



A Magyarországon mért járműterhek alapján számolt karakterisztikus híd igénybevételek összehasonlítása az Eurocode tehermodelljével kéttámaszú tartók esetén

Dr. Boros Vazul

Austrian Institute of Technology, Center for Transport Technologies

E-mail: vazul.boros@ait.ac.at

DOI: [10.36246/UL.2025.2.05](https://doi.org/10.36246/UL.2025.2.05)

KIVONAT

A tanulmány összehasonlítja a Magyarországon mért járműterhekből számított karakterisztikus igénybevételeket az Eurocode tehermodelljével. Egy mértékadó mérőállomás adatai és az öt leggyakoribb jellemző járműtípus alapján német mintára elvégzett számítások szerint minden vizsgált esetben a tehermodell konzervatív. Ám arra is rávilágítanak a számítások, hogy magyarországi járműtömeg-eloszlás eltér a némettől, így a normális eloszlás helyett célszerűbb lenne más eloszlást alkalmazni a közelítésnél.

Kulcsszavak: híd, forgalmi teher, Eurocode

ABSTRACT

The study compares characteristic load effects calculated from vehicle loads measured in Hungary with the traffic load model of the Eurocodes. Based on data from a representative weigh station and the five most common vehicle types, calculations performed following the German approach show that the load model is conservative in all examined cases. However, the results also reveal that the Hungarian vehicle weight distribution differs from the German one, suggesting that using an alternative distribution instead of the normal distribution would be more appropriate for approximation.

Keywords: bridge, traffic load, Eurocode

Dr. Boros Vazul

Boros Vazul (1983) okl. építőmérnök (BME Építőmérnöki kar, 2008), PhD (Universität Stuttgart, 2012), Master of Business Administration (FOM, 2019). Korábban Németországban, elsősorban híd- és magasépítés területén, volt vezetőtervező. 2022-től Austrian Institute of Technology kutató mérnöke. Szakterülete a hidak tervezése, megerősítése, monitoringja és azok terhei. 2017-től az IABSE és különböző munkacsoportjainak, 2019-től a DIN hídterhekért felelős bizottságának tagja.

1. BEVEZETŐ

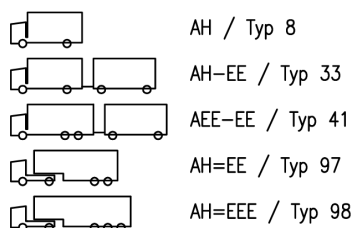
Ebben a cikkben egy egyszerű példán szemléltetjük, hogy a Magyarországon mért valós járműterhek alapján számolt karakterisztikus igénybevételek miként viszonyulnak az Eurocode által javasolt

tehermodellhez. Ehhez lényegében ugyanazt az eljárást követjük, amelyet már Németországban is alkalmaztak a városi forgalom összehasonlítására a különböző tehermodellekben megfogalmazott értékekkel [1, 2]. Először röviden ismertetjük mely méréseket vesszük alapul és miként közelítjük azokat. Leírjuk miként számítjuk a tehergépforgalomból adódó karakterisztikus igénybevételeket egy egysávos, kéttámaszú tartó esetén, majd összehasonlítjuk az eredményeket az Eurocode által javasolt, illetve a Magyarországon jelenleg hatályos és a most javasolt értékekkel.

2. MAGYARORSZÁGON MÉRT JÁRMŰTERHEK

A cél az volt, hogy – a Németországban is alkalmazott eljáráshoz hasonlóan – a valós forgalmat néhány jellemző járműtípus felhasználásával modellezzük [3, 4]. Ehhez először is kiválasztottunk egy mérvadónak tekinthető mérőállomást, miután kielemeztük négy magyarországi mérőállomás (Ártánd, Lajta, Kengyeles és Kéthalom) mindkét irányának mérési adatait a 2024-es évből. Ezzel kapcsolatos további részleteket az [5] tartalmaz. A választás az ártándi határállomás kilepő forgalmára esett. Egyrészt itt minden tehergépkocsi súlya feljegyzésre kerül, ellentétben azokkal a mérőállomásokkal, ahol csak a járművek egy részét tereli ki a mérési rendszer a megállítási, egyedi mérlegelésre, amelyeket az előszűrés kiválogat. Így nem csak jóval több adat áll rendelkezésre, mint más mérőállomások esetén, de az adatok sokkal inkább reprezentatívnak tekinthetők. Azért választottuk a kifelé irányuló forgalmat, mert itt valamivel kedvezőtlenebbnek mutatkozott a nehéz járművek részesedése.

A következő lépésben kiválasztottuk azt az öt járműtípust (1. ábra), amelyek a leggyakrabban előfordultak a mérési eredmények között.



1. ábra: Kiválasztott öt járműtípus a magyar tengelyképlet jelöléssel és a német típusjelöléssel

Ezek tökéletesen megegyeztek a Németországban is használt öt járműtípussal, [1] és ezek összesen, több mint a járművek 95%-át tették ki. A fennmaradó járműveket, amelyeknek kisebb a részaránya, arányosan felosztottuk a kiválasztott öt járműtípusra, majd a korrigált arányokat kerekítettük. Mindezeket az 1. táblázat foglalja össze. (A magyar tengelyképlet jelölésben minden betű egy-egy tengelyt jelent, a kötőjel pótkocsit jelöl, az egyenlőség jel pedig a nyerges szerelvény félpótkocsiját.)

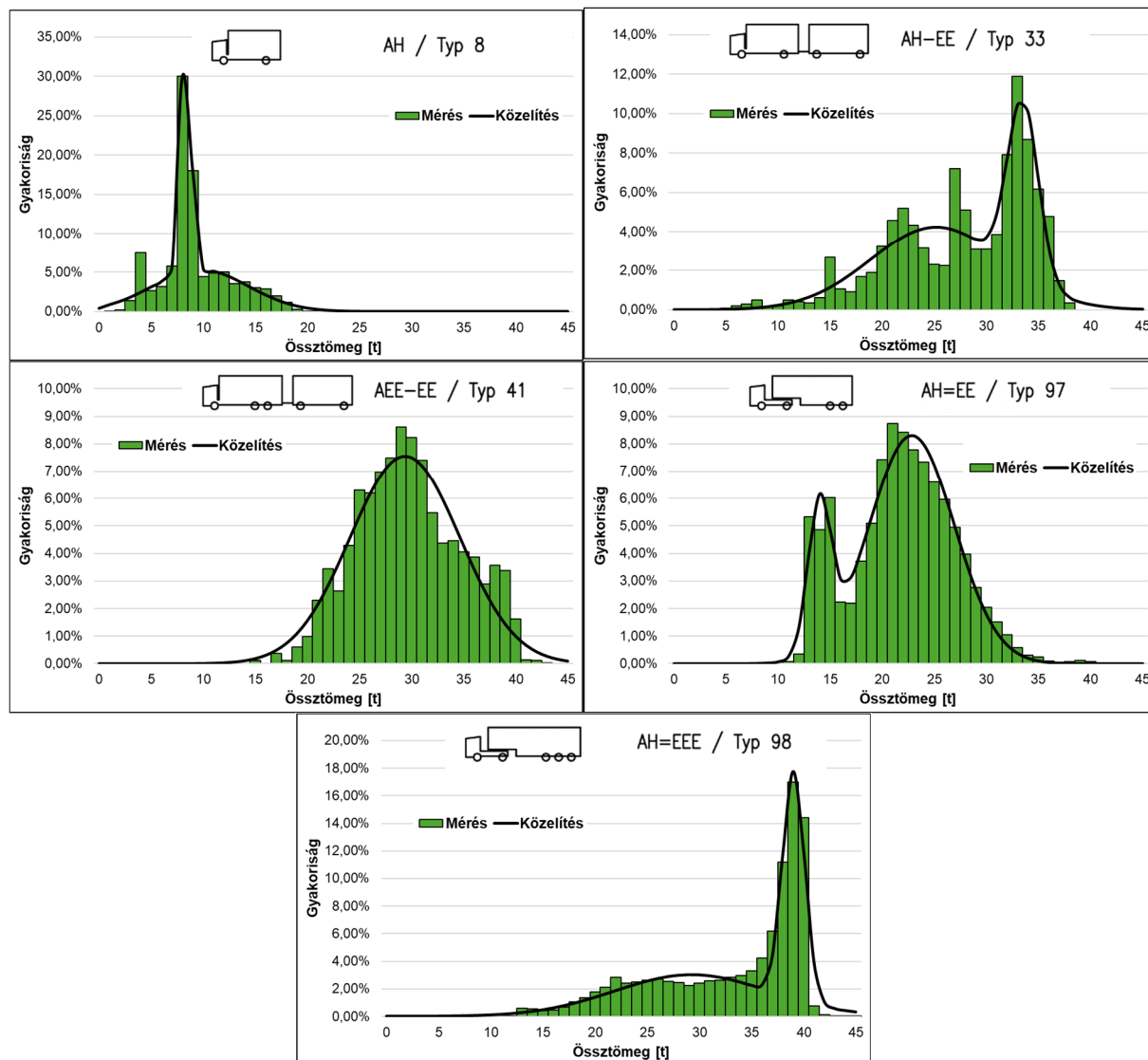
1. táblázat: Tehergépjármű arányok a 2024-es ártándi kilepő forgalom alapján.

Tengelyképlet	AH	AH-EE	AEE-EE	AH=EE	AH=DDD	egyéb
Német típusnév	Typ 8	Typ 3	Typ 41	Typ 97	Typ 98	
Darabszám	8 838	1 429	3 524	36 614	239 940	13 395
Mért arány	2,91%	0,47%	1,16%	12,05%	79,00%	4,41%
Korrigált arány	3,04%	0,49%	1,21%	12,61%	82,64%	
Kerekített arány	3,00%	0,50%	1,50%	12,50%	82,50%	

Ami a tehergépkocsi éves darabszámát illeti, itt az ártándi belépő forgalmat vettük alapul, mivel ez a 314 598 jármű pár százalékkal több mint a kilepő forgalom (303 740 jármű). A következő lépésben a kiválasztott öt jármű tehereloszlását két normál eloszlás lineáris kombinációjával közelítettük, a német számítások mintájára. Ehhez az eloszlások paramétereit (középérték, szórás és a két eloszlás aránya) a legkisebb négyzetek módszerét alkalmazva optimalizáltuk. Az így kapott paramétereket, már kN-ra váltva a 2. táblázat tartalmazza. Ennél talán szemléletesebben mutatja a közelítések pontosságát az 2. ábra, melyben a mért és számított gyakoriságfüggvényeket ábrázoltuk, a koherencia megőrzése érdekében itt viszont tonnában kifejezve.

2. táblázat: Az öt kiválasztott járműtípus közelítő normál eloszlásának paraméterei.

Járműtípus	μ_1 [kN]	σ_1 [kN]	ξ_1	μ_2 [kN]	σ_2 [kN]	ξ_2
AH / Typ 8	78,1	4,3	0,390	92,3	45,7	0,610
AH-EE / Typ 33	246,8	62,9	0,666	329,9	14,5	0,334
AEE-EE / Typ 41	54,9	5,6	0,000	288,8	52,7	1,000
AH=EE / Typ 97	134,7	10,7	0,149	223,2	40,8	0,851
AH=DDD / Typ 98	287,7	74,0	0,561	385,4	10,2	0,439



2. ábra: Az öt kiválasztott, jellemző járműtípus tehereloszlása, illetve az azt közelítő normál eloszlások összehasonlítása.

3. KARAKTERISZTIKUS IGÉNYBEVÉTELEK KISZÁMÍTÁSA

A valós forgalomból adódó karakterisztikus igénybevételek kiszámításához a tehereloszlásokon felül szükség van még a járművek geometriájának, illetve az össztömeg tengelyekre való felosztásának az ismeretére. Tekintve, hogy korábbi vizsgálatok alapján a Németországban és a Magyarországon megfigyelt járművek ezen paraméterei jó egyezést mutattak [5, 7], a Németországban is alkalmazott, 3. és 4. táblázat szerinti értékeket vettük alapul.

3. táblázat: Az öt kiválasztott járműtípus tengelytávja [m].

Járműtípus	Tengelytáv 1 → 2	Tengelytáv 2 → 3	Tengelytáv 3 → 4	Tengelytáv 4 → 5
AH / Typ 8	4,46	-	-	-
AH-EE / Typ 33	4,93	6,47	5,00	-
AEE-EE / Typ 41	4,65	1,34	5,17	4,64
AH=EE / Typ 97	3,72	6,59	1,32	-
AH=DDD / Typ 98	3,73	5,61	1,30	1,30

4. táblázat: Az öt kiválasztott járműtípus tehereloszlása a tengelyekre [%].

Járműtípus	1. tengely	2. tengely	3. tengely	4. tengely	5. tengely
AH / Typ 8	44,9	55,1	-	-	-
AH-EE / Typ 33	25,8	37,2	18,9	18,1	-
AEE-EE / Typ 41	20,9	25,8	16,1	19,5	17,7
AH=EE / Typ 97	30,6	30,9	19,1	19,4	-
AH=DDD / Typ 98	20,8	28,1	17,0	17,0	17,1

A számításnál egy három méter széles forgalmi sávot vettünk alapul. Az útfelületi egyenletlenségekből eredő kölcsönhatások a jármű és a tartószerkezet között dinamikus hatásokat válthatnak ki. Ezek figyelembevétele érdekében a [8] alapján a forgalomban haladó tehergépjárművek esetében a DIN 1072 [9] szerinti dinamikus együtthatót alkalmaztuk.

Ugyanakkor elvégeztünk egy olyan számítást is, amelynél feltételeztük, hogy a hídon átkelő járművek 10%-a torlódásban halad át a hídon. Mivel az AH=DDD tengelyképletű nyergesvontatók adják az összeforgalom túlnyomó részét, egyszerűsítésként azt feltételeztük, hogy torlódás esetén az egész sávot ilyen típusú teherautók foglalják el. A járművek között az első és hátsó tengelytől számított 1,0 m-es túlnyúláson felül további 1,0 m-es távolságot feltételeztünk. Továbbá egyszerűsítésképpen abból indultunk ki, hogy az összes, egyszerre torlódásban álló jármű össztömege azonos, vagyis a terhelésük tökéletesen korrelál. Ezek a feltételezések kissé kedvezőtlenek és nagy támaszközök esetén konzervatív eredményeket adnak, de a vizsgált támaszköz-tartományban elfogadhatóak.

Az első lépésként meghatároztuk a maximális nyíróerő és a maximális mezőnyomaték értékét minden vizsgált támaszközre és járműtípusra vonatkozóan. Ehhez a különböző járműtípusokhoz tartozó tengelyek távolságával és terhelési arányával meghatározott erő-csoportot egységes össztömeggel lépésről lépésre léptettünk keresztül a vizsgált hídon és megkaptuk a mértékadó pozícióból adódó maximális pozitív nyomaték, illetve nyíróerő értékét. Így meghatároztunk egy az adott járműtípus teljes tömegéhez viszonyított η_i hatástényezőt, amely megadja a maximális nyomaték, illetve nyíróerő értékét a jármű össztömegének függvényében.

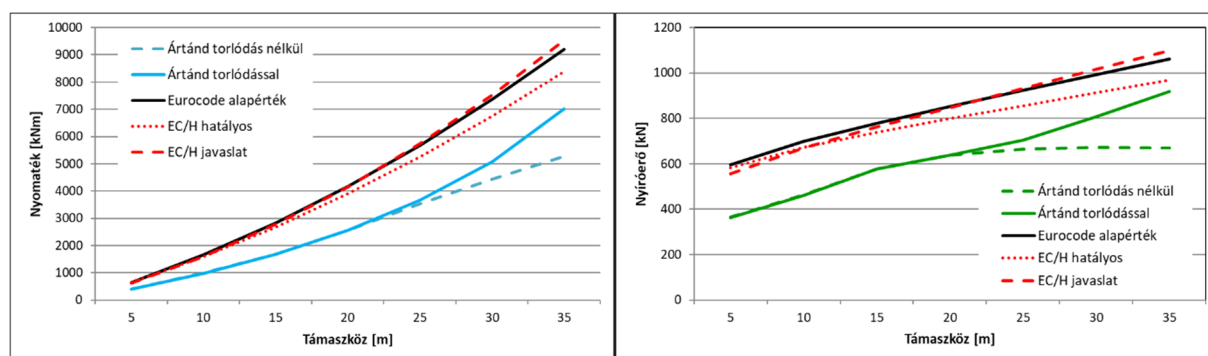
Mivel az egyes járműtípusok össztömegét bimodális normális eloszlással közelítettük, a maximális igénybevételek eloszlásfüggvényét úgy kaptuk meg, hogy ezeket az eloszlásokat megszorozzuk a megfelelő járműarányokkal és hatástényezőkkel, majd összeadjuk. Tehát az egyes járművek áthaladásából adódó maximális igénybevétel eloszlásfüggvénye normális eloszlások lineáris kombinációjaként előállítható. Mivel a különböző járművek össztömege független valószínűségi változónak tekinthető, évente 315 000 tehergép-kocsit feltételezve az 1000 évente fellépő karakterisztikus teher átlagos visszatérési periódusa $m_{T_R} = 315\,000 \cdot 1000$. Így az r karakterisztikus igénybevételre a következő összefüggésnek kell teljesülnie [10]:

$$F(r) = \sum_i \Phi\left(\frac{r - \mu_i}{\sigma_i}\right) \cdot \xi_i \cdot \eta_i = 1 - \frac{1}{m_{T_R}}$$

Ebből az egyenletből numerikusan meghatározható az egyetlen ismeretlen, a keresett igénybevétel r karakterisztikus értéke.

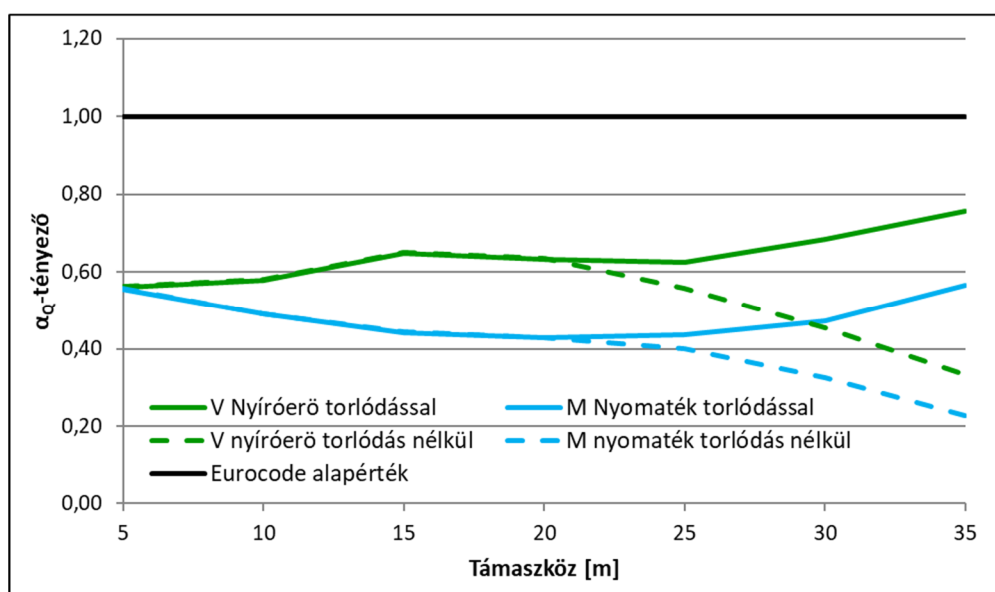
4. SZÁMÍTÁSI EREDMÉNYEK

A felvázolt számítást elvégeztük egy egysávos, 3 m széles, kéttámaszú tartó esetén hétféle támaszköze 5 és 35 m között. Megkülönböztettünk egy olyan esetet, amelyik nem vesz figyelembe torlódásokat és egy olyat is, amelyik 10% torlódással számol. A számításokat mind a maximális nyomaték, mind pedig a maximális nyíróerő karakterisztikus értékének meghatározására elvégeztük. Az így kapott értékeket az Eurocode-ban meghatározott LM1 tehermodellel vetettük össze. Itt három változatot különböztettünk meg. Egyrészt az Eurocode által javasolt alapértékeket, ahol minden terhelési osztályba sorolási tényező értéke 1,0. Továbbá a jelenleg Magyarországon hatályos értékeket az I. terhelési osztály esetén ($\alpha_{Q1}=1,0$; $\alpha_{q1}=0,8$). Végezetül pedig a [11] által javasolt értékeket, szintén az I. terhelési osztályra vonatkozóan ($\alpha_{Q1}=0,9$; $\alpha_{q1}=1,0$). Az eredményeket a 3. ábra szemlélteti a maximális nyomatéki, illetve nyírási igénybevételek esetén.



3. ábra: Kéttámaszú tartó Magyarországon mért valós forgalomból adódó és szabvány szerinti karakterisztikus nyomatékának (balra) és nyíróerejének (jobbra) összehasonlítása.

Ezen felül érdemes azt is megvizsgálni, hogy az egyes α -tényezők milyen értéke mellett felelne meg az Eurocode által definiált teherből adódó igénybevétel a valós forgalmi adatokon alapuló karakterisztikus értéknek. A vizsgált rövid támaszközök esetén itt érdemes a koncentrált teher α -tényezőjét alapul venni, mivel ennek van a jelentősebb hatása. A megoszló teher α -tényezője a számítás során változatlanul 1,0 volt. Az így számított szükséges α -tényezőket a támaszköz függvényében a 4. ábra tartalmazza.



4. ábra: A koncentrált teher azon α -tényezői, mely alkalmazásánál a teher modellből adódó és a Magyarországon mért valós forgalomból adódó karakterisztikus igénybevételek megegyeznének.

5. ÉSZREVÉTELEK ÉS MEGJEGYZÉSEK

Az egyszerűsített példa eredményei arra utalnak, hogy a vizsgált esetekben mindhárom tehermodell konzervatív a valós forgalomhoz viszonyítva, azaz jóval nagyobb igénybevételeket eredményez, mint a közelítés alapján számított 1000 évente fellépő karakterisztikus érték.

A vizsgálat kizárólag a 35 m támaszközt nem meghaladó, egysávos, kéttámaszú hidakra korlátozódott. Mivel Magyarországon a 30 m legnagyobb támaszközt meghaladó hidak részaránya mindössze a teljes állomány hozzávetőleg 3%-át teszi ki [12], a vizsgált támaszköz-tartomány a magyar hidak túlnyomó részét magába foglalja. Természetesen ezek között keretszerkezetek és folytatólagos többtámaszú tartók is szerepelnek, melyeknél a nyomatéki igénybevételek értéke jelentősen eltér. Ugyanakkor, mint az eredményeken is látszik, a rövid támaszközök esetén jellemzően a nyíróerők a mértékadóak és itt a statikailag határozatlan szerkezetek kisebb eltérést mutatnak a vizsgált esetektől. Bizonyára az is egy jelentős egyszerűsítés, hogy csupán egy forgalmi sávot vettünk figyelembe, azonban lényegében minden közúti híd több sávos. Ebben az esetben, a vizsgálynál jóval összetettebb teheresetek is felléphetnek, amennyiben tehergépkocsik egymást előzik. Ugyanakkor ezzel párhuzamosan a tehermodellből adódó igénybevételek is megnőnek. Jelen tanulmányban nem vettük figyelembe a forgalom esetleges növekedését, illetve azon járműveket, melyek megengedett össztömege túllépi a 40 tonnát, így útvonalengedély-kötelesek. Az alkalmazott közelítés azonban figyelembe veszi mindazokat a járműveket, melyek a kiválasztott leggyakoribb öt járműtípusba tartoznak és túllépik a megengedett 40 t össztömeget. Megjegyzendő, hogy elsősorban a legmeghatározóbb nyergesvontató esetében, a közelítés kifejezetten konzervatívnak tekinthető, amint az a 2. ábrából is kitűnik. A grafikon jobb oldalán, a legnagyobb tehertartományban a közelítő görbe jóval nagyobb arányú tehergépkocsit feltételez, mint ami a valóságban megfigyelhető. Számszerűsítve mindössze 3 olyan tehergépkocsi volt a 2024-es évben, mely túllépte a 45 tonnát míg a közelítő görbe alapján szinte 2500 ilyen jármű kellett volna legyen.

Jelen tanulmányban tudatosan ugyanazokat a módszereket alkalmaztuk, mint az Eurocode Németországban érvényes nemzeti mellékletének kalibrálása esetén tették. A közelítő függvény példája azonban jól szemlélteti, hogy hazánkban részben eltérőek a peremfeltételek, mint Németországban. Vélhetően a szigorúbb szabálykövetés az össztömeg terén arra vezethető vissza, hogy az ellenőrzések miatt jelentősen kevesebb túlsúlyos jármű közlekedik Magyarországon, mint Németországban. Így felmerül az a kérdés is, hogy a normál eloszlás alkalmas-e itt is a tehereloszlás valósághű modellezésére? Valószínűsíthető, hogy felső határral bíró eloszlástípusokkal, mint például a lognormális eloszlás, jóval jobb közelítés várható. Ezt mindenképpen érdemes alaposabban megvizsgálni, és a kutatást ez irányban folytatni, amennyiben egy olyan tehermodell megalkotása a cél, amely a magyarországi tehergépkocsi forgalmat reprezentatívan kívánja leképezni.

6. ÖSSZEGZÉS

Az egysávos, kéttámaszú tartók példáján szemléltettük, hogy a Magyarországon mért valós járműterhek közelítése alapján számított karakterisztikus igénybevételek miként viszonyulnak az Eurocode által javasolt tehermodellhez. Mind az Eurocode alapértékei, mind a Magyarországon jelenleg hatályos tehermodell konzervatívnak bizonyult a vizsgált esetekben.

Rámutattunk arra is, hogy hazánkban a járművek terhelésének sűrűségfüggvénye kevésbé illeszkedik a normális eloszláshoz, mint Németországban. Ellenben felső határral bíró eloszlástípusokkal, mint például a lognormális eloszlás, jobb közelítés várható.

Fontos megjegyezni, hogy jelen számítás számos egyszerűsítést és közelítést tartalmaz, és a valós hidaknak csak egy kiválasztott szegmensét foglalja magába. Egy valósághű tehermodell megalkotásához további, átfogó számítások elvégzésére van szükség. A vizsgálat célja elsősorban az volt, hogy rámutasson miként használhatóak fel a rendelkezésre álló mérési adatok egy valósághű tehermodell megalkotásához, illetve adjon egy első indikációt, hogy a jelenlegi tehermodell lefed-e a valós forgalmi terhet.

7. TÁMOGATÁS

Az Útügyi Műszaki Szabályozási Bizottság döntésére, 2025 áprilisában új MAÚT-munkabizottság (Magyar Út- és Vasútügyi Társaság) alakult a közúti hidak forgalmi teherszintjének meghatározásához kapcsolódóan. A készítendő szakmai háttéranyag célja a tényleges közúti forgalmon alapuló teherszintből statisztikai alapon számítható közúti híd forgalmi terhek elemzése, vizsgálva a Magyar Közút NZrt. (MK) mérlegelési adatsorainak használhatóságát az Európában alkalmazott példák tükrében. A bizottsági elemzés tervezett befejezési határideje 2026. április. A munkabizottságot Hajós Bence vezeti, tagok: Sitku László, Dr. Kovács Tamás, Dr. Boros Vazul, Kővári Ákos és Németh Gábor.

Jelen tanulmány a Hidak teljesítmény alapú méretezése 1. című MAÚT-munkabizottság kutatásához kapcsolódóan készült.

8. IRODALOMJEGYZÉK

- [1]: V. Boros, B. Novák, & U. Decker. 2015. Modifiziertes Verkehrslastmodell für kommunale Brückenbauwerke. Beton und Stahlbetonbau, 110(9) pp. 620–627. <https://doi.org/10.1002/best.201500024>
- [2]: Kővári Ákos & Németh Gábor. 2025. Az EUROCODE szerinti forgalmi tehermodellek kialakulása, alkalmazása és kalibrációja WIM adatokkal. In Útügyi lapok 13(22) pp. 25–42. <https://doi.org/10.36246/UL.2025.2.03>
- [3]: R. Kaschner, szerk. 2009. Auswirkungen des Schwerlastverkehrs auf die Brücken der Bundesfernstraßen. In Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen B, Brücken- und Ingenieurbau, no. 68. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft.
- [4]: U. Freundt, szerk. 2011. Anpassung von DIN-Fachberichten „Brücken“ an Eurocodes. In Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen B, Brücken- und Ingenieurbau, no. 77. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft.
- [5]: Hajós Bence & Hajós Eszter Sára. 2025. A közúti teherforgalomban közlekedő járművek tényleges össztömeg mérési eredményei Magyarországon. Útügyi lapok 13(22) pp. 43–59. <https://doi.org/10.36246/UL.2025.2.04>
- [6]: Boros Vazul. 2024. Közúti terhek statisztikai alapú meghatározása Németországban az Eurocode szerint – hazai alkalmazás lehetőségei. In Hajós Bence szerk. Hidász napok 2024 előadásainak gyűjteménye, Lánchíd füzetek 40. Biri, 154–170. https://hidak.hu/konyvek/Lanchid_40_HN2024.pdf
- [7]: Boros Vazul, Kővári Ákos & Hajós Bence. 2025. Potentials of utilizing vehicle weight data for the calibration of national traffic load models for bridges. In Leonetti, D.; Snijder, H.H.; De Pauw, B.; Alphen, S. szerk. IABSE Congress Ghent 2025, The Essence of Structural Engineering for Society, Congress Proceedings, Zürich, International Association for Bridge and Structural Engineering IABSE pp. 2193–2200.
- [8]: U. Freundt, S. Böning, & R. Kaschner. 2011. Straßenbrücken zwischen aktuellem und zukünftigem Verkehr – Straßenverkehrslasten nach DIN EN 1991-2/NA, Beton und Stahlbetonbau, 106(11) pp. 736–746, <https://doi.org/10.1002/best.201100050>
- [9]: DIN 1072 Straßen- und Wegbrücken Lastannahmen. Dezember 1985.
- [10]: G. Spaethe. 1992. Die Sicherheit Tragender Baukonstruktionen. Springer-Verlag, Berlin.
- [11]: Horváth Adrián. 2024. Új e-ÚT 07.01.12:2024T előírásról – Újdonságok az e-ÚT 07.01.12:2011-hez képest. In Hajós Bence szerk. Hidász napok 2024 előadásainak gyűjteménye, Lánchíd füzetek 40. Biri, pp. 83–109. Online: https://hidak.hu/konyvek/Lanchid_40_HN2024.pdf
- [12]: Hajós Bence. 2010. Összefoglaló a magyar közúti hídgazdálkodásról 2004–2010. In Hajós Bence szerk. Lánchíd füzetek 16. Biri, 1–28. https://hidak.hu/konyvek/Lanchid_16_hidgazdalkodas.pdf