bizonyos kis – 50 éves tervezési élettartam alatt 5% - valószínűséggel haladja majd meg a közúti forgalom hatása. Ehhez három eljárást használtak: a fél-normális eloszlás összefüggéseit, a Gumbel-eloszlás összefüggéseit és a Monte-Carlo eljárást. A hasznos teher visszatérési idejét a tervezési élettartamból és a hatás meghaladási valószínűségéből számították, a következő összefüggésből:

$$t = -\frac{1}{1 - \sqrt[1-P]{1-P}} \cong \frac{T}{P}, \text{ ahol}$$

- t a teher visszatérési ideje (975 \cong 1000 év),
T a tervezési élettartam (50 év) és
P a teher megcélzott túllépési valószínűsége (5%). A teher visszatérési valószínűsége \cong 0,001.

A Monte-Carlo eljárást kétféleképpen is alkalmazták. Először a hídon áthaladó járműterhekből véletlenszerűen választott járművekkel végeztek sok számítást, ahol a tehergépkocsik összsúlyát, tengelyterheit, a tehergépkocsik távolságát és a tengelyek távolságát is véletlenszerűen vette fel a program a számításokhoz, a mért adatok statisztikai paramétereinek megfelelően. Croce a Monte-Carlo módszerrel a Gumbel eloszlás bemeneti statisztikai paramétereit határozta meg, a mért forgalomból származó szélsőértékek eloszlásának statisztikai paramétereiből kiindulva. (A dinamikus tényezőt is meghatározták, azonban végül azt is beleértették a szabványos statikus közúti terhek intenzitásába.) Végül az így számolt terhelésintenzitásokat kalibrálták a mért adatokhoz. Fokozatos közelítéssel tudták egyszerűsíteni a terheket, hogy elkerüljék a félreértéseket a gyakorlati tervezésben. A rögzített alapelvek a következők voltak:

- a terhek intenzitása független a terhelt felület hosszától,
- a terhek tartalmazzák a dinamikus hatást is,
- a koncentrált és a megoszló terhek együttesen jelen vannak a szerkezeten,
- alkalmazás a lokális és globális hatások akár egyidejű értékelésére,
- a névleges sáv szélesség 3 m.

A közúti forgalmi teher 1000 éves visszatérési valószínűségű karakterisztikus értéke mellett meghatározták a teher gyakori, ritka és kvázi-állandó tartósságú intenzitását is, melyeknek a hatását jellemzően a hidak használhatósági határállapotában kell vizsgálni. A ritka hatás évente, a gyakori hetente jelenik meg a hídon. A kvázi-állandó tartósságú (napi gyakorisággal a hídra ható) hasznos terhet 0 intenzitásúra vették, mert azt a kivételes esetektől – pl. a városi környezetben álló hidaktól – eltekintve elhanyagolhatónak tartották. Ezeknek a terheknek a meghatározása is a fentiekben leírt módon történt, itt csak a legfontosabb eredményekre térünk ki:

- a gyakori és a karakterisztikus teherintenzitás aránya 0,8 – 0,7 közé esik a kis támszokozú hidaknál,
 - a gyakori és a karakterisztikus érték aránya 0,4 – 0,5 közé esik a hidak hosszának növekedésével - mert a gyakori hatás jellemzően az általános haladó forgalomból származik.
- Ezek az arányok indokolták, hogy $\Psi_{1Q}=0,75$ legyen a kis nyílású hidakra domináns hatást jelentő koncentrált terhek és $\Psi_{1q}=0,4$ a nagy nyílású hidakra domináns megoszló terhek

gyakori hatását megadó együttható értéke (Spanolesi, Croce, 2005).

Az Eurocode szabványrendszert 2002-2007 között vezették be az Európai Unió országaiban, köztük Németországban, ott ideiglenes jellegű próbaidőszakra. A próbaidőszak leteltével a német szakértők az érintett ún. Fachberichte átdolgozása során – a 2011-ben kiadott jelentés (Freundt, Böning, 2011) szerint - felülvizsgálták a forgalmi tehermodellek alapjául szolgáló forgalmi adatokat. Azt találták, hogy jelentősen megnőtt a teherforgalom Németországban az Eurocode közúti forgalmi terheinek megállapításához végzett mérések óta, és még további jelentős növekedést prognosztizáltak. Emiatt újrászámolták az ideális terheket a hosszú időtávban is reális forgalmi hatások modellezésének érdekében. A számításokat az Eurocode alapelvei alapján végezték el, az immár Németországban mért jellemző forgalmi adatok alapján. A mért jármű és forgalmi adatokkal rengeteg számítást végeztek (Freundt, Böning, 2011). Gyakorlatilag minden jellemző szerkezeti rendszerű hídon és azok lehetséges támszokoztartományain kiszámolták az igénybevételeket a DIN 101(2003) szabványban előírt I. teherosztályú terhekkkel, és az aktuálisan mért forgalomból az Eurocode elveinek megfelelően újrászámolt terhekkkel is. Azt találták, hogy a hidakon mért hatások jól egyeztek az 1980-as évek közepén mért adatokból meghatározott Eurocode terhekből, illetve a DIN 101(2003) terheiből számítható hatásokkal, azonban a várható nehézforgalom-növekményt is figyelembe véve a hatások jellemzően meghaladják azokat a hatásokat. Emiatt az Eurocode szabvány α terhelési osztályba sorolási tényezőinél nagyobb szorzótényezőket vezettek be a DIN EN 1991-2:2012-02 szabvánnyal (2. táblázat).

Újrászámolták a használhatósági határállapotokhoz a módosító tényezőket is (3. táblázat):

3. táblázat: A Ψ módosító tényezők értékei (Freundt, Böning, 2011)

		Ψ módosító tényező értéke	
		TS	UDL
Kvázi-állandó	Ψ_2	0,2	
Gyakori	Ψ_1	0,85	0,2
Ritka	Ψ_1'	0,7	

Finnországban (Asp, Laaksonen, 2023) és Csehországban is felülvizsgálták az Eurocode LM1 tehermodelljének érvényességét az útvonalengedély nélkül közlekedni engedni tervezett, addigiaknál nagyobb súlyú járművek miatt. A finn eredmények az 1. sáv megoszló terhének kivételével pontosan megegyeznek a német eredményekkel. (Az említett eltérésnek talán oka lehet, hogy Finnországban csak a nagyobb súlyú járművek megjelenésével számoltak, de a forgalom növekedésével nem, míg a német mérnökök intenzív forgalomnövekménnyel is kalkuláltak.) A cseh

2. táblázat: Az α terhelési osztályba sorolási tényezők a DIN EN 1991-2:2012-02 szabványban (Freundt, Böning, 2011)

Teher helye	Koncentrált teher: ikertengely, TS Q_{ik} [kN]			Megoszló teher: UDL rendszer q_{ik} [kN/m ²]		
	Karakterisztikus érték	α_{Qi}	1. terhelési osztályban $\alpha_{Qi} Q_{ik}$	Karakterisztikus érték	α_{qi}	1. terhelési osztályban $\alpha_{qi} q_{ik}$
1. sáv	300	1,0	300	9	1,33	12,0
2. sáv	200	1,0	200	2,5	2,4	6,0
3. sáv	100	1,0	100	2,5	1,2	3,0
További sávok	0		0	2,5	1,2	3,0

szabvány α_i terhelési osztályba sorolási tényezőinek a megszerzésén még dolgozunk. Magyarországon több mint 20 éve meghatározott rendben mérik az utak forgalmát és forgalomösszetételét. A Nemzeti Útdíjfizetési Szolgáltató Zrt. 2014 óta még pontosabb forgalomfelvételeket végez, amelyek feldolgozásával mélyebben megismerhető a különböző utakon zajló forgalom jellege, abban a nehéz gépjárművek száma és eloszlása. Az adatokból nálunk is látható, hogy hatalmas a forgalomnövekmény nem csak az 1960-as évekhez képest, hanem az Eurocode terheinek alapját képező 1980-as mérőszorozathoz képest is. Látva az összefüggést a gazdaság teljesítménye és a közúti forgalom nagysága között, továbbá figyelemmel Magyarország gazdasági célkitűzéseire, valamint tekintettel arra, hogy az országon áthaladó nemzetközi áruforgalommal terhelt M1, M3 és M5 autópályák forgalma a magyar gazdaság pillanatnyi helyzetétől függetlenül is folyamatosan nőtt, úgy látjuk, hogy indokolt a mintegy 60 éves tehermodellek érvényességének a felülvizsgálata.

3. A JAVASOLT VÁLTOZÁSOK AZ E-UT 07.01.12:2024T ELŐÍRÁS KÖZÚTI FORGALMI TERHEIBEN

Az e-UT 07.01.12:2011 Útügyi Műszaki Előírás most folyó átdolgozása során az előírás összeállítói természetesen nem változtattak a fent ismertetett LM1 tehermodellen, azonban felülvizsgálták az α_i terhelési osztályba sorolási tényezőket. Ehhez az alaposan dokumentált, és a függetlenül azonos eredményekre jutó finn számításokkal (Asp, Laaksonen, 2023) is alátámasztott német vizsgálat (Freundt, Böning, 2011) eredményeit használtuk fel. A magyar úthálózat tranzitforgalmat lebonyolító elemein ugyanaz a járműpark jár, ugyanazokon az utakon „szocializálódott” gépjárművezetőkkel, mint Ausztriában és Németországban, tranzitútvonalaink használói is ahhoz a gazdasági övezethez kapcsolódnak, a forgalomfejlődés is inkább azoknak a gazdaságoknak a függvénye, ezért a német vizsgálati eredmények egyértelműen érvényesnek tekinthetők Magyarországon is. Figyelemmel azonban a két ország GDP-je közötti különbségre, javaslatunk szerint az I. terhelési osztályban a német α_i tényezők értékének 90%-át célszerű bevezetni az előírásunkba, s emellett még két terhelési osztályt célszerű megkülönböztetni a hídszerkezetek terhelésének diverzifikálása és ezáltal a gazdaságos tervezés lehetőségének megteremtése érdekében. A javasolt α_i tényezők értékei a három terhelési osztályban a következők:

- I. terhelési osztály (a TEN-T törzshálózat [26/2021. {VI. 28.} ITM] útjainak főpálya hídjai, valamint a településeken kívüli Duna- és Tisza-hidak):

$$\alpha_{Q1} = 0,9 \quad \alpha_{Q2} = 0,9 \quad \alpha_{Q3} = 0,9$$

$$\alpha_{q1} = 1,2 \quad \alpha_{q2} = 2,2 \quad \alpha_{qi (i>2)} = \alpha_{qr} = 1,1$$

- II. terhelési osztály (az I. és III. terhelési osztályba nem sorolt hidak):

$$\alpha_{Q1} = 0,9 \quad \alpha_{Q2} = 0,8 \quad \alpha_{Q3} = 0,8$$

$$\alpha_{q1} = 1,0 \quad \alpha_{qi (i>1)} = \alpha_{qr} = 1,0$$

-III. terhelési osztály (külterületi mellékutak, belterületi gyorsforgalmi utak, belterületi főutak és a belterületi mellékutak, gyűjtőutak, kiszolgáló és lakóutak [26/2021. {VI. 28.} ITM]) hídjai):

$$\alpha_{Q1} = 0,8 \quad \alpha_{Q2} = 0,8 \quad \alpha_{Q3} = 0,0$$

$$\alpha_{q1} = 0,6 \quad \alpha_{qi (i>1)} = \alpha_{qr} = 1,0.$$

Az esetleges hatás gyakori értékét megadó Ψ_1 együttható értékeit is a német vizsgálat eredményével egyezően: $\Psi_{1Q} = 0,85$

és $\Psi_{1q} = 0,2$ értékre javasoljuk felvenni. Felvetődik, hogy a kvázi-állandó állapotra vonatkozóan is módosítsuk a jelenleg hatályos MSZ EN 1990:2010-ben írt 0 értékét 0,2-re az e-UT 07.01.12:2024T előírás bevezetésével. Ennek a tényezőnek a vasbeton szerkezetek repedéstágasság számításában van szerepe. A kvázi-állandó állapotra bevezetendő 0,2 értékkel a figyelembe veendő hasznos teher csökkenne, mert jelenleg a gyakori érték figyelembevétele van előírva, hogy ne 0 értékű hasznos teherrel számoljon a tervező.

Itt is ki kell emelni, hogy a Közúti hidak erőtani számítása előírás összeállításában résztvevők a híd- és szerkezettervezésben szakértők, nem szakterületük azonban a forgalmi viszonyok ismerete, elemzése. Így a fenti javaslatok úgy értelmezhetők, hogy adott forgalomnagysághoz és forgalomösszetételhez (nehézségi arányhoz a járművek között) milyen teherszintet tartunk szükségesnek alkalmazni a méretezésben, de a tervezendő hidak várható forgalmi terhelését csak a kezelő, illetve az általa megbízott közlekedési szakértő tudja szakszerűen megadni. Az egyes terhelési osztályok mellett zárójelben írt útkategóriák, illetve környezeti ismérvek általában érvényes javaslatnak tekintendők, amelyeket a konkrét esetekben mindig külön értékelni kell. A hidakat 100 évre tervezik, így az út terhelési osztályának meghatározása leginkább közlekedéspolitikai kérdés: melyik útvonalakon szándékozunk átengedni az országon, vagy be- és kiengedni az országból a nehéz teherforgalmat.

Felhívjuk a figyelmet arra a körülményre, hogy az ebben a fejezetben ismertetett javaslatok még nem tekinthetők az előírás elfogadott szövegének! Az e-UT 07.01.12:2024T ÜME kiadás előtti egyeztetési folyamata még nem zárult le.

4. A JAVASOLT VÁLTOZTATÁSOK KÖVETKEZMÉNYEI

A nagyobb terhek természetesen nagyobb igénybevételeket, illetve nagyobb feszültségeket ébresztenek majd a hidakban, de azért, hogy érzékeltessük javaslatunknak a várható anyagi vagy egyéb következményeit, hatástanulmányt, illetve próbaszámításokat készítettünk. A számítások egyrészt előregyártott feszített tartós sűrűbordás felszerkezetekre készültek (10, 20, illetve 30 m támaszközű kéttámaszú tartó, 6,5-10-15-18,5-22 m pályaszélességekkel), másrészt kétfőtartós zárt keresztmetszetű (acél) gerendahíd felszerkezetekre ismét különböző támaszközöket (80 m-től 160 m-ig) és pályaszélességeket (ld. mint fent) vizsgálva. (Az öszvér gerendahíd nagyobb önsúlya mellett a hasznos teher kisebb részarányt képvisel, ezért az ortotrop acél pályalemez gerendahíd jelenti a mértékadó esetet.) Átszámoltuk továbbá a javasolt I. terhelési osztály LM1 terhével a tervezett mohácsi Duna-híd mederhídjának merevítőgerendás ív felszerkezetét, valamint ellenőriztük egy zárt keresztmetszetű acél-beton öszvér gerendahíd felszerkezet pályalemezét a javasolt LM1 és LM2 terhelésekre.

5.1 SŰRŰBORDÁS VASBETON-VASBETON ÖSZVÉR HIDAK VIZSGÁLATA

5.1.1 A forgalmi terhek változásának hatásai

A sűrűbordás, vasbeton-vasbeton öszvér felszerkezetet kéttámaszú tartóként, mezőközépen vizsgáltuk használhatósági határállapotban az LM1 tehermodell mind a három terhelési osztályának megfelelő teherre, a jelenleg hatályos MSZ EN

4. táblázat: Üzemen előregyártott feszített tartós sűrűbordás felszerkezetek számításának eredményei

Termékcsoport	Megjegyzések	Vizsgált előregyártott feszített tartó típusa és a feltételezett pászmakép	MSZ EN 1992-1-1:2010 5.10.9. fejezete szerinti r_{inf} tényező	A húzásmentesség vizsgálatánál számított kihasználtság az előregyártott feszített gerenda alsó szélső szálában figyelembe véve a kúszás okozta feszültségátrendeződést: $\sigma_{húzás}/\sigma_{nyomás}$ [%]				
				e-UT 07.01.12:2024T			MSZ EN 1991-2:2006	e-UT 07.01.12:2011
				I. t.o.	II. t.o.	III. t.o.	I.o.	A jelű
FI tartók	43,80 m hosszú max pászmával	FI-150-43,80 80 db Fp100/1860	1,00	95,4	93,9	90,7	91,2	94,0
	44,80 m hosszú max pászmával	FI-150-44,80 80 db Fp93/1860	1,00	103,8	102,2	98,8	99,3	102,2
	leghosszabb megfelelő tartó max pászmával	FI-150-44,80 80 db Fp100/1860	1,00	98,7	97,2	93,9	94,4	97,4
	43,80 m hosszú max pászmával	FI-150-43,80 80 db Fp100/1860	0,95	100,4	98,8	95,5	96,0	
	44,80 m hosszú max pászmával	FI-150-44,80 80 db Fp100/1860	0,95	103,9	102,3	98,8	99,3	
FCI tartók	30,80 m hosszú max pászmával	FCI-120-30,80 45 db Fp100/1860	1,00	95,7	93,4	89,4	89,9	90,3
	leghosszabb megfelelő tartó max pászmával	FCI-120-31,80 45 db Fp100/1860	1,00	100,3	98,0	93,8	94,3	94,9
	32,80 m hosszú max pászmával	FCI-120-32,80 45 db Fp100/1860	1,00	104,8	102,4	98,1	98,7	99,5
	leghosszabb megfelelő tartó max pászmával	FCI-120-30,80 45 db Fp100/1860	0,95	100,7	98,3	94,1	94,6	
	31,80 m hosszú max pászmával	FCI-120-31,80 45 db Fp100/1860	0,95	105,6	103,2	98,8	99,3	
	32,80 m hosszú max pászmával	FCI-120-32,80 45 db Fp100/1860	0,95	110,3	107,8	103,3	103,9	

1991-2:2006 szabvány LM1 tehermodelljének I. terhelési osztályára és a ma hatályos e-UT 07.01.12:2011 ÚME 'A' jelű terhének hatására. Az előzetes közelítő számításokból is egyértelmű volt, hogy a keskenyebb felszerkezet a

mértékadó, ezért 8,50 m pályaszélességű felszerkezetet számoltunk, mindkét oldalon 50 cm széles kiemelt szegéllyel. Azt vizsgáltuk, hogy az FI-150, illetve az FCI-120 és az FCI-90 híderendák a katalógus szerinti legnagyobb

támaszközön megfelelnek-e az adott terhelésre. A gerendáknak a kihasználtságát is kiszámítottuk, ahol kihasználtságnak a kevésbé nyomott szélső szálban a nyomást okozó és a húzást okozó hatásokból származó feszültségek arányát tekintettük (4. táblázat). Számításaink azt mutatták, hogy a 44,80 m hosszú FI-150 tartó változatlanul megfelel kéttámaszú tartómezőbe beépítve a megnövelt intenzitású I. terhelési osztályban is. Az FCI-120 és az FCI-90 gerendák viszont csak 1 méterrel kisebb támaszközön (31,0 m, illetve 25,0 m a 32,0, illetve a 31,0 m helyett) feleltethetők meg az I. és II. terhelési osztálynak megfelelő terhelésre. A gyakorlatunkban nem emlékezünk olyan esetre, amikor autópálya főpálya hídjában egy nyílású, legnagyobb támaszközű sűrűbordás felszerkezetre lett volna szükség, így ezt a körülményt nem tekintjük érdemi nehézségnek, korlátnak a hídgerendák használatát illetően, és költségnövekménynek sem látjuk okát.

5.1.2 A feszítőerő csökkentésének hatásai

A feszített tartók megfelelő teherbírását használhatósági határállapotban érzékenyen érinti a feszítőerő értéke. A közúti tehermodell megváltoztatásával ez nincs közvetlen összefüggésben, de a sűrűbordás előregyártott feszített tartós felszerkezetek hatásvizsgálatánál ez a paraméter nem hagyható figyelmen kívül, ezért, az egyértelműség kedvéért itt is ki kell térni a hatásvizsgálatokban figyelembe vett feszítőerőre. Az MSZ EN 1990:2011 4.1.2. fejezet (2) bekezdésében az állandó hatások alsó és felső 5%-os kvantilisét írja elő figyelembe venni a számításokban, amennyiben a tartószerkezet nagyon érzékeny az állandó teher változásaira. A feszítőerő is állandó hatás (ld. uo. (6) bekezdést) a tartón, ezért arra is vonatkozik az előírás. Magyarországon eddig nem vettük figyelembe a feszítőerő lehetséges szórását a számításokban, még az Eurocode-dal (MSZ EN-nel) harmonizált, 2011-ben kiadott ÚME-kban sem. Az elmúlt több évtized tapasztalatai azt mutatják, hogy sem az ideiglenes állapotokban (pl. feszítőerő ráengedése a tartóra), sem pedig használati állapotokban ennek semmilyen káros következménye nincs üzemben előregyártott feszített vasbeton hídgerendák esetében. Mindemellert próbaszámításokat is végeztünk a fent leírt sűrűbordás vasbeton felszerkezeteken a feszítőerő 5%-os szórása hatásának megismerése érdekében. Számításaink azt az eredményt mutatják, hogy az FI-150 hídgerenda a 95%-os feszítőerővel is megfelel a legnagyobb névleges támaszközén kéttámaszú tartóként beépítve, a mai MSZ EN 1991-2:2006 I. teherosztályú LM1 tehermodell gyakori reprezentatív értékével számolva, azonban az összes többi hídgerenda, pl. az FCI tartók csak a legnagyobb névleges támaszközűknél 1 méterrel kisebb támaszközön felelnek meg akkora feszítőerővel. A javasolt I. teherosztálynak megfelelő LM1 teherintenzitás mellett a

5. táblázat: Ortotrop acél pályaszerkezetű, zárt keresztmetszetű acél gerendahíd közelítő számításának eredményei

MSZ EN $\alpha_{q1}=1,2$ eredmények aránya MSZ EN $\alpha_{q1}=0,8$ eredményekhez (állandó és hasznos teher hatásából)	M [kNm]					
	L [m]	6,5	10,00	15,00	18,50	22,00
w=						
80	120%	118%	115%	113%	112%	
100	121%	118%	115%	113%	112%	
120	121%	118%	115%	113%	112%	
140	122%	119%	115%	113%	112%	
160	122%	119%	115%	113%	112%	

95%-os feszítőerővel feszített FI-150 tartó már nem felel meg kéttámaszú tartóként a legnagyobb névleges támaszközén, csak 1 méterrel kisebb támaszközön. A többi hídgerenda szintén csak 1 méterrel rövidebb támaszközzel felel meg arra a teherre, mint 100%-os feszítőerővel számolva. Kifejezetten ezt a hatást vizsgáló részletes, nemlineáris számításaink azt is megmutatták, hogy a tartók sűrűbordás felszerkezetbe beépítve a mértékadó használhatósági határállapotban megfelelnek a húzásmentességi követelménynek akkor is, ha előzőleg egy nagyon nagy hatás megrepszttette volna a szélső egy-két tartót, ezért az előírás szövegtervezetében nem írtuk elő a feszítőerő szórásának figyelembevételét üzemben előregyártott, előfeszített, sűrűbordás felszerkezetbe beépített tartók számításához. A Nagy-Britanniában bevezetett BS EN 1992-1-1 Eurocode 2: Design of concrete structures szintén a sok éves kedvező tapasztalatok alapján ugyanígy $r_{sup}=r_{inf}=1,0$ értéket ír elő előfeszített szerkezetek esetére (Hendy, Smith, 2020).

Ezzel az előírással az előző bekezdésben írottak érvényesek maradnak: azaz az FI-150 tartókat nem érinti a közúti forgalmi terhek intenzitásának javasolt növekménye, míg a többi hídgerenda kéttámaszú tartóként sűrűbordás felszerkezetbe beépítve névleges támaszközűknél 1 méterrel kisebb támaszközön felelnek meg. Autópályák, autótutak főpálya hidjai között ilyen szerkezet szinte soha nem fordul elő, így a megnövelt teher nem jelent sem gyakorlati korlátot sem költségnövekményt ezeknél a szerkezeteknél. Ki kell emelni, hogy bármelyik hídgerenda többtámaszú felszerkezetbe beépítve továbbra is megfelel mindegyik terhelési osztályban legnagyobb névleges támaszközűknél is!

5.2 Acélszerkezetű és acél-vasbeton öszvér hidak vizsgálata

A kétfőtartós zárt keresztmetszetű gerendahidak próbaszámítása a 80-160 m támaszköz tartományra terjedt ki. Ebben a tartományban az előírastervezetben szereplő terheknek a hatására ezeknek a szerkezeteknek az igénybevételei 31%-kal nőnek a jelenleg hatályos ÚME-ban előírt járműterhek okozta igénybevételekhez képest, azonban a ma hatályos ÚME-ban előírt egységes biztonsági tényező eljárás kb. 11%-kal kisebb ellenállással ($1,5/1,35=1,11$) veti össze az alapértéken számolt igénybevételeket / feszültségeket, tehát valójában – azonos biztonsági szintet tekintve – a növekmény 18% ($1,31/1,11=1,18$). Ezt igazolja az előírastervezetben szereplő terhek hatásából számolt igénybevételek összevetése a ma hatályos MSZ EN 1991-2:2006 I. terhelési osztályú LM1

6. táblázat: Ortotrop acél pályalemez, két főtartós, merevítőgerendás acél ívhíd számításának eredményei

Anyagmennyiségek és szükséges változásuk szerkezeti egységenként a javasolt I. terhelési osztályban [t]:				
Szerkezeti egység	tömeg [t]	arány	többlet igény [t]	arány
kábelek	67,1	1,5%	11,0	1,7%
merevítőtartó	848,1	18,6%	4,3	18,7%
pályaszerkezet	1654,1	36,3%	0	36,3%
ív és keresztkötés	1796,5	39,4%	35,9	40,2%
járda konzol	190,3	4,2%	0	4,2%
összesen	4556,1		51,3	101,1%

Felszerkezet jellemzői			Anyag	Ktsz. növekmény	Hidak mennyisége	
Kis támaszköz	sűrűbordás ortotrop lemezhidak	kéttámaszú	FI-150	OK	0	~ 0
		többi gerenda: $L_{max} = L - 1m$		-	?	~ 0
			$L < L - 1m$	+6 pászma	~ 0	nem sok
		töbttámaszú	L_{max}	OK	0	sok
Nagy támaszköz	ortotrop acél pályalemezes acél	gerendahíd		< 2-3%	< 1%	~0
		ívhíd		~1%	~ 0%	kevés
	acél-beton öszvér	gerendahíd		+ keresztirányú vasalás	~ 0	kevés
		gerendahíd		-pászma	~ 0	~ 0
		extradosed		-pászma	~ 0	~ 0
feszített vasbeton	gerendahíd					
	extradosed					

terheiből számolt igénybevétellel, ami – a pályaszélesség függvényében – 12-22%-os növekményt mutat (5. táblázat).

Mivel itt gerendahidak vizsgálatáról van szó, például a gerincmagasság 10%-os ($\sqrt{1,22} = 1,1$) növelésével, minimális anyagmennyiség többlet árán megfeleltethető a szerkezet. Öszvér felszerkezeten kisebb növekmény várható a szerkezet nagyobb önsúlya miatt, ott tehát még kisebb a tehernövekmény következménye. Egy öszvér gerendahíd pályalemezét vizsgálva a javasolt teherre a keresztirányú vasalás erősítése szükséges a vasbeton lemezben a repedéstágassági korlát betarthatósága érdekében, egyéb változtatásra nem volt szükség.

A tervezett mohácsi Duna-híd mederhídja 270 m támaszközű, ortotrop acél pályalemezes két főtartós alsópályás ívhíd. Számításunk szerint a javasolt I. teherosztályú LM1 teher hatására mintegy 13%-kal nagyobb normálfeszültség ébred az ív záradékában, mint az ÜME 'A' jelű terhével számítható nyomófeszültség. A biztonsági szintek eltérését korrigálva a növekmény 2%. Ugyanez igaz nyilván a merevítőtartóra is. A függesztőkábelekben a legnagyobb húzóerő-növekmény 16% mértékű. Ha ezt nem is korrigáljuk a két szabvány eltérő biztonsági tényezőinek arányában, akkor is csak 1%-os anyag többlettel megfelel a szerkezet, ami a számítási modellek pontossági tartományán belül van, tehát gyakorlatilag a hasznos teher változtatása nem jár költségnövekménnyel (6. táblázat).

5.3 A PRÓBASZÁMÍTÁSOK EREDMÉNYEINEK ÖSSZEFOGLALÁSA

A különböző szerkezetek próbaszámításának az eredményét a 7. táblázat foglalja össze:

5. MEGÁLLAPÍTÁSOK

Az e-UT 07.01.12:2024T előírás elkészítéséhez kapcsolódóan felülvizsgáltuk a jelenleg érvényes útügyi műszaki előírásban és hatályos magyar szabványban előírt közúti forgalmi tehermodellek érvényességét a következő 100 évre vonatkozóan. Megállapítottuk, hogy a forgalomintenzitás és a járműösszetétel jelentős változása miatt a közúti forgalmi

tehermodellek tengelyterheit és megoszló terheit növelni szükséges – legalább az I. terhelési osztályban. A gazdasági és szerkezeti következmények vizsgálatára próbaszámításokat végeztünk.

A próbaszámítások eredményei egyértelműen azt mutatják, hogy a javasolt változtatások legfeljebb elhanyagolható költségnövekménnyel járnak bármelyik szerkezetnél és mérettartományban.

6. HIVATKOZÁSOK

- Asp, O., Laaksonen, A. (2023), „Traffic load model calibration and comparison to evolving traffic loads in 2014-2018”, *The Baltic Journal of road and bridge engineering*, 2023/18(3) pp. 139-168
- Engi J. (2001) „A közúti közlekedés szervezési és vezetési vázlata, A kezdetektől a 19. század végéig”, SZTE Egyetemi kiadványok 2001. pp 7-206
- ENSEMBLE Platooning (2024) <https://platooningensemble.eu/>
- European Commission Directorate-General for Mobility and Transport (2023), „Green Deal: Greening freight for more economic gain with less environmental impact” (2023) News Article, Mobility and Transport, 11 July 2023 https://transport.ec.europa.eu/news-events/news/green-deal-greening-freight-more-economic-gain-less-environmental-impact-2023-07-11_en
- European Transport Safety Council (2023), „BRIEFING | Revision of Directive 96/53/EC on maximum authorized weights and dimensions in national and international traffic” (2023) European Transport Safety Council (ETSC) november, 2023
- eurostat Statistics Explained, (2023), „Road freight transport by vehicle characteristics” https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Road_freight_transport_by_vehicle_characteristics
- e-UT 07.01.12:2011 Erőtani számítás
- Farkas Gy., Kovács T., Szalai K. (2005), „A valószínűségi elven történő méretezés történeti előzményei hazánkban”, *Vasbetonépítés* 7. évf. 3. sz. 2005 pp. 96-105
- Farkas Gy., Lovas A., Szalai K., (2006) „A tartószerkezet tervezés alapjai az Eurocode szerint” *Közúti és Mélyépítési Szemle* 2006. október, 7-8. szám
- Farkas Gy., Kovács T., Szalai K. (2010), „Tartószerkezeti Eurocode-ok Javaslat a hazai alkalmazás legfontosabb nemzeti paramétereire, 1. rész”, *Beton*, 2010 május, XVIII. évf. 5. szám, pp. 3-7.
- Farkas Gy., Kovács T., Szalai K. (2010), Tartószerkezeti Eurocode-ok „Javaslat a hazai alkalmazás legfontosabb nemzeti paramétereire, 2. rész”, *Beton*, 2010 június, XVIII. évf. 6. szám, pp. 10-14.
- Finnish Transport Agency (2018), „Bridge WIM Overview Report

- Year 2014-2017”, Research Reports of the Finnish Transport Agency 29/2018, Finnish Transport Agency, 2018. Helsinki ISBN 978-952-317-549-2
- Freundt, U., Böning, S. (2011), „Anpassung von DIN-Facberichten „Brücken“ an Eurocodes – Zukunftsfähiges Lastmodell für Straßenverkehrslasten”, Berichte des Bundesanstalt für Straßenwesen, *Brücken und Ingenieurbau*, Heft B 77, Bergisch Gladbach, 2011 február
- Hendy, C. R., Smith D. A., (2020) „Designer’s guide to Eurocode 2: Design of concrete structures Part 2: Concrete bridges”, *ICE Publishing*, pp. 99
- International Transport Forum (ITF) (2019) <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/weights-2019.pdf>
- Kármán T. (1987) „A tartószerkezeti biztonság emberi tényezői” Közlekedésépítés- és Mélyépítéstudományi Szemle XVII. évfolyam, 1987. 8. szám, pp. 326-333.
- Központi Statisztikai Hivatal (KSH) (2020), „Régi STADAT táblák, Összefoglaló táblák 4.5. Szállítás (1960–)” https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_hosszu/h_odmc001.html
- Központi Statisztikai Hivatal (KSH) (2023), „Összefoglaló táblák 24.1.1.8. Közúti áruszállítási teljesítmények a jármű teherbírása szerint” https://www.ksh.hu/stadat_files/sza/hu/sza0008.html
- KPM SZ HI/1-67 Közúti Hídszabályzat I. rész. Közlekedési és Postaügyi Minisztérium Közúti Főigazgatósága, Budapest, 1967.
- Kulikowska-Wielgus, A. (2023) „Brüsszel engedélyezi a 44 tonnás teherautókat az egész Európai Unióban” *trans.INFO*, 2023. 02. 13. <https://trans.info/hu/325798-325798>
- Magyar Közút Nonprofit Zrt. (2023a), „A közúti forgalom figyelemmel kísérése – 2022. II. kötet – Csúcsidőszak vizsgálatok”, *Magyar Közút Nonprofit Zrt. Budapest*, 2023 június
- Magyar Közút Nonprofit Zrt. (2023b), „Az országos közutak 2022. évre vonatkozó keresztmetszeti forgalma” Magyar Közút Nonprofit Zrt. Budapest, 2023 június
- Mikszta P., Virág Á., Bozó A. (2017), „A hazai közúti közlekedési hálózatot terhelő forgalom elemzése” *Közlekedéstudományi szemle* 2017. LXVII. évf. 5. sz. pp 63-71
- Mistéth E. (1974) „Erőtani méretezés valószínűségelméleti alapon” *ÉMI Kiadványsorozat* 23. szám, ÉTK Budapest, 1974.
- Mistéth E. (2001), „Méretezéselmélet”, *Akadémiai Kiadó* 2001.
- MSZ EN 1990:2010 Eurocode: *A tartószerkezetek tervezésének alapjai*
- MSZ EN 1991-2:2006 Eurocode 1: *A Tartószerkezeteket érő hatások. 2. rész: Hidak forgalmi terhei*
- Pallagi B., Berki Zs., Fehér G. (2017) „Nemzetközi kitekintés a magyarországi gyorsforgalmi úthálózat fejlesztéséről”, *FŐMTERV* 2017.
- Spanolesi, L., Croce, P. editors (2005), „Design of Bridges. Handbook 4”, Development of skills facilitating implementation of Eurocodes, Leonardo da Vinci Pilot Project CZ/02/B/F/PP-134007, Pisa, 10. 2005.
- Horváth Adrián** a BME-n, 1979-ben szerzett szerkezet-építőmérnöki oklevelet, azóta a FŐMTERV-ben dolgozik, először hídtervezőként, később szerkezettervezési igazgatóként, jelenleg ipari professzorként. A BME Hidak és Szerkezetek Tanszékén 2017 óta ipari professzor, a Hidak és Infrastruktúra Szerkezetek tárgy előadója. A Pentele híd tervezésért 2008-ban Széchenyi-díjjal tüntették ki. 2014-ben Feketeházy János, 2023-ban Korányi Imre-életműdíjat kapott.
- Dr. Berki Zsolt** a BME Közlekedésmérnöki Karán szerzett közlekedésmérnöki oklevelet 1994-ben. 1994-2010 között a TRANSMAN Kft. munkatársa, majd műszaki igazgatója volt. 2010 óta a FŐMTERV dolgozója, 2018-tól a Forgalomtechnika iroda vezetője. 2008-ban szerzett PhD fokozatot a Közlekedéstudományok tudományágban, 2019-ben a KTE Jáky József díjjal tüntette ki.
- Dr. Kövesdi Balázs** 2007-ben az építőmérnöki oklevél megszerzését követően a BME Hidak és Szerkezetek Tanszékén lett doktori ösztöndíjas, ahol 2010-ben védte meg PhD disszertációját. Azóta a BME Hidak és Szerkezetek Tanszék oktatója, 2010-ben adjunktusi, 2014-ben egyetemi docensi kinevezést kapott. 2021-től az Építőmérnöki Kar tudományos és innovációs dékánhelyettese, 2023-tól a BME Hidak és Szerkezetek tanszék vezetője. 2023-ban MTA doktori címet szerzett. Oktatói és kutatói tevékenységének középpontjában az innovatív acél- és öszvérhidak szerkezeti, stabilitási és fáradási kérdései állnak.
- Rácz Balázs** a BME Építőmérnöki Karán végzett 2009-ben okleveles építőmérnöként, 2008 óta a FŐMTERV Híd- és Szerkezettervező Irodáján dolgozik tervezőmérnöként, szakterülete az acél- és öszvérszerkezetű hidak statikai és konstrukciós tervezése.
- Dr. Porubský Tamás** a Szlovák Műszaki Egyetem Építőmérnöki Karán szerzett szerkezet-építőmérnöki oklevelet 2009-ben, majd 2013-ban a Hidak és Betonszerkezetek Tanszékén PhD fokozatot. 2007-2013 között a Dopravoprojekt a.s., Alfa04 a.s., Betonung s.r.o. tervezőirodáknak dolgozott külső munkatársként, 2013-2016 között a KÖMI Kft-nél vezető mérnöként, majd 2016-tól a NIF Zrt., és annak jogutódjánál az Építési és Közlekedési Minisztériumál dolgozik hídszakértőként.
- Csikós Csaba** a BME-n, 2002-ben szerzett építőmérnöki oklevelet. Az ÁKMI Híd osztályán állt munkába hídmérnöként, majd az ÁAK (Állami Autópálya Kezelő) és a Magyar Közút hídmérnökeként szerzett gyakorlatot. A Magyar Közút Híd osztályát 2016-tól vezeti. 2019-ben Apáthy Árpád díjat kapott.
- Dr. Szabó Gergely** a BME Építőmérnöki Karán végzett 2005-ben okleveles építőmérnöként, azóta a Pont-TERV Zrt. hídtervező mérnöke. Fő tevékenységi köre acél, vasbeton, valamint öszvér szerkezetű hidak tervezése. Fő kutatási területe karcsú építőmérnöki szerkezetek aerodinamikai vizsgálata. A témában 2014-ben PhD fokozatot szerzett.
- Majer Zsolt** a Széchenyi István Egyetemen szerzett építőmérnöki oklevelet 2010-ben. A diploma megszerzését követően 2011-2013 között kivitelezésben dolgozott, magasépítési területen. 2013-tól az Állami Autópálya Kezelő Zrt-nél, majd jogutódjánál a Magyar Közút Nonprofit Zrt.-nél dolgozott hídmérnöként, 2020-tól vezető mérnöként. 2023 óta a KreaBIM Kft.-nél dolgozik tartószerkezeti szakértőként.

ON THE CHANGE OF TRAFFIC LOADS ON ROAD BRIDGES Adrián Horváth, Dr. Balázs Kövesdi, Zsolt Majer, Dr. Tamás Porubsky, Balázs Rácz, Dr. Gergely Szabó, Dr. Zsolt Berki, Csaba Csikós

In the article, the authors present the proposed changes in the context of the development of the Road Technical Rules (Útügyi Műszaki Előírások, ÚME) compared to the road traffic loads prescribed in the currently valid e-UT 07.01.12:2011 road technical rules and the MSZ EN 1991-2:2006 standard. The authors review in detail the way of determining the road traffic loads of today's ÚME, the principles and process of determining the traffic loads prescribed in the Eurocode, as well as the foreseeable trends of the future development of road traffic, and then, supported by test calculations, they describe the expected effects of the proposed changes on the various bridge superstructures.

Keywords: dimensioning theory, model of road traffic load, loading class, road traffic loads, random variable