

NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM

Katonai Műszaki Doktori Iskola

Doktori (PhD) értekezés

Hajós Bence

Budapest, 2025

NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM
Katonai Műszaki Doktori Iskola



Hajós Bence

A meglévő közúti hidak katonai teherbírásértékelése

Doktori (PhD) értekezés

Témavezető

Dr. Kovács Ferenc
ny. ezredes

Budapest, 2025

TARTALOMJEGYZÉK

1	BEVEZETÉS	6
1.1	A témaválasztás indoklása, aktualitása, a tudományos probléma megfogalmazása ...	6
1.2	Kutatási hipotézisek.....	9
1.3	Kutatási célkitűzések	9
1.4	Kutatási módszerek.....	10
1.5	Az értekezést megalapozó tanulmányok és az értekezés felépítése	11
1.5.1	A kutatási folyamat bemutatása	11
1.5.2	Az értekezés felépítése.....	13
1.6	A kutatási téma körülhatárolása	14
2	MEGLÉVŐ KÖZÚTI HIDAK, MINT KRITIKUS INFRASTRUKTÚRA ELEMÉK	16
2.1	Kritikus infrastruktúra – Kritikus katonai infrastruktúra.....	16
2.1.1	Jogi szabályozási háttér és annak 2025. január 1-jei változásai	16
2.1.2	Infrastruktúra.....	18
2.1.3	Kritikus infrastruktúra.....	19
2.1.4	Katonai infrastruktúra	20
2.2	Közlekedés – Közúthálózat – Közúti hidak	22
2.2.1	Közlekedési követelmények	22
2.2.2	A közlekedésfejlesztésről – a közúti hidak tükrében	23
2.3	Közúti hidak katonai igénybevétele	26
2.3.1	Katonai igények egykor és ma	26
2.3.2	Meglévő közúti hidak rezilienciája katonai igénybevétel esetén, kockázati tényezők.....	28
3	A KÖZÚTI HIDAK KATONAI ÉS CIVIL TEHERBÍRÁSÉRTÉKELÉSÉNEK RENDSZERE	32
3.1	A hatályos műszaki szabályozások története, vizsgálata és problémái	32
3.1.1	A polgári műszaki szabályozásról	32
3.1.2	A katonai szabályozásról – a STANAG 2021	36
3.1.3	A STANAG 2021 új, 2024. évi 9. kiadásának változtatásairól	39
3.1.4	Katonai járműteherbírási osztályok (MLC)	44
3.1.5	A túlsúlyos járművek közlekedéséről	46

3.2	Javaslatok a katonai hídteherbírási értékekre és parciális tényezőire.....	53
3.2.1	A közúti katonai teherbírás igény karakterisztikus értéke	53
3.2.2	A katonai hasznos teher parciális tényezője	55
3.2.3	Javaslat normál átkelési eseteknél alkalmazandó parciális tényezőkre katonai igénybevétel esetén	65
3.2.4	Javaslat Óvatos (Caution) és Veszélyes (Risk) átkelési esetek parciális tényezőire	66
3.3	Egységes katonai hídteherbírási jelölésrendszer	69
3.3.1	Polgári nyilvántartási tapasztalatok	69
3.3.2	Javaslat a katonai teherbírási osztályok jelölésére	70
3.4	Mintaszámítások katonai teherbírás besoroláshoz	72
3.4.1	Láncaltapas és kerek járművekre érvényes hídértékelés viszonyrendszere	73
3.4.2	Mintaszámítások Óvatos (Caution) és Veszélyes (Risk) átkelési esetekre.....	74
3.4.3	Katonai teherbírás besorolás többtámaszú gerendahidakhoz.....	79
3.4.4	Polgári hídszabályzatok katonai teherbírási megfeleltetése – A-jelű terhelés....	81
3.4.5	Polgári hídszabályzatok katonai teherbírási megfeleltetése – B-jelű terhelés	82
3.4.6	Polgári hídszabályzatok katonai teherbírási megfeleltetése – Gőzeke terhelés..	82
3.4.7	Közelítő katonai besorolás boltozatokra és keretszerkezetekre.....	85
3.5	Próbaterhelés, mint a hidak teherbírás igazolási módja	86
3.5.1	Bevezetés a hidak próbaterheléséhez	86
3.5.2	Mérk, Károlyi-folyás-híd és Kraszna-ártéri-híd próbaterhelése (2013).....	89
3.5.3	Kemecsei öreg Lónyay-főcsatorna-híd próbaterhelése (2013)	91
3.5.4	Tiszaújvárosi Túr-csatorna-híd próbaterhelése (2013).....	93
3.5.5	Sérült vasbeton lemezhidak próbaterhelése a 37. sz. főúton (2019).....	96
3.5.6	Bakonykoppány utáni Gerence-patak-híd próbaterhelése (2025).....	98
3.6	Részösszefoglalás	101
4	KÖZÚTI HIDAK DINAMIKUS TÖBBLET TERHELÉSÉNEK KÍSÉRLETI VIZSGÁLATA	102
4.1	Dinamikus hatás számításának problémái	102
4.1.1	A dinamikus tényező története és szabványos értékei	102
4.1.2	A hidak és járművek dinamikus kölcsönhatása	105
4.1.3	A dinamikus hatás kísérleti vizsgálata	110
4.1.4	Katonai jármű sebességére vonatkozó szabályozásról.....	111

4.2	Kísérleti próbaterhelés katonai járművekkel Kecskéden (2024)	112
4.2.1	Elöljáróban a kecskédi kísérleti próbaterheléshez	112
4.2.2	A próbaterhelésre kiválasztott hídszerkezet bemutatása.....	114
4.2.3	Próbaterhelési terv: terhelő járművek, mérési program	116
4.2.4	A próbaterhelés végrehajtása – 2024. november 27.	120
4.2.5	A kísérleti célú katonai próbaterhelés statikus eredményei	123
4.2.6	A kísérleti célú katonai próbaterhelés dinamikus eredményei.....	125
4.3	Részösszefoglalás	134
5	ÖSSZEGZÉS	138
5.1	Új tudományos eredmények	138
5.2	A kutatási eredmények gyakorlati felhasználhatósága	140
5.3	Ajánlások	140
5.4	További kutatási javaslatok	141
6	A TÉMAKÖRBŐL KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓIM	142
7	FELHASZNÁLT IRODALOM	147
7.1	Felhasznált szakirodalom	147
7.2	Szabványok, katonai utasítások	158
7.3	Jogszabályok.....	160
8	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	164
9	FÜGGELÉK	165
9.1	Rövidítések	165
9.2	Ábrajegyzék.....	165
9.3	Táblázatok jegyzéke	167
10	MELLÉKLET	169
10.1	Kiegészítés a STANAG 2021 szerinti teherbírási besorolási táblázatokhoz és grafikonokhoz.....	169
10.2	Többtámaszú folytatólagos gerenda nyomatéki és nyíróerő igénybevételek	175
10.3	MLC mintaszámítás I. – Gözekére méretezett híd	184

„az élet fölfoghatatlan csoda,
mert szüntelenül költ és pazarol,
mégis tovább tart, és szilárdan áll,
mint a híd a Drinán”¹

1 BEVEZETÉS

1.1 A témaválasztás indoklása, aktualitása, a tudományos probléma megfogalmazása

Doktori értekezésem témája az egész eddigi szakmai munkásságomat meghatározó probléma, ami legegyszerűbben így fogalmazható meg: mennyi egy közúti híd tényleges teherbírása?

A látszólag egyszerű kérdés vizsgálata rávilágított arra, hogy a szabatos válaszhoz részletesen ismerni kell a meglévő közúti hidakat, a magyar hídépítés történetét, a hatályos és régi hídszabványokat és a közlekedni kívánó járműveket is, legyenek azok civilek, avagy katonaiak.

Építőmérnöki oklevelem megszerzése után, 2001-ben az első munkahelyem az Állami Közúti Műszaki és Információs Közhasznú Társaság Hídosztálya volt. A Hídosztály a közlekedési szakminisztérium háttérintézményeként irányította, felügyelte az országos közúthálózaton lévő hidakkal kapcsolatos valamennyi feladatot. Már az első hónapokban komoly feladatot adott annak mérlegelése, hogy egy adott túlsúlyos közúti jármű az útvonalába eső hidakon áthaladhat vagy nem. A vizsgálandó járművek között vegyesen voltak civil és katonai rendeltetésűek, így először ekkor találkoztam a meglévő közúti hidak katonai teherbírásértékelésével, mint problémakörrel.

A Hídosztály kötelezettsége volt a rendszeres adatszolgáltatás az országos közúti hídállományról a katonai hatóság részére. E munka során szembesültem azzal, hogy a civil és katonai

¹ ANDRIĆ 2023: 93.

mérnöki együttműködést mennyire nehezíti a jelentősen eltérő szakmai fogalmi rendszer, eltérő szabályozás és szemlélet. Kutatásom során ezért is igyekeztem, hogy munkám része legyen egyformán a civil és a katonai hídértékelés is, elősegítve a civil-katonai együttműködést, ami a választott témához nélkülözhetetlen. Ennek megfelelően publikációim megjelentek mind a civil, mind a katonai szakmai folyóiratokban és szakmai konferencia előadásokat tartottam mind civil, mind katonai rendezvényeken.

Munkám során többször tapasztaltam az értetlenkedést: egy „40 tonnás” hídon mégis hogyan haladhat át 42 tonnás jármű? Arról nem is szólva, mikor a „40 tonnás” hídon átkel a 100 tonnás... A párbeszédet sok tényező nehezíti. A „40 tonnás” megjelölés példának okáért nem azt jelenti, hogy a híd 40 tonnát „bír el”, hanem annak jelzése, hogy annak idején olyan szabvány alapján tervezték, amiben szerepelt egy 40 tonnás jármű is, ami névadója lett a hasznos teherbírási osztálynak. Az természetesen igaz, hogy konzervatív egyszerűsítéssel e híd 40 tonna össztömegű jármű közlekedésére megfelel. Ugyanakkor könnyű belátni, hogy egy adott hídon hiába halad át egy 100 tonnás jármű, ha a híd rövid, a jármű pedig hosszú és a hídra alig fér rá az amúgy nehéz, túlsúlyos jármű fele-harmada.

A magyar közúthálózat hídjai igen vegyes összetételűek: különböző korúak, különböző szerkezeti rendszerűek, aktuális állapotuk – károsodásaik is sokfélék, s ezek méretezéséhez használt műszaki előírások is mindig az adott kor műszaki gondolkodását tükrözték.

Egyes időszakokban a hídtervezés alapjául szolgáló járműterhek katonai vagy polgári eredete a katonai és polgári közúti közlekedés fejlődésének leképezése volt. Az első országos érvényű hídszabályrendeletől, 1910-től 1950-ig a polgári eredetű alapterhet használtunk a közúti hidak méretezéséhez. Ez egy gőzeke (traktor, általános erőgép) volt 20 tonna össztömeggel.

1950-től napjainkig a hasznos teher alapértéke katonai eredetű (harckocsi).² Napjainkban bevezetés előtt álló új polgári hídszabvány a civil közúti forgalom alapján kívánja meghatározni a tervezendő hidak szükséges teherbírását a katonai szempontok figyelembevétele nélkül. Ez paradigmaváltás, miközben egyazon közúti infrastruktúrát kell használjon a polgári és a katonai közlekedés. Megkerülhetetlen az új polgári előírásban a katonai szempontok ellenőrzése, szükség szerint pedig érvényesítése, ami aktualitást ad kutatási témámnak.³

² KHSZ 1950; BOROS–KÖVÁRI–HAJÓS 2025.

³ HAJÓS 2024c: 7.

A közúti hidak katonai teherbírásértékelésére vonatkozó szabvány, a STANAG 2021⁴ alkalmazásához szükséges a besoroláshoz kapcsolódó, nemzeti hatáskörbe lévő paraméterek meghatározása. Ez csak a hazai hídszabványok és hídépítéstörténet alapos kutatása és elemzése alapján tehető meg. A hidak esetében jelentős, dinamikus hatás figyelembevételéhez pedig további kutatások is szükségesek voltak.

Kutatásom célja, a magyarországi, meglévő közúti hidak katonai teherbírásértékeléséhez szükséges, STANAG 2021 gyakorlati alkalmazását támogató eljárások és ehhez szükséges paraméterek meghatározása, szem előtt tartva a minél egyszerűbb gyakorlati alkalmazhatóságot.

A doktori kutatásom kiemelt állomása volt a katonai járművekkel (Leopard 2A7HU harckocsi és katonai szállító tréler) végzett közúti híd próbaterhelés és annak kiértékelése. Ennek eredményei hazai szakmai szempontból egyedülállóak, az ilyen jellegű kísérleti mérések nemzetközi szinten is keveset kutatott, publikált terület. Az eredmények jól hasznosíthatók a téma részletszabályainak kidolgozásához és véglegesítéséhez, különös tekintettel a katonai járművek okozta dinamikus többlethatásokra.

A kutatásom további célja volt a STANAG 2021 szabvány pontosítását szolgáló szempontok és javaslatok összegyűjtése és szükség szerint ezek nemzetközi szintű szakmai egyeztetésének elindítása, amiben kiemelt cél a hidak teherbírás osztályozása egységes katonai jelölésrendszerének bevezetése.

Célom volt, hogy kutatásom előmozdítsa a STANAG 2021 szerinti hídteherbírás értékelés magyarországi gyakorlati szintű bevezetését és alkalmazását.

⁴ STANAG 2021, és a mögöttes AEP-3.12.1.5, NATO-szabvány, legutóbbi kiadása 2024-ben jelent meg. STANAG – Standardization Agreement – Szabványosítási Egyezmény. A STANAG 2021 csak néhány oldalas egyezmény, amely műszaki szabályt nem tartalmaz, csak meghivatkozza a mögöttes szabványt. A szakirodalomban lévő gyakorlatot követve, a továbbiakban az egyezményre és a mögöttes szabványra együttesen STANAG 2021-ként hivatkozom.

1.2 Kutatási hipotézisek

Az értekezésemben az alábbi hipotéziseket szeretném igazolni:

- **Feltételezem**, hogy a közúti hidak teherbírásértékelése nem választható szét a hídépítéstörténettől, ezért csak annak részeként elemezhető.
- **Feltételezem**, hogy jelentősen segítheti a közúti hidak katonai teherbírásértékelését a közúti civil nyilvántartás olyan irányú kibővítése, ami megjelöli a teherbírás szempontjából akár aktuális állapot, akár esetleges ártó célú támadás miatt kritikus, érzékeny híd-szerkezeteket.
- **Feltételeztem**, hogy a hidak tervezési szabványában rögzített hasznos teherszint katonai eredetének civil értékekre cserélése jelentős kihatással bír a katonai mobilitásra és éppen ezért szükséges a katonai közlekedési igények rögzítése az új civil előírásokban.
- **Feltételeztem**, hogy a STANAG 2021 szerint a hidak katonai teherbírás jelölése önmagában nem ad elegendően pontos megjelölést, ezért szükséges annak részparaméterekkel való kiegészítése.
- **Feltételeztem**, hogy a nemzeti hatáskörben rögzítendő teherbírásellenőrzés katonai paraméterei eltérhetnek a használatos civil paraméterektől, ami kedvezőbb katonai besorolást tesz lehetővé.
- **Feltételeztem**, hogy a meglévő közúti hidak katonai teherbírásértékelését hatékonyan gyorsíthatja boltozatokra és ívszerkezetekre vonatkozó közelítő eljárásrend kidolgozása.

1.3 Kutatási célkitűzések

Disszertációmban arra törekszem, hogy a meglévő közúti hidak katonai teherbírásértékelésének gyakorlati alkalmazását minél több eszközzel segítsem, javaslattal támogassam. Ennek érdekében:

- Célom, a katonai teherbírásértékelés bevezetéséhez szükséges nemzeti hatáskörbe rendelt tényezőkre vonatkozó javaslattétel és azok elfogadtatása.
- Célom, a gyors és hatékony korrelációs katonai besorolás támogatása.
- Célom, a katonai és civil hídmérnöki szakmai kapcsolatok erősítése.
- Célom a katonai közlekedési szervezetek munkájának segítése.

1.4 Kutatási módszerek

A kitűzött célok eléréséhez az alábbi kutatási módszereket alkalmazom:

- Elemzem a katonai hídteherbírás értékelés magyarországi és nemzetközi szakirodalmát, a témához kapcsolódó eddigi kutatásokat és eredményeket, elemzésemet szakirodalmi kutatási jelentésben összegzem.
- Részletesen elemzem a STANAG 2021 szabvány előírásait, a szabvány változásait, különös tekintettel az újdonságokra.
- Elemeztem az infrastruktúrában, azon belül a kritikus infrastruktúrában, katonai infrastruktúrában és kritikus katonai infrastruktúrában a meglévő közúti hidak helyzetét és szerepét, továbbá ezek kijelölésére vonatkozó jogi szabályozási környezetet.
- Elemzem a meglévő magyar közúti hídállomány építéstörténetét, az egyes hídszerkezeti típusok kialakulásának vizsgálatával.
- Feldolgozom a közúti hidakra vonatkozó civil műszaki szabályozást, különös tekintettel az egyes hídtervezési előírásokban lévő hasznos járműteherszintek változására és a megfelelés igazolásához tartozó biztonsági, egyidejűségi és dinamikus tényezők változásaira.
- Bemutatom a katonai és civil hídteherbírasi szabályokat, vizsgálom a katonai teherbírás értékelés igénybevétel összehasonlító módszerével elérhető eredményeket.
- Elemzem a katonai teherbírásértékeléshez, azon belül is elsősorban a katonai próbaterheléshez a civil próbaterhelési esettanulmányok tapasztalatait és eredményeit.
- Próbatelheléssel validált katonai teherbírásértékeléssel vizsgálom a figyelembe vehető dinamikus tényező csökkentési lehetőségeket katonai járművek esetén.
- Bizonyítom, hogy mintaszámításokkal gyors és hatékony katonai hídbesorolás nyerhető civil szabályozati terhelésekre támaszkodva.
- Számszerűsítem a katonai teherbírásértékeléshez szükséges, magyarországi besoroláshoz alkalmazható paramétereket.
- Kutatásom eredményeit a civil és katonai szakmai párbeszéd elősegítése érdekében publikálom mind katonai, mind civil szakmai folyóiratokban és előadom katonai és civil szakmai konferenciákon.
- Kutatási megállapításaimat közzéteszem angol nyelvű szakcikkekben és nemzetközi konferencián előadás formájában is.

- Kutatásom során kiemelt szempont a téma jellegének megfelelően annak hangsúlyozása, hogy a katonai teherbírásértékeléshez elengedhetetlen a civil-katonai együttműködés.

1.5 Az értekezést megalapozó tanulmányok és az értekezés felépítése

1.5.1 A kutatási folyamat bemutatása

Kutatásom egy-egy résztémakörét külön szócikkekben dolgoztam fel és publikáltam. A kritikus infrastruktúrában és kritikus katonai infrastruktúrában a meglévő közúti hidak helyzetét „A meglévő közúti hidak teherbírasi megfelelőségének értékelése honvédelmi szempontból a katonai célú közlekedésfejlesztési feladatok tükrében” című szócikkben elemeztem, különös tekintettel a meglévő közúti hidak katonai célú fejlesztési igényeire.⁵

Felhívtam a figyelmet, hogy a közúti hidak hasznos teherszintjére vonatkozó szabványtervezetet honvédelmi szempontból is egyeztetni kell, biztosítva a katonai szállításokhoz szükséges teherbírás. Ez hatványozottan érvényes a hatályos A-jelű teherszintnél kisebb terhelési osztályok esetén. Kiemelt katonai szempontnak tartom, hogy ne csökkenjen a hidakra előírt teherszint, azaz ne legyen a hatályos polgári A-jelűnél kisebb terhelési osztály.⁶

Ugyanezen témának továbbdolgozott tanulmányában bemutattam, hogy a közúti hidak teherbírására vonatkozó katonai igényszint 1956 óta nem változott, míg a polgári igény fokozatosan növekedett. A kisebb teherbírású főúti hidakra 1973-ban még távlati célként fogalmazták meg a B-jelű, 40 tonnás teherbírás, ma általánosnak mondható, egészen kevés kivétellel számolva, a katonai igényekkel azonos, A-jelű, 80 tonnás teherbírás. Ezt a szintet 2010-ben még a polgári hidászszakma hosszú távon megfelelőnek ítélte, az Eurocode nemzeti mellékletének módosításával. A hídtervezési ÚME⁷ a teljes hídépítőszakma előírása, egyaránt polgári és katonai célú és érintettségű, ezért ennek módosításakor elengedhetetlen és szükséges a katonai szempontok

⁵ KOVÁCS–HAJÓS 2025.

⁶ HAJÓS 2023.

⁷ Útügyi Műszaki Előírás

ellenőrzése és figyelembevétele, szükség szerint pedig érvényesítése. Tanulmányom a Műszaki Katonai Közlönyben jelent meg.⁸

Kétrészes tanulmányban részletesen elemeztem a STANAG 2021 előírást. Ennek első része a járműosztályok kritikai elemzése, az egyes teherosztályok közötti belső logikai ellentmondások részletes ismertetésével.⁹ A kapcsolódó második szakcikkem a hidak teherbírás osztályait elemzi. Javaslatot tettem a hidak teherbírasi osztályozásának egységesítésére, kiemelve, hogy ennek hiánya jelentős zavarokhoz vezethet.¹⁰ Kutatási időszakom közben megjelent, jelentősen módosított szabványt részletesen tanulmányoztam, a változásokról külön tanulmányt publikáltam.¹¹

Az elvégzett eddigi, STANAG 2021-hez kapcsolódó kutatásom javaslatait, a civil és katonai túlméretes járműközlekedés összehasonító elemzésével angol nyelven publikáltam.¹² A STANAG 2021 magyarországi effektív bevezetéséhez szükséges, nemzeti hatáskörben rögzítendő parciális tényezők (biztonsági tényezők) és dinamikus tényezők felvételére vonatkozó javaslatokat angol nyelvű tanulmányban összegeztem, kitérve ezek elméleti alapjaira.¹³

A civil-katonai szakmai (hídmérnöki) kommunikáció és együttgondolkodás érdekében célom volt a kutatásomhoz kapcsolódó eredmények publikálása a katonai szaklapokkal párhuzamosan a civil szakmai lapokban is. Ezt a célt szolgálja a dinamikus tényezők részletes elemzéséről szóló tanulmányom civil folyóiratban való publikálása, részletesen kitérve a katonai járművek közlekedéséből származó különbségekre is.¹⁴ Szintén a civil szakemberekkel való mélyebb szakmai párbeszédet szolgálta a nemzetközi konferencián a témában tartott és publikált angol nyelvű előadásom Münchenben, 2024 novemberében.¹⁵

A STANAG 2021 nyolcadik kiadásának kritikai elemzését és a szabvány módosítására vonatkozó javaslataimat a Science & Military szaklapban tettem közzé.¹⁶

⁸ HAJÓS 2024c.

⁹ HAJÓS 2024b.

¹⁰ HAJÓS 2024e.

¹¹ HAJÓS 2025d.

¹² HAJÓS 2024a.

¹³ HAJÓS 2024d.

¹⁴ HAJÓS 2024g.

¹⁵ HAJÓS–GOSZTOLA 2024.

¹⁶ HAJÓS 2024f.

A kutatásom közben megjelent, új STANAG 2021 kiadást (a szabvány kilencedik változata) feldolgoztam, elemeztem és a változásokról részletes tanulmányban számoltam be.¹⁷ A szükséges módosításokat a már elvégzett kutatásomban átvezettem.

Az elvégzett kecskési kísérleti célú katonai próbaterhelésről három katonai műszaki szakcikken számoltam be magyar és angol nyelven¹⁸ és az eredményeket civil szakmai konferencián is publikáltam.¹⁹

1.5.2 Az értekezés felépítése

Az első fejezetben ismertettem a témaválasztásomat és annak körülhatárolását, megadva hipotéziseimet, kutatási céljaimat és az alkalmazott kutatási módszereimet.

A második fejezetben vizsgáltam a hidak helyzetét az infrastruktúrán belül, különös tekintettel a kutatási időszak alatt életbe lépett jelentős jogszabályi változásokra.²⁰ Elemeztem a katonai közlekedési követelményeket, honvédelmi szempontból szűk keresztmetszeteket és kockázatokat.

A harmadik fejezetben a hidak teherbírásértékelésére vonatkozó polgári és katonai műszaki szabályozásokat vizsgáltam és javaslatot tettem a szükséges katonai hídteherbírás paramétereire. E fejezetben bemutattam a katonai hídteherbírás jelölésére kidolgozott javaslatomat, továbbá katonai hídértékelésre vonatkozó mintaszámításokat készítettem, végül példákkal illusztráltam a próbaterheléssel kombinált erőtan ellenőrzéssel elérhető eredményeket.

A negyedik fejezetben a hidakat terhelő katonai dinamikus többlethatást elemeztem, aminek részeként kísérleti célú katonai próbaterhelést végeztem (1. ábra), bemutatva ennek folyamatát és eredményeit is.

¹⁷ HAJÓS 2025d.

¹⁸ HAJÓS 2025a; HAJÓS 2025b; HAJÓS 2025c.

¹⁹ HAJÓS 2025h.

²⁰ Lásd tételesen a 2.1.1 fejezetben.



*1. ábra: A kecskédi Által-ér-híd próbaterhelése Leopard 2A7HU harckocsival
2024. november 18-án²¹*

1.6 A kutatási téma körülhatárolása

Terjedelmi okokból kutatásomat a meglévő közúti hidakra szűkítettem, nem foglalkoztam új hidak tervezésénél figyelembe veendő katonai teherbírási igényszintekkel.

Kutatásomat a polgári rendeltetésű hídszerkezetekre szűkítettem, nem foglalkoztam katonai állandó és félállandó hidakkal, s különösen nem foglalkoztam egyéb katonai átkelési módokhoz tartozó szerkezetekkel (roham hidak, vetett hidak, úszó hidak stb.).

A közúti terhek vonatkozásában kutatásomban csak a jogszabály szerint túlsúlyos járművekkel foglalkoztam, így elsősorban a 40 tonna össztömeg feletti járművekhez kapcsolódó értékeléssel, de különösen is a meghatározó, nehéz eszközökkel (lánc talpas járművek esetében 60 tonna felett, kerekes járművek esetében 80 tonna felett).

²¹ Mák Dominik felvétele.

A katonai szabvány szerinti kerekes járművek mértékadó tengelyterhelése lényegesen meghaladja a magyar és európai polgári előírások szerinti legmagasabb tengelyterhelést (katonai legnagyobb tengelyterhelés 38,1 tonna, polgári legmagasabb tengelyterhelés 20,0 tonna²²). Terjedelmi okból nem foglalkozom az extrém tengelyterhelésnek a híd teherbírásértékelésre való kihatásával, tekintettel arra is, hogy az európai civil és katonai közlekedésben ezen tengelyterhelések nem jellemzőek.

Nem foglalkozom továbbá azzal, hogy a katonai szabvány szerinti teherbírás besorolás jellege ideiglenes vagy végleges-e.

Kutatásomban a hidak elemzése során a vizsgált támaszközt 100 méterben korlátoztam.²³

Az irodalomkutatást 2025 januárjában lezártam, ezt követően 2025 áprilisában befejeztem a kutatási résztémák kiértékelését, az eredmények feldolgozását, majd összeállítottam jelen dolgozatomat. A kéziratot 2025 augusztusában zártam le.

²² AEP-3.12.1.5 2024: A. melléklet; e-UT 07.01.12:2011.

²³ A magyar hídállománynak elenyésző hányada haladja meg a 100 m szabad nyílást, ezek jellemzően a Duna-hidak és a nagyobb Tisza-hidak. Az országos közutakon lévő hidaknak 0,34%-a tartozik ebbe a kategóriába.

2 MEGLÉVŐ KÖZÚTI HIDAK, MINT KRITIKUS INFRA- STRUKTÚRA ELEMÉK

2.1 Kritikus infrastruktúra – Kritikus katonai infrastruktúra

A kutatásom tárgya, a közúti hidak a közút eleme, tágabb értelemben az infrastruktúra részét képezi, így szükséges a hidak vizsgálata előtt bevezetésül a szakirodalom alapján a tágabb fogalmi rendszer rövid áttekintése. Ez elengedhetetlen ahhoz, hogy a meglévő közúti hidakat katonai szempontból is vizsgálni tudjuk.

Minden hídszerkezet része az infrastruktúrának. Egyes hidak jelentőségük és kijelölésük függvényében pedig részei lehetnek a kritikus infrastruktúrának, a katonai infrastruktúrának, mindkettő alkategóriába tartozás esetén pedig a katonai kritikus infrastruktúrának.

Kutatási időszakom egybeesett a kritikus infrastruktúrával kapcsolatos jogszabályok jelentős változásával. 2025. január 1-jei hatállyal új törvények és kormányrendeletek léptek érvénybe, átalakítva a korábbi szabályozást. Alábbiakban bemutatom a jogi (jogszabályi) szabályozást annak változásaival együtt, majd áttekintem a kritikus infrastruktúra tudományos (szakirodalmi) fogalmi rendszerét.

2.1.1 Jogi szabályozási háttér és annak 2025. január 1-jei változásai

E téma jogi környezetét szabályozó három alaptörvényre²⁴ épül a 2025. január 1-jétől hatályos, új kritikus infrastruktúra törvény, a 2024. évi LXXXIV. törvény a kritikus szervezetek ellenálló képességéről. A törvény hatálya kiterjed a kritikus szervezetekre, kritikus infrastruktúrákra,

²⁴ 2011. évi CXXVIII. törvény; 2021. évi XCIII. törvény; 2021. évi CXL. törvény.

valamint a közreműködő természetes és jogi személyekre, közigazgatási szervekre, érintett ágazatokra és szervezetekre.²⁵

Az új kritikus infrastruktúra törvény hatályba lépésével, 2024. december 31-ével a régi törvényt²⁶ és az ahhoz kapcsolódó végrehajtási rendeletet,²⁷ továbbá a kapcsolódó kilenc ágazati részletszabályozó kormányrendeletet²⁸ visszavonták.

Az új törvény végrehajtási kormányrendelete²⁹ vonatkozik a közlekedési ágazatra, így annak részét képező hidakra is, de ennek a kormányrendeletnek nem része a honvédelem, amit önálló kormányrendeletben³⁰ szabályoztak. Ez utóbbiban találhatóak a honvédelmi ágazatra vonatkozó különös szabályok mellett az egészségügy, gyártás, hulladékgazdálkodás, infokommunikáció, közigazgatás, logisztika, pénzügy és vízellátás szabályozása is.

Kutatási témámhoz nem tartozik szorosan, de említést érdemel, hogy a bemutatott jogi szabályozás megújításának részeként külön törvény jelent meg a kiberbiztonságról. Ennek oka, hogy korunk minden területét alapvetően befolyásolják az informatikai rendszerek, így érthető módon, szintén 2025. január 1-jével hatályosan új törvény³¹ és annak végrehajtási rendelete³² foglalkozik a kiberbiztonsággal.

Mint láthatjuk tehát 2025. esztendővel jelentősen változott a jogi szabályozás. A fenti új jogszabályok mellett három további, fontosabb miniszteri rendelet³³ is megjelent 2024-ben. Ezekben a kritikus szervezet ellenálló képességéért felelős vezető rendszeres továbbképzésére vonatkozó szabályok, a biztonsági osztályba sorolás követelményeiről, valamint az egyes biztonsági osztályok esetében alkalmazandó konkrét védelmi intézkedések és a nemzetgazdasági miniszter feladat- és hatáskörét érintően a nemzetbiztonsági ellenőrzés alá eső munkakörök meghatározása található.

A jogszabályváltozás jelentős központosítást hozott, jelentős feladatkört adva az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóságnak, mely általános kijelölő hatóság funkciót kapott. Több más

²⁵ 2024. évi LXXXIV. törvény: 1. § (2).

²⁶ 2012. évi CLXVI. törvény.

²⁷ 65/2013. (III. 8.) Korm. rendelet.

²⁸ 512/2013. (XII. 29.) Korm. rendelet; 540/2013. (XII. 30.) Korm. rendelet; 541/2013. (XII. 30.) Korm. rendelet; 359/2015. (XII. 2.) Korm. rendelet; 330/2015. (XI. 10.) Korm. rendelet; 246/2015. (IX. 8.) Korm. rendelet; 249/2017. (IX. 5.) Korm. rendelet; 161/2019. (VII. 4.) Korm. rendelet; 374/2020. (VII. 30.) Korm. rendelet.

²⁹ 474/2024. (XII. 31.) Korm. rendelet.

³⁰ 475/2024. (XII. 31.) Korm. rendelet.

³¹ 2024. évi LXIX. törvény.

³² 418/2024. (XII. 23.) Korm. rendelet.

³³ 59/2024. (XII. 23.) BM rendelet; 7/2024. (VI. 24.) MK rendelet; 18/2024. (VI. 10.) NGM rendelet.

változás mellett újdonság a biztonsági összekötő személy helyett bevezetett kritikus szervezet ellenálló képességért felelős vezető, szerepkörhöz rendelt képzéssel, nyilvántartással és felelősséggel (szankciókkal, bírságtételekkel).

2.1.2 Infrastruktúra

Az infrastruktúra³⁴ (alapszerkezet) mindazon termeléshez kapcsolódó eszköz, intézmény összessége, amelyek nem részei a közvetlen termelési folyamatnak, viszont annak nélkülözhetetlen feltételei. Így az infrastruktúra részének tekintjük ezek működtetéséhez szükséges módszereket és a működtetésben közreműködő személyzetet is.

Az infrastruktúra elemeit csoportosíthatjuk aszerint, hogy anyagi (kereskedelem, vendéglátás, idegenforgalom, áru- és személyszállítás, raktározás, hírközlés, ingatlanforgalmazás, gazdasági-üzleti szolgáltatás, logisztikai tevékenység, pénzügyi tevékenységek stb.), vagy nem anyagi jellegű (oktatás, tudományos tevékenység, kultúra-művelődés, egészségügyi ellátás, szociális ellátás, közigazgatási tevékenység, honvédelem, rend- és tűzvédelem, igazságszolgáltatás, érdekképviselési tevékenység stb.) szolgáltatásokhoz kapcsolódik.

Az ország közúti közlekedési infrastruktúrájának adott esetben legérzékenyebb pontjai lehetnek a hidak, amelyek esetleges teherbírasi elégtelensége jelentősen korlátozza a katonai mobilitást.³⁵

Erre példa hazánkban a II. világháború végéhez kapcsolódó hídpusztítás. Leromboltak az országos közúthálózaton 1424 hidat (összes Duna- és Tisza-hidat, az 50 m feletti hidak 90%-át).³⁶

Másik, időben közelebbi példa a NATO³⁷ 1999. évi, jugoszláviai bombázása, amikor az ország katonai és gazdasági megbénítása érdekében 40 nagynyílású közúti és 18 nagy vasúti hidat, közöttük számos Duna- és Száva-hidat romboltak le.³⁸

³⁴ Infrastruktúra és kapcsolódó fogalmi áttekintések KOVÁCS 2022 szerint.

³⁵ PADÁNYI 2004.

³⁶ TÓTH-HAJÓS 2022: 225.

³⁷ North Atlantic Treaty Organisation – Észak-atlanti Szerződés Szervezete.

³⁸ VUCKOVIC-VLAJIC 1999: II-4–II-7.

2.1.3 Kritikus infrastruktúra

Infrastruktúra részhalmaza a kritikus infrastruktúra, amelynek definíciója nem teljesen egységes tudományos (pl. hadtudományi szakirodalom) és jogi (pl. jogszabályok) területen.³⁹

A kritikus infrastruktúra, bár mindig is létezett, megfogalmazása és szóhasználata 1998-tól kezdett el terjedni az Amerikai Egyesült Államokból: „mindazon fizikai vagy virtuális rendszerek és berendezések, amelyek oly létfontosságúak az Amerikai Egyesült Államok számára, hogy azok korlátozása vagy megsemmisülése meggyengítő hatással lenne a nemzetbiztonságra és a nemzetgazdaság biztonságára, a közegészségre, közbiztonságra vagy ezek bármely kombinációjára.”⁴⁰

A Hadtudományi lexikon értelmezése szerint a „kritikus infrastruktúra (hivatalos elnevezése létfontosságú infrastruktúra) olyan eszköz, létesítmény vagy rendszer, vagy mindezek egyes eleme, amely elengedhetetlen a létfontosságú társadalmi feladatok folyamatos ellátásához, és amelynek kiesése e feladatok folyamatos ellátásának hiánya miatt jelentős következményekkel járna.”⁴¹

A magyar nyelvű szakmai irodalomban immáron két évtizede bevett és általánosan elfogadott, számos helyen hivatkozott definíciót Kovács Ferenc fogalmazta meg 2001-ben:

„A nemzeti, szövetségi és uniós infrastruktúra azon létfontosságú elemei, melyek jelentős károsodása, üzemzavara vagy megsemmisülése súlyos következményekkel járna a nemzet vagy a nemzetek biztonságára, a gazdaságra, a környezetre és közegészségre, illetve az egyes kormányok, az állam hatékony működésére.”⁴²

Ennek ágazatai az informatikai és kommunikációs rendszerek, a távközlés, a katasztrófavédelem, az energiatermelés és elosztás, a bank- és pénzügyi szektor, a vízellátás-közművek, a szállítás és közlekedés, a közegészségügy és az élelmiszerellátás. Magyarország esetében a 2024. évi LXXXIV. törvény 1. sz. melléklete alapján a következő gazdasági és államigazgatási elemeket soroljuk ide: infokommunikációs technológiák, közigazgatás, energiatermelés és

³⁹ KOVÁCS 2008.

⁴⁰ KOVÁCS 2006; KOVÁCS 2022.

⁴¹ KRAJNC 2019: 660.

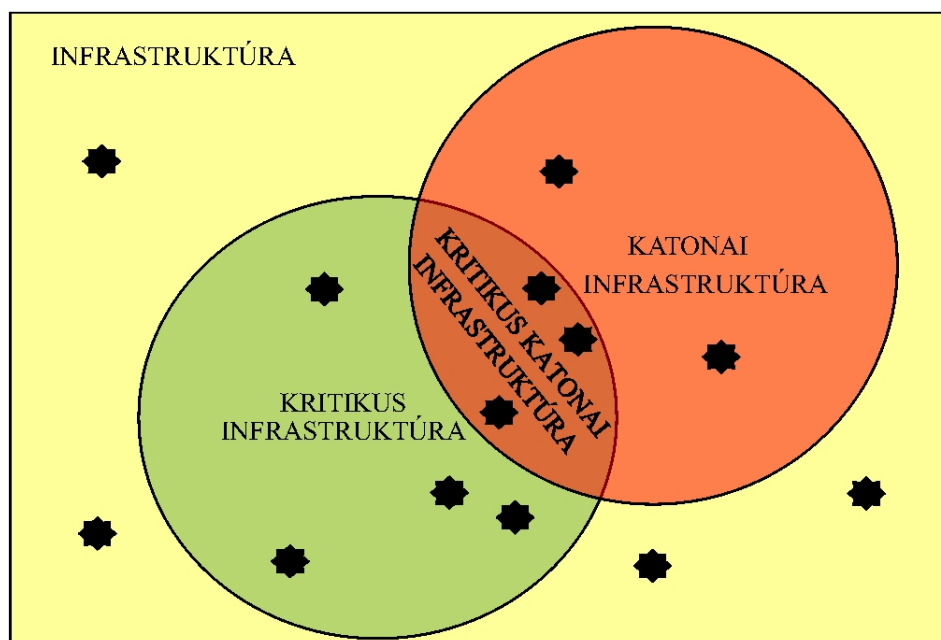
⁴² KOVÁCS 2005.

elosztás, közlekedés és szállítás, egészségügy, agrárgazdaság, pénzügy, víz: ivóvíz, szennyvíz-elvezetés.⁴³

2.1.4 Katonai infrastruktúra

Az infrastruktúra másik definiálható részhalmaza a katonai infrastruktúra. A Hadtudományi Lexikon definíciója szerint katonai infrastruktúra „hadszíntéren a fegyveres erők felvonulását, szétbontakozását, harctevékenységük folytatását és mindenoldalú biztosítását segítő (megkönnyítő) katonai és polgári létesítmények, objektumok és szervezetek összessége. A katonai infrastruktúra legfontosabb elemei: a csapatok elhelyezési, ellátó- és javítóobjektumai; a védelmi létesítmények; út-, vasút- és csővezeték-hálózat; híradó rendszer; életfeltételeket biztosító köz-ellátási és egészségügyi hálózat.”⁴⁴

A hazai szakirodalomban bevett és elterjedt definíció szerint: „A katonai infrastruktúra meghatározott katonai erő normatívák szerinti elhelyezéséhez, fenntartásához, mozgatásához, alkalmazásához és vezetéséhez szükséges folyamatosan működő, vagy zárolt katonai kezelésű létesítmények, területek, technikai eszközök és kommunikációs rendszerek összessége, melyhez hozzátartozik a létrehozói és üzemeltetői állomány szakmai tudása is.”⁴⁵



2. ábra: Közúti hidak az Infrastruktúra – Kritikus infrastruktúra – Katonai infrastruktúra – Kritikus katonai infrastruktúra halmazábrában⁴⁶

⁴³ KOVÁCS 2025.

⁴⁴ SZABÓ 1995: 644.

⁴⁵ KOVÁCS 2001: 26.

⁴⁶ Szerző szerkesztése.

Azon infrastruktúra elemeket, amelyek egyszerre tartoznak a kritikus infrastruktúra körébe és katonai infrastruktúra körébe is, kritikus katonai infrastruktúrának nevezzük.

A közúti hidak, mint infrastruktúra elemek részei lehetnek kijelölés esetén a kritikus infrastruktúra részhalmaznak, a katonai infrastruktúra részhalmaznak és így a kritikus katonai infrastruktúrának (2. ábra).

A kettős szempontú kijelölést az új 2024. évi LXXXIV. törvény és ennek végrehajtásáról szóló 475/2024.(XII.31.) Korm. rendelet lehetővé teszi és szabályozza ennek eljárásrendjét.

Az általános kijelölő hatóság a horizontális kritériumok,⁴⁷ valamint kormányrendeletben meghatározott esetekben ágazati szakhatóság bevonásával vizsgálja az infrastruktúra-elemek kijelölését. A döntés során vizsgálják a nemzeti ellenálló képességi stratégiát és kockázatokat, a közreműködők adatszolgáltatásait és állásfoglalásait, valamint mindazon körülményeket, amelyek kihatással vannak Magyarország társadalmi, gazdasági stabilitása, továbbá a biztonság, a környezet, a közegészségügy, a védelmi képességek és a nemzeti ellenálló képességi rendszer fenntartására.⁴⁸ „Az ország védelme és biztonsága szempontjából jelentős kettős kijelölésű szervezet kijelölése esetében a honvédelmi ágazati kijelölő hatóság a kijelölésről, a kijelölés fenntartásáról, a kijelölés visszavonásáról szakhatóság tájékoztatása mellett, de bevonása nélkül dönt.”⁴⁹

A 2025. január 1-jén hatályba lépett új magyar jogszabályi előírások teljes összhangban vannak az Európai Unió szabályozással és követelményekkel.⁵⁰

⁴⁷ Olyan ágazattól független szempont, amely alapján egy szervezet, eszköz, létesítmény – figyelemmel a kölcsönös függőségre, alternatív ellátási lehetőségekre, kritikus kitettségre, ellátási láncban betöltött szerepére – kritikus szervezetté, kritikus infrastruktúrává jelölhető ki. 2024. évi LXXXIC. törvény 3. § 17.

⁴⁸ Lásd 2024. évi LXXXIV törvény 7.§ bekezdéseit.

⁴⁹ 475/2024.(XII.31.) Korm. rendelet: 5.§ (3)

⁵⁰ Lásd (EU) 2022/2557 európai parlamenti és tanácsi irányelv; (EU) 2022/2555 európai parlamenti és tanácsi irányelv.

2.2 Közlekedés – Közúthálózat – Közúti hidak

2.2.1 Közlekedési követelmények

Az ország teljeskörű védelme és annak támogatása szempontjából alapvetően szükséges a fejlesztési irányok elemzése, aminek része a problémák megfogalmazása is. A védelem szempontjából kiemelkedő szerep jut a közlekedésnek, s annak részeként a közúti hidaknak.

Minden ország közlekedési hálózata, eszközparkja, a közlekedésben részt vevő szervezetei és a közlekedés rendszere alapvetően határozza meg a mobilitási képességét. A közlekedés alapvetően határozza meg a védelmi erők képességeit, akár veszélyeztetettségi vagy háborús körülmények, akár katasztrófahelyzetek közepette.⁵¹

A közlekedési rendszer védelme összetett feladat, amit jól tükröznek a kritikus infrastruktúrára vonatkozó hazai jogi szabályozások is. Ez adott esetben kiegészül Magyarország NATO-szövetségi tagságából fakadó, további infrastrukturális követelményekkel, ideértve a befogadó nemzeti támogatással kapcsolatos kötelezettségeket is. A hazai katonai erők és a szövetséges véderők mobilitási igényeit egyaránt biztosítani kell. Ezt illusztrálják és alátámasztják az elmúlt évek eseményei: a Magyar Honvédség átalakítása, haderőfejlesztése és az ehhez kapcsolódó jelentős katonai közlekedési igények, a Magyarország területén szervezett, nemzetközi hadgyakorlatok, országunkon áthaladó, szövetségi csapatmozgásokhoz és az ukrán–orosz háborúhoz kapcsolódó katonai tranzitszállítások.

A közlekedési hálózatnak egyszerre kell szolgálnia polgári és katonai célokat. Többségében egyazon közúti infrastruktúrát használ a civil és a katonai közlekedés is, ezért a közúti infrastruktúra alapvetően kettős rendeltetésű. Az országon áthaladó tranzitszállítások jellemzően azonos hálózati elemeket terhelnek mind polgári, mind katonai közlekedés esetén. A közlekedési rendszerek döntő többsége polgári kezelésben és üzemeltetésben van, így elengedhetetlen ezen a területen is a civil-katonai együttműködés és feladatmegosztás. A katonai közlekedés a polgári rendszerekre és kapacitásokra támaszkodik. Így hazánk közlekedéspolitikájának hangsúlyosan része kell legyenek a védelmi feladatokhoz kapcsolódó prioritások.

⁵¹ KOVÁCS–HAJÓS 2025.

2.2.2 A közlekedésfejlesztésről – a közúti hidak tükrében

Az elmúlt időszak megvalósult és jelenleg épülő hazai közlekedésfejlesztési beruházásai alapvetően a polgári célok alapján lettek megfogalmazva, ugyanakkor ezek természetesen egyúttal szolgálják a katonai célokat is. Így jelentős eredménynek számítanak az új hálózati elemek megépítése, ami egyszerre javítja a kapacitást, növeli a hálózat teherbírását és fokozza a redundanciát, ez utóbbi hálózati szinten növeli a védelmi potenciált is. Ugyanakkor mindenképpen erősíteni kell a kifejezetten honvédelmi célú fejlesztési szempontok érvényesülését. A közlekedési rendszerek rezilienciája⁵² közvetlenül hat a katonai közlekedési képességekre.

A négy közlekedési ágazat, a közúti, a vasúti, a vízi és a légi közlekedés egységes, egymást erősítő rendszert kell alkosson. Védelmi szempontból ezek együttes elemzése szükséges a stratégiai célok megfogalmazásával. A hazai közlekedési fejlesztések katonai érvényesülésének mértékét jól dokumentálja a két évtizede, 2004-ben készített átfogó közlekedésfejlesztési tanulmány,⁵³ amely elemzi a magyar közlekedési infrastruktúra komplex megfelelőségét katonai szempontból, kiemelten foglalkozva a tranzit jellegű szállítási feladatokkal, a két nagy katonai gyakorlótér közlekedési feltételeivel és a katonai repülőterek közúti kapcsolataival. A tanulmány egyúttal azonosította a négy közlekedési alágazat hiányosságait, gyengeségeit, és konkrét fejlesztési feladatokat határozott meg.

Noha a 2004. évi tanulmány készítése óta eltelt bő két évtized alatt jelentős külpolitikai változásokat értünk meg, az abban megfogalmazottak ma is teljesen aktuálisak, érvényesek.

Kutatási témám az összefüggő közlekedési rendszereknek egyetlen elemére szorítkozik, a közúti ágazat részét képező, meglévő közúti hidakra.

A magyarországi közúti közlekedés alaphálózatát az országos közutak képezik, melyet kiegészítenek az önkormányzati kezelésben lévő helyi közutak. Az országos közúthálózat teljes hossza 32 522 km, kezelője a Magyar Közút Nonprofit Zrt. és a gyorsforgalmi utakat üzemeltető koncessziós társaságok.⁵⁴ Az országos közutak felügyelete az Építési és Közlekedési Minisztériumhoz tartozik. A helyi közutak kezelése a területileg illetékes önkormányzathoz

⁵² Az új jogszabályi szóhasználatban megjelent külföldi átvételből a reziliencia, ami összefoglaló fogalomként értendő esetünkben az infrastruktúra ellenálló képességére, a rendszer rugalmasságára és alkalmazkodó képességére bármilyen körülmény mellett.

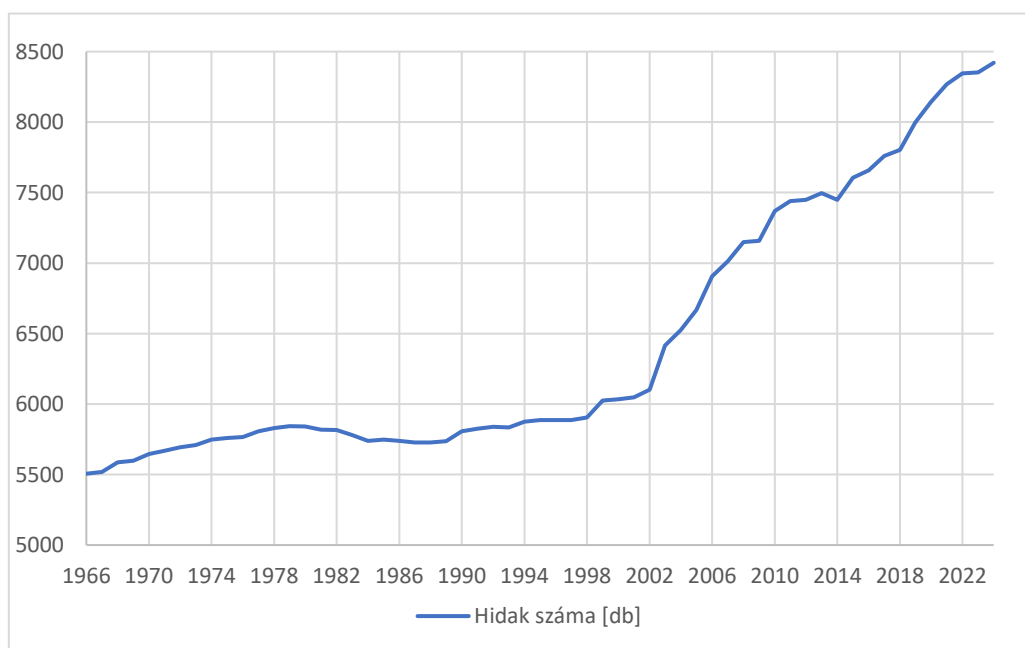
⁵³ KOVÁCS 2004.

⁵⁴ Jelenleg öt társaság: A-Way Zrt.; M6 Duna Autópálya Koncessziós Zrt.; M6 Tolna Autópálya Koncessziós Zrt.; Mecsek Autópálya Üzemeltető Zrt.; MKIF Infrastruktúra Üzemeltető Zrt.

tartoznak, 185 757 km hosszú közúthálózattal. A helyi közutak felügyelete a Belügyminisztériumhoz tartozik.⁵⁵

A közúti közlekedésfejlesztés tendenciáit és eredményeit az elmúlt két évtized tükrében mutatom be, elsősorban a hidakra összpontosítva.

Az országos közúthálózaton 2004-ben 6525 híd, 2024-ben 8421 híd állt, beleértve a Magyar Közút Nonprofit Zrt. kezelésében lévő 137 db kerékpáros és gyalogos hidat is.⁵⁶ A jelentős állománygyarapodás (20 év alatt 1896 híd, azaz évente 95 híd) oka dominánsan a gyorsforgalmi úthálózat fejlesztése. Az autópályák, autóutak és elkerülő útszakaszok 2000-es években elindult, nagy ütemű építésének hatását tükrözi a hidak számának 1966 és 2024 közötti növekedését ábrázoló grafikon (3. ábra).



3. ábra: Az országos közúti hidak száma 1966-tól 2024-ig⁵⁷

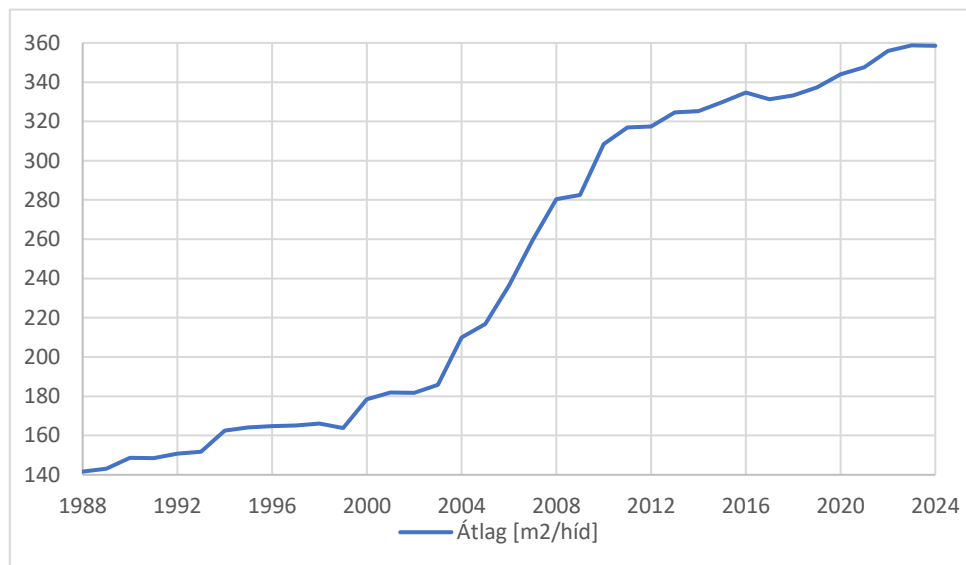
A gyorsforgalmi úthálózaton tipikusan szélesebb és jelentősen hosszabb hidak épültek, mint a meglévő hídállomány. Ez a hídérték ugrásszerű növekedését, a nagyobb szélesség miatt katonai szempontból kedvezőbb teherbírást, ugyanakkor ártó célú támadással szemben nagyobb

⁵⁵ HAJÓS 2024a: 231.

⁵⁶ Katonai közlekedés szempontjából releváns $8421 - 137 = 8284$ db közúti híd.

⁵⁷ Szerző szerkesztése. KOVÁCS–HAJÓS 2025.

sérülékenységet eredményez. Két évtized alatt mintegy kétszeresére nőtt a hidak átlagos felülete (4. ábra).



4. ábra: Az országos közúti hidak átlagos felületének növekedése 1988-tól 2024-ig⁵⁸

Az elmúlt két évtizedben épült meg az M0 Budapest körüli körgyűrű keleti és északi szektora, az M3 Görbeháza és Vásárosnamény közötti szakasza, az M5 Kiskunfélegyháza és az országhatár közötti szakasza, az M7 Zamárdi és országhatár közötti szakasza, az M31, az M30, az M35, az M4, az M44, az M6, az M60, az M70, az M80, az M8, az M85, az M86 és az M9 gyorsforgalmi utak, illetve ezek szakaszai, továbbá megvalósult az M0 körgyűrű régi szakasza-inak fejlesztése, az M15 és az M2 autópályává fejlesztése, valamint az M7 régi szakaszainak fejlesztése is.

A bemutatott 20 éves időszakban öt új közúti Duna-híd épült: szekszárdi Szent László híd (M9), Megyeri híd (M0 észak), Deák Ferenc híd (M0 dél, jobb pálya szerkezete), komáromi Monostori híd, valamint Paks és Kalocsa közötti Tomori Pál híd. Napjainkban építés alatt van egy újabb Duna-híd (Mohács). Hasonló arányban épültek új Tisza-hidak is, ideértve a korszerű paraméterekkel teljesen átépített vásárosnaményi II. Rákóczi Ferenc Tisza-hidat is.

Ugyanakkor a nagyszámú új híd mellett igen kevés meglévő híd épült át, ami a közúti hídállomány rohamos öregedését okozza.

⁵⁸ Szerző szerkesztése.

A 2004-ben készített tanulmányban⁵⁹ katonai szempontból kritikusnak ítelt 26 konkrét közúti hídszerkezetről megállapítható, hogy 17 ma is problémásnak minősül.⁶⁰ Ez is igazolja, hogy bár ezen időszakban szinte soha nem látott ütemben bővült a magyar közúthálózat, azonban a meglévő hidakra a szükségesnél lényegesen kevesebb forrás jutott.

A katonai szempontból is hasznosak a megépült gyorsforgalmi utak,⁶¹ de az alárendelt utakon álló hidaknak is nagy jelentősége van. A gyorsforgalmi hálózat fejlesztése nem tudja helyettesíteni az alárendelt utakon lévő elégtelen állapotú, elsősorban kis teherbírású hidak fejlesztését. Ezek teherbírása, mint a katonai közlekedés adatbázisában elsődleges számú paraméter meghatározhatja a mozgási irányokat, mind a nemzeti, mind a szövetségi haderőknél.

Stratégiai cél kell legyen, hogy a beazonosított hídszerkezetek erősítései vagy átépítései prioritást kapjanak, mint kritikus katonai infrastruktúra-elemek.

2.3 Közúti hidak katonai igénybevétele

2.3.1 Katonai igények egykor és ma

A közlekedés és a hadászat egymástól elválaszthatatlan. Kontinensünkön erre a közúti ágazatot tekintve kiváló ókori példa a Római Birodalom úthálózata, ami alapjául szolgált a hadviselésnek is és a gazdasági működésnek is. A római úthálózat emlékei bizonyítják az ókori birodalom katonai utászainak kiváló teljesítményét.⁶²

Az utak legérzékenyebb pontjai a természetes akadályoknál épített hidak, amelyeknek megépítése jellemzően lényegesen nagyobb műszaki kihívást jelent az utak folyópálya szakaszához képest. Szélesség, átbocsátó képesség és teherbírás vonatkozásában is a közúthálózatra nézve meghatározóak a hidak. Továbbá tipikusan a hidak az úthálózat legsérülékenyebb elemei is.

A hídépítés története szorosan összefügg a hadtörténelemmel is. A római utak említését követően röviden megemlékezem ezen időszak két meghatározó hídjáról is.

⁵⁹ KOVÁCS 2004.

⁶⁰ KOVÁCS–HAJÓS 2025.

⁶¹ A gyorsforgalmi úthálózat hossza összesen 2 429,7 km, melyből 1 324,3 km autópálya, 559,1 km autótűt, és 546,3 km autópálya vagy autótűt csomóponti ága. Az állami közúthálózatról 2025.

⁶² BÖDÖCS 2020: 1.

Julius Caesar, Gallia meghódítása után fa hadihidat épített a Rajnán elsősorban azért, hogy ráijesszen a germánokra, hogy hadseregének nem akadály a sebes vízű folyó.⁶³ Saját beszámolója szerint a híd Kr. e. 55-ben tíz nap alatt épült meg, majd a hadserege átvonult rajta. 18 nappal később Caesar visszatért Galliába és lebontotta a hidat.⁶⁴ Hídépítésével is beírva nevét a had- és hídtörténelembe. Két évvel később a hídépítést megismételte,⁶⁵ szintén elsősorban demonstratív jelleggel, hogy biztosítsa Gallia határát a germán betöréssel szemben.

Másik híres ókori hidat a Dáciát meghódító Traianus császár építette az Al-Dunán a mai romániai Turnu Severin (Szörényvár) és a szerbiai Kladovo között. A rendkívül gyorsan, Kr. u. 103 és 105 között épült híd 1135 m hosszú volt, a rekonstrukciók szerint 33 m-es nyílásokkal.⁶⁶

A közúthálózat építését és annak részeként a hidak építését, mikor jobban, mikor kevésbé határozták meg a katonai célkitűzések az adott térség aktuális céljainak megfelelően. Erre a fentiekben túl számos példa hozható a világtörténelemből.

Az elmúlt évtizedekben Magyarországon a fejlesztések elsősorban a polgári szempontokat követték, de mutatok arra is példát, mikor egy beruházás elsősorban katonai célokat szolgál. Erre a leglátványosabb példa a Krím orosz annektálását követően rekord gyorsasággal megépített Krími híd a Kercsi-szoros felett. A 18 km hosszú műtárgy két párhuzamos, vasúti,⁶⁷ illetve közúti⁶⁸ közlekedést szolgáló hídszerkezetből áll. Másik aktuális példa két épülő határhídra: Jelenleg Románia és Ukrajna között új Tisza-határhíd⁶⁹ épül, Románia és Moldova Köztársaság között pedig új Prut-határhíd.⁷⁰ Mindkét hídszerkezet kétszer két közúti forgalmi sávossal keresztszettel épül meg, ami bizonyára hosszútávon elegendő közúti kapacitást biztosít. A hosszú távra tervezett, nagy teherbírású és széles hidak jelentékenyen szolgálhatják a katonai mobilitási célokat is.

A katonai igénybevételnek elválaszthatatlan része a katonai prioritású hídfejlesztések mellett a hidak egységes katonai teherbírásértékelése, ami disszertációm fő témája.

⁶³ FARKAS 2013: 95-96.

⁶⁴ CAESAR 1964: Negyedik könyv 18-19.

⁶⁵ CAESAR 1964: Hatodik könyv 9.

⁶⁶ FLOREA–IONESCU 2012: 72-79.

⁶⁷ Crimean Bridge (Rail) <https://structurae.net/en/structures/crimean-bridge-rail> (letöltve: 2025. 04.30.)

⁶⁸ Crimean Bridge (Road) <https://structurae.net/en/structures/crimean-bridge-road> (letöltve: 2025.04.30.)

⁶⁹ SZ. KÁRPÁTHY 2025.

⁷⁰ ZSIZSMANN 2025.

2.3.2 Meglévő közúti hidak rezilienciája katonai igénybevétel esetén, kockázati tényezők

A közúthálózat működőképességének érzékeny pontja minden híd. A híd károsodása, tönkremenetele vagy rombolása a hálózatban jelentős zavart tud okozni. Hidakra is igaz az az infrastruktúra elemekre vonatkozó állítás, hogy sokszor csak akkor vesszük észre fontosságukat, mikor hiányuk zavart okoz.

Katonai szempontból a hidak érzékenységet, rezilienciáját két fő csoportra oszthatjuk: teherbírás és sérülékenység.

A teherbírás azért tekinthető kritikus paraméternek katonai szempontból, mert a civil járműveknél lényegesen nehezebb katonai járművek mobilitását kell biztosítani. A katonai közlekedésben szinte alapeset az egyedi elbírálást igénylő különleges szállítások, a túlsúlyos, túlméretes járművek közlekedése.

A közúti közlekedésnek speciális esete a túlsúlyos járművek közlekedése. Erre szükség van katonai és polgári célból egyaránt. A túlsúlyos jármű útvonalának kijelölésekor kiemelt vizsgálandó szempont az érintett hidak teherbírása.⁷¹

Katonai nehéz haditechnika mozgatása minden esetben túlsúlyos szállításnak minősül. A katonai mobilitásban nagy számú és jellemzően gyors hídértékelés szükséges a szállítások szervezésekor. A magyarországi országos közúthálózaton összesen 8284 híd áll, a helyi közutakon lévő hidak becsült száma 6000. A túlsúlyos járművek közlekedéséhez tehát összesen mintegy 14 000 híd teherbírási ellenőrzésére lehet szükség.⁷² A nagy hídállomány katonai teherbírás értékelése hatékonyan gyorsítható közelítő eljárások kidolgozásával, típus hídszerkezetek ellenőrzésével. Kutatásom erre vonatkozó javaslatait tartalmazza a 3.4 fejezet.

A közúti szállítások szervezésekor elsősorban a magasabb rendű úthálózati elemeket preferáljuk (pl. autópályák). Az indulási és érkezési hely sokfélesége miatt azonban mindenképpen használni kell az alacsonyabb rendű úthálózatot is és az azokon álló hidakat. Továbbá egy híd bármilyen okból eredő teherbírasi elégtelensége esetén legegyszerűbb kerülőút keresése, ami jellemzően alacsonyabb rendű úthálózat használatot eredményez. Nem elégséges tehát csak a főbb utakra (pl. gyorsforgalmi hálózat és főutak) szűkíteni a hidak teherbírás értékelését. Teljes

⁷¹ HAJÓS 2024a.

⁷² HAJÓS 2024: 232.

értékű eredménynek csak az országos állomány teljes teherbírásértékelése tekinthető, így csak ez lehet az elérendő célállapot.

A meglévő közúti hidak másik kockázati tényezője a hídszerkezet meglévő károsodása és esetlegesen várható károsodása akár állapotromlás, akár ártó célú támadásból eredően. Nem kétséges, hogy háború esetén a közúti és vasúti hidak is közvetlen célpontnak számítanak.

A hidak teherbírásértékeléséhez ismerni kell a szerkezet aktuális állapotát. Az ehhez szükséges adatok elsősorban az adott híd kezelőjénél találhatóak meg. Katonai teherbírás értékeléskor lehetséges, hogy nincs elegendő lehetőség, elsősorban idő arra, hogy a besorolást végző személy részletes adatokat gyűjtsön. A károsodás jellege lehet szemrevételezéssel jól észlelhető (pl. a főtartó mechanikai sérülése), de lehet rejtett hiba (alapozási elégtelenség, kimosódási veszély vagy az alapanyag kis szilárdága stb.).

Az országos közúti hidak adatbázisában⁷³ a közútkezelők sok hasznos adatot tárolnak, de ezek közül egyik sem jelöli egyértelműen azt, hogy az adott híd teherbírása bármilyen okból veszélyeztetett vagy kritikus lenne.⁷⁴

Mivel a meglévő hidak katonai teherbírás értékelése nagy mennyiségben szükséges, a besorolással járó szakmai kockázat minimalizálása érdekében javaslom a hídnyilvántartást egy adatmezővel kiegészíteni, ami felhívhatja a besorolást végző személy figyelmét arra, hogy a híd teherbírása bármilyen szempontból veszélyeztetett vagy kritikus lehet. E kockázat jelölésén túl további hasznos segítséget adhatna katonai teherbírásértékeléshez, ha a kockázathoz lehetne rendelni egy százalékos csökkentő tényezőt is.

A javasolt kritikus megjelölésre mutat példát a 5. ábra. A 85 m hosszú, háromnyílású, monolit vasbeton híd alsó övének korróziós károsodása igen előrehaladott, a főtartóról hosszú szakaszon lehullott a betontakarás, elkorrodált az összes betonacél kengyel, a nagyátmérőjű betonacél fővasalás betonba ágyazása megszűnt, s a hozzáférhető betonacélokat illetéktelenek elkezdtek lefeszegetni és ellopni. Nyilván a katonai teherbírás értékelésnél létfontosságú a vázolt károsodás alapos ismerete, amit hatékonyan támogatna a nyilvántartásban erre vonatkozó figyelemztető adatmező.

⁷³ Országos Közúti Adatbank, Híd alrendszer. Program tulajdonosa a Magyar Közút Nonprofit Zrt.

⁷⁴ Ide nem értve a híd érvényes súlykorlátozását, ami nem jelenti a teherbírásának kritikusságát, csak a teherbírás mennyiségi elégtelenségét.



5. ábra: Súlyosan károsodott monolit vasbeton főtartós közúti híd⁷⁵

A magyarországi hídállományból számos, további példa hozható arra, hogy a kritikus teherbíráshoz kapcsolódó megjelölés hasznos volna. (További példák: Cölöpösszefogó alatti kimosódás, ami csak búvárvizsgálattal ellenőrizhető. Fáradt főtartó repedés. Ütközési károsodás. Alapsúlylyedés.)

Az ártó szándékú hídrombolás eredményezheti a híd részleges károsodását és teljes tönkremenetelét is. A híd szerkezeti rendszere alapvetően befolyásolja a támadással szembeni sérülékenységét. Vannak hidak, amelyek könnyen, gyorsan rombolhatóak és vannak, amelyek a külső támadásokkal szemben ellenállóbbak. Előbbire tipikus példa a függőhidak. Egy függőhíd lehet óriási szerkezet, akár világrekord nyílással⁷⁶, a főtartó kötél egy ponton való elszakítása a teljes híd azonnali és végérvényes pusztulását okozza. Utóbbira példák a monolit vasbeton hídszerkezetek, ideértve az előregyártott hídgerendás vasbeton hidakat is.

Javaslom egy további, új adatmezővel a hídnyilvántartásban jelölni a szerkezeti rendszer sérülékenysége szempontjából érzékeny hidakat, segítve a katonai értékelést. (Szerkezeti rendszerük miatt tipikusan érzékenyebb valamennyi kábel szerkezet, a csuklós hidak, a karcsú acélszerkezetek, az egy- és kétfőtartós acélhidak.)

⁷⁵ Szerző felvétele.

⁷⁶ Legnagyobb magyar függőhíd az 1964-ben átadott Erzsébet híd 290 m-es főnyílással. Jelenleg világrekord nyílású függőhíd a 2023 m nyílású, törökországi 1915 Çanakkale híd a Dardanellák felett.

A különböző szerkezeti rendszerű hidak eltérő érzékenysége jó példa az újvidéki Duna-hidak 1999. évi támadása. Míg a ferdekábeles szerkezetű, 351 m főnyílású Szabadság híd (Мост слободе) katonai szempontból terv szerint, az első támadásra azonnal a hullámsírhoz zuhant 1999. április 3-án,⁷⁷ a robosztus monolit vasbeton, alsópályás ívhíd rendszerű, közúti-vasúti Žeželj híd (Мост Жежељев) 211 és 166 m támaszközü főnyílásai 1999. április 5-ei, és 21-ei támadás ellenére csak április 25-én, a harmadik támadáskor⁷⁸ hullottak a Dunába.⁷⁹

A meglévő közúti hidak legfontosabb kockázati tényezői a katonai felhasználás szempontjából:

- katonai támadás, terrorcselekmény,
- rejtett, ismeretlen hídkárosodás,
- hídnilyántartási hiba,
- híd túlterheléséből származó károsodás,
- árvíz.

⁷⁷ VUCKOVIC–VLAJIC 1999: II-19.

⁷⁸ VUCKOVIC–VLAJIC 1999: II-17.

⁷⁹ HAJÓS 2025e.

3 A KÖZÚTI HIDAK KATONAI ÉS CIVIL TEHERBÍRÁSÉRTÉKELÉSÉNEK RENDSZERE

3.1 A hatályos műszaki szabályozások története, vizsgálata és problémái⁸⁰

3.1.1 A polgári műszaki szabályozásról

Hazánkban a legelső, közúti hidak tervezésére vonatkozó előírás 1910-ben jelent meg.⁸¹ Természetesen ennek megjelenése előtt is voltak előírások a hidak teherbírására vonatkozóan, azonban egységes, országos alkalmazás ezzel a jogszabályként megjelenő Közúti Hídszabályzattal kezdődött.

Az 1910 előtti időszak hasznos teherszintjét a katonai szállítási igények (társzekerek, ágyúk) határozták meg. 1910-től, mint látni fogjuk, 1950-ig a méretezés alapja a polgári közlekedési igényekből származó gőzeke volt, mint mértékadó, legnehezebb járműteher. A katonai járművek tömege a motorizációval rohamos növekedést mutatott, mégis, ezek a Közúti Hídszabályzatban érdekes módon az igényhez képest jelentős késéssel, csak a második világháború után jelentek meg.

Az első hídszabályzat hasznos járműterhelése a 20 tonna össztömegű gőzeke volt. Vizsgálandó egyenletesen megoszló teherként az elsőrendű hidakra a szabályrendelet 400 kg/m^2 terhet írt elő, ami nem volt egyidejű a gőzekével. Korábban a hidak méretezése csak egyenletesen megoszló teherre történt, amelynek mértéke bizonyosan katonai igényekre vezethető vissza. Mint a legújabb kutatásokból ismeretes, a Széchenyi lánchidat 1839-ben 62 font/négyzetláb, azaz $302,7 \text{ kg/m}^2$ egyenletesen megoszló terhelésre méretezte⁸² William Tierney Clark, ami akkor kifejezetten nagy teherbírási tartalékot eredményezett, hiszen a később mértékadó gőzekék jellemző össztömege 1880-ban 8 tonna, 1890-ben 16,8 tonna volt.⁸³

⁸⁰ A fejezet HAJÓS 2024c és HAJÓS 2024a nyomán készült.

⁸¹ 33.034/1910 K. M. rendelet; BALÁZS–KOVÁCS–TÓTH 1991.

⁸² CLARK 2022: 22.

⁸³ DOMANOVSKY et al. 2009: 140.

Az első szabályzatban is szerepelt már dinamikus tényező, amivel a járműterheket kellett felszorozni, de igen egyszerűen, a támaszköztől függetlenül ennek nagyságát az előírás vas- és acélszerkezet esetében $\mu = 1,4$ tényezővel, vasbeton szerkezet esetében pedig $\mu = 1,3$ tényezővel rögzítette.⁸⁴

1935-ben jelent meg a második Közúti Hídszabályzat „ideiglenes” jelzővel.⁸⁵ A hasznos terheket alapvetően érintetlenül hagyva, a budapesti Duna-hidakra vonatkozóan megemelték az egyenletesen megoszló teher értékét 400-ról 450 kg/m²-re, az óbudai és a Boráros téri, új Duna-hidak tervezési tapasztalataira tekintettel.⁸⁶ Ekkor vezették be a támaszköztől függő dinamikus tényezőt.

A következő, sorrendben harmadik Közúti Hídszabályzat, szintén „ideiglenes” jelzővel már a második világháború után, 1950-ben jelent meg.⁸⁷ Ebben az előírásban megjelent a katonai közlekedési igényeket megtestesítő 60 tonna össztömegű hernyótalpas traktor, e szóhasználattal szemérmesen kerülve a „harckocsi” szót. Ugyanekkor ismét csökkentették a dinamikus tényező értékét.

Ezzel a katonai teherbírási igény lett ismét a meghatározó a közúti hidak méretezésében, egészen napjainkig. A polgári szállítás ekkor mértékadó karakterisztikus értéke ettől a teherszinttől messze elmaradt. A polgári közúti szállításban mértékadó igényeket jól mutatja, hogy a második világháború utáni első budapesti Duna-híd, a Kossuth híd 16 tonnás ideális járműre és 300 kg/m² megoszló terhelésre épült (1946), ezzel kielégítve az újjáépítéshez kapcsolódó szállítási igényeket. A következő Duna-hidak (Szabadság híd – 1946, Margit híd – 1948, Lánchíd – 1949) az 1935. évi előírások szerint épültek újjá.⁸⁸

A polgári teherbírási igények változását jól tükrözi a közúti hidak megfelelőségének értékelése. Az 1973-ban készült követelményrendszer rövid távú célként csak a B-jelű, azaz 40 tonnás teherbírási célt fogalmazta meg a főúti hidakra, s még 1989-ben a kisebb forgalmú utak esetében megengedett ennél kisebb célértéket.⁸⁹

⁸⁴ A dinamikus tényezővel részletesen a 4. fejezetben foglalkozom.

⁸⁵ KHSZ 1935.

⁸⁶ ZSÁMBOKI 2007: 122.

⁸⁷ KHSZ 1950.

⁸⁸ PÁLL 2007: 137–158.

⁸⁹ APÁTHY–TÓTH 1990.

A katonai igényből származó méretezési alapteher megállapításának körülményei a szakirodalomban nem ismeretesek, amit magyaráz e téma kiemelt titkosítása. Az 1950. évi hídszabályzat és az azt követő előírások legnagyobb közúti járműterhei egymással szoros rokonságot mutatnak a ma is hatályos közúti hídtervezési előírásig, az Útügyi Műszaki Előírásig.⁹⁰

Az 1950. évi előírás legnagyobb járműterhe a 60 tonnás hernyótalpas traktor volt. A lánctalp felfekvésének hossza 4,60 m volt. Ezzel egyidejű megoszló terhelést nem kellett alkalmazni, de a hasznos teher biztonsági tényezője igen magas, 1,5 volt.

Az 1956. évi szabályzatban a legnagyobb teher alapértéke maradt 60 tonna, de ezt már nem lánctalpas járműként, hanem háromtengelyes teherként kellett figyelembe venni 20–20–20 tonna tengelyterheléssel és 1,50–1,50 m tengelytávolsággal.⁹¹ Továbbá e járművel egyidejű megoszló terhelést is előírtak 300 kg/m² értékkel. Bizonyára nem véletlen, hogy a 60 tonnás járműteher teljesen azonos az ellenséges, nyugat-német DIN 1072 szerinti teherrel. Azonban a katonai cél ekkor bizonyosan már az ennél nagyobb, csak a következő szabályzatban megjelenő 80 tonnás teher bevezetése volt. Ennek érdekében az 1956. évi szabályzat a teherbírás igazolásánál az 1,4 értékű biztonsági tényező mellett előírt egy 1,1 értékű rendeltetési tényezőt, amivel növelni kellett a teljes hatásoldalt, az állandó és hasznos terheket is. Ennek köszönhető, hogy a későbbi 80 tonnás járműteher nem okozott érdemi teherbírasi igénytöbbletet.⁹²

Az 1950. és 1956. évi szabályzat szerinti terhek eredete, meghatározásának módja, indokai további kutatás céljai lehetnek. 1956-ban lényegében a ma is használatos 80 tonnás teher bevezetése volt a katonai cél, amit a hidegháborús titkolózás jegyében igyekeztek az ellenséges szemek elől elrejteni, s a DIN-nel azonos 60 tonnásnak „mutatni”.⁹³

A következő, azaz 1967. évi hídszabályzatban jelent meg nominálisan a 80 tonnás jármű, mint alapteher.⁹⁴ Ennek bevezetéséről is csak néhány egészen szűkszavú irodalom ismeretes.⁹⁵ A legtöbbet a teherszint eredetéről Apáthy Árpád cikkéből⁹⁶ tudhatunk meg. Írásában kijelenti: „a KGST⁹⁷ ajánlást fogadott el a nemzetközi útvonalakon lévő hidak 80 Mp súlyú, 4 tengelyes

⁹⁰ e-UT 07.01.12: 2011.

⁹¹ KHSZ 1956.

⁹² TRÄGER 1968.

⁹³ Dr. Träger Herbert nyugalmazott minisztériumi közúti hídosztályvezető (1927–2022) személyes visszaemlékezése, a szerzőnek adott szóbeli tájékoztatása alapján.

⁹⁴ KHSZ 1967.

⁹⁵ APÁTHY 1968a.

⁹⁶ APÁTHY 1968b.

⁹⁷ Kölcsönös Gazdasági Segítség Tanácsa

járműre, illetve 30 Mp súlyú járművekből álló 10 m követési távolsággal összeállított gépkocsioszlopra való méretezésre”. A KGST szerinti követelményeket az 1956. évi szabályzat ténylegesen kielégítette, de névlegesen azonban nem. A névleges megfelelés teljesült a 80 tonnás alapterherrel és azzal egyidejű 400 kg/m^2 megoszló teher bevezetésével.

Ezzel elérkeztem a ma is hatályos teherszinthez, ugyanis az elmúlt bő fél évszázadban csak kisebb finomhangolások történtek a járműteher vonatkozásában. Ilyen volt a 80 tonnás jármű alatti terület kivonása az egyidejű egyenletesen megoszló terhelésből, az egyidejű megoszló terhelés szintjének differenciálása a kocsi pályára szélességének függvényében és a 80 tonnás jármű hídszegély melletti elhelyezésének részletszabályozása.

Eddig mindegyik szabályzat esetében csak a legnagyobb terhelési osztályt vizsgáltuk. Az 1950. évi szabályzat ötféle, az 1956. évi négyféle, az 1967. évi háromféle terhelési osztályt adott meg. Ez a választék már az ÚME-k korszakában a legutóbbi változtatásnál⁹⁸ jogilag kettőre, gyakorlatilag azonban néhány marginális esetet nem számítva egyre, mégpedig a legnagyobb, A-jelű 80 tonnásra szűkült.

Hazánk az európai uniós csatlakozással kötelezettséget vállalt az egységes európai méretezési szabványcsalád, az Eurocode bevezetésére. Az elmúlt időszakban ennek tényleges bevezetését a közúti hidász szakma kétszer elkerülte.⁹⁹ A több éves, összetett előkészítő munka gyümölcseként új, ÚME-ként megjelenő közúti hídtervezési előírás megjelenése előtt vagyunk, ami azonban ténylegesen tartalmazni fogja az Eurocode szerinti részletes előírásokat, természetesen beleértve a hasznos járműterheket is. Az Eurocode hasznos tehersémáját azonban nyugat-európai közúti forgalmi mérésekből statisztikai alapon származtatták, tehát az Eurocode alapterhei polgári eredetűek.

A hídtervezés alapjául szolgáló járműterhek katonai vagy polgári eredete a katonai és polgári közúti közlekedés fejlődésdinamikájának eredménye. Mint láttuk, 1910 és 1950 között szintén polgári eredetű alapterhet használtunk a hidak méretezéséhez. E paradigmaváltás természetes része a változó igények kiszolgálásának, azonban kiemelten fontos a változás folyamatának megismerése és minden körülmény megfelelő súlyú mérlegelése, s mivel egyazon közúti infrastruktúrát kell használnjon a polgári és a katonai közlekedés, megkerülhetetlen a katonai

⁹⁸ e-UT 07.01.12: 2011.

⁹⁹ KOLOZSI 2009.

szempontok ellenőrzése, szükség szerint pedig érvényesítése. A kritikus katonai infrastruktúrára vonatkozó új jogszabály¹⁰⁰ ezt kötelezően előírja.

3.1.2 A katonai szabályozásról – a STANAG 2021

A katonai szempontok minden időben befolyásolták a közúti hídépítést.

A katonai igények első szintje, hogy legyen-e híd (vagy éppen ne legyen), és pontosan hol legyen. Egy híd létesítésekor nyilvánvalóan elsődleges szempont a katonai teherbírás igények. A könnyű és gyors robbantáshoz szükséges aknák és szerelvények építése, mint honvédelmi követelmény, 1880-as évektől 1965-ig a hidak létesítéséhez hozzátartozott. A hídrobbantásokra vonatkozó létesítési követelményeket eleinte csak a nagyobb, jellemzően elsősorban Duna- és Tisza-hidaknál írta elő a Hadügyminisztérium, ami később a kisebb (25-20 m) nyílású hidak esetében is általánossá vált.¹⁰¹

A második világháború utáni évtizedekben a honvédelmi okok miatt a hídépítés területén is nehezítette a napi ügyvitelt a titkos ügykezelés, azaz a TÜK.¹⁰² 1950-től 1979-ig „szigorúan titkos” minősítés alá tartozott a hidak csoportos nyilvántartása, egyes nagyobb hidak tervei, törzskönyvei és különös szigorral a hidak teherbírása. Minden esetben titkos ügykezelésűek voltak a hidak robbantásával kapcsolatos tervrészletek, tervlapok.¹⁰³ A TÜK sok nehézséget okozott, s a mulasztásokért rendkívüli büntetés járt.¹⁰⁴

A közúti hidak teherbírására vonatkozó katonai igények, mint láttuk, 1950-től meghatározták a polgári tervezési előírásokat. A polgári méretezés alapja némi egyszerűsítéssel a 80 tonnás harcokosi lett. Ez a korszak katonai doktrínájának megfelelően szovjet előírásnak tekinthető, amelyet az egész KGST területén alkalmaztak. Megjegyzendő, hogy a legnehezebb katonai járművek terhelése ekkor ennél kisebb volt. Bár a ma járatos katonai járművek lényegesen nehezebbek lettek, a polgári szabványban lévő 80 tonnát a lánctalpas járművek lényegében elérték, a

¹⁰⁰ 475/2024. (XII. 31.) Korm. rendelet.

¹⁰¹ DOMANOVSKY et al. 2009: 196.

¹⁰² CSERÉNYI-ZSITVÁNYI 2012.

¹⁰³ Az 1979-ig általánosan előírt, hídrobbantáshoz szükséges előkészítések (robbantó fészkek, aknák, a robbanószer rögzítését szolgáló dobozok, a híd alatti mászást segítő kampók stb.) külön tervlapon kellett szerepeltetni úgy, hogy ezek a híd általános tervén és műszaki leírásában sem jelenhettek meg. A robbantással kapcsolatos tervlap kódolt megnevezése „hídvizsgáló berendezés” volt. Ezeket a tervlapokat a dokumentációtól elkülönítve a TÜK szabályai szerint kezelték.

¹⁰⁴ TÓTH-TRÄGER-VÉRTES 2009: 116–117.

kerekcs járművek ezt meghaladták, de ezek híderhelése kedvezőbb, mint a zömök, polgári méretezési ideális teher. A méretezési tehernek nem a ténylegesen közlekedő járműveket kell tükröznie, hanem azok előfordulási valószínűségének megfelelő, képzett karakterisztikus értékét, ami megfelel a méretezéselmélet szerinti kockázati optimumnak.

A katonai igényekre különleges példa a vásárosnaményi Tisza-híd 1948. évi tervezése, ugyanis a főtartók vonatkozásában a két évvel későbbi szabályzati terhet is figyelembe vették.¹⁰⁵ A „túltervezésnek” eredménye, hogy 1956-ban a szovjet hadsereg ezen a tiszai átkelőn tudott bevonulni Magyarországra, ugyanis ekkor Záhonyban csak a vasúti híd állt.¹⁰⁶

A hidak létesítéséhez kapcsolódóan a katonai szerepvállalásban is megfigyelhető egy tendencia. A második világháború után mind a szabályozásban, mind az új hidak létesítésében hangsúlyos szerepet kaptak a honvédelmi szempontok. Az 1950. és 1956. évi közúti és a 1951. évi vasúti hídszabályzat előkészítésében közreműködött dr. Feimer László ezredes (1896–1954),¹⁰⁷ műszaki egyetemi magántanár, a Honvédelmi Minisztérium megbízottja.¹⁰⁸ A közúti hidak építését felügyelő szakminisztériumi Hídosztályon évtizedekig külön összekötő személy tartotta a kapcsolatot a társszervekkel, kiemelten a honvédelemmel,¹⁰⁹ már a híd tervezésének igényfelmérésekor rögzítve a teherbírási osztályt.

A katonai igények és szerepvállalás jelentősége fokozatosan háttérbe szorult a közúti hidak létesítésében. 1967. évi polgári hídszabályzattól kezdve már nem volt katonai hídász szakértő az előírást készítő munkacsoportokban. Az A-jelű hídteher kvázi általánossá válásával a hidak teherbírásának katonai igényei is elhalványodtak.

Változatlanul minden hatósági engedélyezési eljárásban ma is megvan a katonai érdekérvényesítés lehetősége, ugyanis szakhatóságként minden eljárásban közreműködő fél a Honvédelmi Minisztérium, s feladata „annak elbírálása, hogy a Magyar Honvédség nemzeti és szövetségi védelmi feladatai a kérelemben foglaltak szerinti esetben vagy további feltételek mellett biztosíthatók-e”.¹¹⁰

¹⁰⁵ HAJÓS 2008: 89.

¹⁰⁶ A záhonyi közúti Tisza-hídat csak 1962-re építette újjá (egyoldalúan és titokban) a Szovjetunió, amiről a magyar közúti szervek csak utólag értesültek. Erre vonatkozó úttellenőri jelentés megtalálható a Magyar Közút Nonprofit Zrt. Szabolcs-Szatmár-Bereg Vármegyei Igazgatóságának Hídtervtárában.

¹⁰⁷ BALLA–PADÁNYI 2021.

¹⁰⁸ H. 1. sz. 1951.

¹⁰⁹ Dr. Tóth Ernő nyugalmazott hídosztályvezető szóbeli tájékoztatása szerint: érintett társszervek: honvédelem, rendőrség, MÁV, pártszervek. A Hídosztályon hosszú időn keresztül Bacsoni István főmérnök volt az összekötő, aki elsősorban telefonon tartva a kapcsolatot a társszervekkel, véglegesítette a híd szükséges teherbírását.

¹¹⁰ 531/2017. (XII.29.) Korm. rendelet: 1. melléklet, 10. Közlekedési ügyek, 14.

A katonai igények egyes esetekben különös gondosságot követelnek meg, ide tartoznak a nagyobb határhidak (Duna, Tisza, Dráva). Ekkor a műtárgy országhatáron való elhelyezkedése több szempontból is egyedi körülményeket ad: határőrizeti kérdések, két illetékes ország szerveinek egyeztetése, közös hídtulajdon, hídüzemeltetés és -fenntartás, polgári közlekedési igények, vámkezelés, s a határokon sajnos mindenhol jellemző torlódások, határellenőrzéshez és vámkezeléshez kapcsolódó várakozás miatt a hídon parkoltatott járművek stb.

A nehéz hadieszközök terhelése a II. világháború során haladta meg érdemben a polgári méretezésben használt 20 tonna össztömegű gőzekét. A világháború után hazánkban a civil szabályozáshoz hasonlóan a katonai műszaki szabályozás is átvette a szovjet előírásokat. A katonai hídépítésre vonatkozó katonai utasításban szereplő legnagyobb teher a korszak harcokocsijának megfelelően a 60 tonna lett.¹¹¹

Magyarország 1999. évi NATO-csatlakozását követően a Honvéd Vezérkar főnökhelyettesének 17/2001. (HK 3/2002) intézkedésével bevezetésre került a STANAG 2021-gyel az AEP-3.12.1.5 NATO-szabvány, amely hidak, kompok, tutajok és katonai járművek teherbírási osztályozásáról rendelkezik. Az egyezmény és a szabvány angol és francia nyelven készült, hivatalos magyar fordítása nincsen.

A katonai szabvány eljárásrendet rögzít a katonai járművek terheinek és geometriájának függvényében való osztályba sorolására, mind kerekese, mind lánctalpas járművekre vonatkozóan. A szabvány második része pedig hidak, kompok és tutajok teherbírásának osztályba sorolásáról rendelkezik. Az előírás célja, hogy amennyiben egy híd vagy komp, tutaj besorolási száma nagyobb, mint az adott katonai járműé, akkor nincs teherbírási akadálya az átkelésnek.

A korábbi katonai hídszabályzattól lényegesen eltérő, egységes NATO-szabályozás bevezetéséhez kapcsolódóan, 2001 és 2009 között több részletes tanulmány,¹¹² vitaanyag,¹¹³ vizsgálat készült és 2003-ban országos konferencia¹¹⁴ is foglalkozott a STANAG 2021-gyel kapcsolatos feladatokkal és kihívásokkal. A témafelvetés érintőlegesen megjelent két PhD-disszertációban is.¹¹⁵ A témához szorosabban kapcsolódó, kutatásom előtti utolsó magyar nyelvű publikáció 2018-ban jelent meg¹¹⁶ a STANAG akkor hatályos 7. kiadását elemezve, egyúttal bemutatva

¹¹¹ Mű/8 1967: 9; Mű/17 1954: 159.

¹¹² DEÁK–HAVASI–NAGY 2001; GULYÁS 2002; GULYÁS 2003.

¹¹³ GULYÁS–HAVASI 2003.

¹¹⁴ LUKÁCS 2003.

¹¹⁵ HAVASI 2007; GULYÁS 2009.

¹¹⁶ POLÓNYI 2018.

azt a szakértői háttér munkát, amelynek egy része beépült a szabvány későbbi kiadásába. Jelen doktori kutatásom ezen előzmények szerves folytatásának tekinthető.

A szabványhoz kapcsolódó hazai publikációk pontosan kijelölték a szükséges teendőket, feladatokat, amelyek végrehajtását akadályozta, hogy ezzel egy időben történt a polgári hídszabályzat reformja és az Európai Unióhoz való csatlakozás okán az Eurocode bevezetése. A magyar közúti hídtervezésben használatos Útügyi Műszaki Előírás az Eurocode transzparens átvételét ekkor megkerülte, ami az egységes európai tervezési elvek átültetését bő két évtizeddel elhalasztotta. A napjainkban elkészülő új polgári hídtervezési előírások fogják ténylegesen átvenni az Eurocode előírásait.¹¹⁷

A STANAG 2021 új hidak tervezésével nem foglalkozik. Katonai stratégiai cél, hogy valamennyi meglévő polgári hídnak készüljön el a katonai besorolása, ami a STANAG 2021 mindennapi használatba vételének alapfeltétele.

3.1.3 A STANAG 2021 új, 2024. évi 9. kiadásának változtatásairól

A doktori kutatásom utolsó szakaszában, 2024. november 26-án megjelent a közúti hidak katonai teherbírásértékelésére vonatkozó NATO szabvány új kiadása.¹¹⁸ Ez az új változat több módosítást, változtatást hozott, mint az a szabvány korábbi kiadásai esetében volt. Átalakították a szöveg belső felépítését és sok részt töröltek belőle. A terjedelme rövidebb lett, de a tartalma jobban szerkesztett. Több fontosabb szabály megváltozott.¹¹⁹

A szabvány új kiadása sok szempontból jobb, áttekinthetőbb lett. Alapvetően átalakították a fejezetek számozását és rendjét, az egyes alrészek számozását is, s ezek határozottan az előírás javára szolgálnak. A szöveg szebb tördelésű, jobban áttekinthető, az egyes pontok könnyebben beazonosíthatók.

¹¹⁷ HAJÓS 2024c.

¹¹⁸ A STANAG 2021 változásait HAJÓS 2025d tanulmányban dolgoztam fel és publikáltam, a változásokat e cikk alapján tárgyalom.

¹¹⁹ A kutatásom közben megjelent új kiadás a szabványra vonatkozó néhány korábbi állításomat és javaslatomat (HAJÓS 2024f: 15) részben okafogyottá tette (pl. a katonai járművekkel egyidejű civil közlekedés szabályozásával kapcsolatosan, amire vonatkozóan tervezési karakterisztikus értéket dolgoztam ki az előző szabvány előírásainak megfelelően, statisztikai módszerekkel elemezve a torlódó civil tehergépjármű kocsisor terhelését: HAJÓS 2024d: 111), részben pedig javaslataim vonatkozásában módosítást tett szükségessé (pl. a katonai teherbírás egységes jelölésrendszerére vonatkozóan). A kutatásom során készített publikációk tehát ennek megfelelően kezelendők. A disszertáció összeállítása előtt az új STANAG 2021 változásait részletesen elemeztem, a szabvány változásait külön tanulmányban közreadtam (HAJÓS 2025d) és a kutatásomban szükséges módosításokat átvezettem.

Tartalom tekintetében is történtek átcsoportosítások, ami jelentékenyen segíti a gyakorlati használatot. Emellett egyes fejezetek részletesebb leírást, kifejtést és adott esetben példákat is tartalmaznak, ami szintén pozitív változás az új kiadásban.

A szabvány 2024. évi kiadásában a korábbival szemben nincs K melléklet.¹²⁰ Az előírás lényegesen rövidebb lett, ugyanakkor a megszüntetett K melléklet szabályozó rendelkezései részben és adott esetben módosításokkal beépültek a szabvány törzsszöveg részébe. A szabvány belső kohéziója sokat javult ezzel az átalakítással. Egyúttal az alapszöveg fejezetei között megjelentek olyan témák is, amelyek 2017-ben csak tervezett címsorral szerepeltek még a K mellékletben, későbbi kidolgozásra és megjelenésre várva (pl. károsodott hidakra vonatkozó szabályok). Több munkajelentést teljesen töröltek (pl. a jellemző híd típusok besorolását, illetve a képzett hidász mérnök szakemberek részére készített méretezési koncepciót).

Az új szabvány bevezető bekezdése kimondja, hogy ez a szabvány csak katonai forgalomra vonatkoztatható, továbbá békeidőben vagy béketámogató műveletekben a vegyes civil-katonai használat csak a civil és katonai hatóságok kétoldalú megállapodásával lehetséges. Ez lényegesen szűkíti a hidak szabvány szerinti MLC¹²¹ besorolásának használhatóságát, ugyanis eddig normál közlekedési helyzetben figyelembe kellett venni több forgalmi sávós hídon a szabad sávokon egyidejű civil közlekedést. Ez eddig csökkentette a híd elérhető MLC értékét. A csak katonai terhelés számítása pedig a besorolást egyszerűsíti, s nincs szükség az egyidejű civil forgalom helyettesítő teher-szintjének meghatározására sem.

E módosítás hozadéka, hogy a hidak MLC besorolása békeidőben, vegyes civil-katonai forgalmi rendben nem használható. Ugyanakkor eseti katonai útvonalengedélyezés részeként az MLC értékek alapján lehetne túlsúlyos járműközlekedést engedélyezni a párhuzamos civil közlekedés kizárásával.

Az új szabványban lényegesen szabatosabb és áttekinthetőbb lettek a járművekre és hidakra vonatkozó közös szabályok, a járművek osztályozása és a pontonhidak-kompok fejezetei.

¹²⁰ A korábbi kiadásban lévő K melléklet készítésének háttérét és célját megadta e melléklet K.1. és K.2. fejezete. A melléklet meglehetősen heterogén volt mind témájában, mind a kidolgozás mélységében, módszertanában. A melléklet eredeti terv szerint 12 munkajelentést (PoW = Paper of Work) tartalmazott volna, de ezek közül csak az első 6 készült el, a hiányzó munkajelentések kiadását eredetileg a szabvány új változatával tervezték. A K melléklet fejezetszámozása a következő rendet követte: K.1. – K.3. bevezető fejezetek, K.4. sorszámtól kezdődött a tervezett 12 munkadokumentum (PoW), azaz a K.4. fejezet tartalmazta az 1. PoW-t, a K.5. fejezet tartalmazta a 2. PoW-t, és így tovább (így a terv szerint a K.15. fejezet lett volna a 12. PoW).

¹²¹ Military Load Classification – Katonai teherbírási osztály. A STANAG 2021 szerinti jármű és hidértékelés jelzetére használatos jelölés.

Ezekben a részekben jelentős tartalmi változás nem történt, de az új szöveg számos részletében pontosabb és részletesebb.

Újdonság a hidak MLC besorolásakor alkalmazható interpoláció.¹²² Eddig főszabályként csak a járműveknél volt egész számra kerekített interpoláció (pl. MLC63), a hidak esetében a biztonság javára lefelé kerekített 16-féle MLC osztályból lehetett választani (pl. MLC60). Hidaknál köztes értéket csak olyan speciális esetben engedett meg az előző kiadás, amikor a két szomszédos ideális járműnek azonos a tengelyelrendezése.¹²³ Mivel ez csak néhány szomszédos járműosztálynál van így, ezért a hidaknál eddig gyakorlatilag nem volt interpoláció. Az új szabványban korlátozás nélkül alkalmazható hidak esetében is az interpoláció, jelentékenyen javítva a katonai mobilitást. Erre szélsőséges példa, hogy eddig a hídra kiszámolt MLC149 értéket a biztonsági rendnek megfelelően lefelé, MLC120-ra kellett kerekíteni, jelentősen korlátozva a katonai mobilitást.

Bővültek a szabvány biztonsági koncepcióra és a dinamikus hatásra vonatkozó fejezetei.¹²⁴ E fejezetek az eddigi eljárásrendet tükrözik, de több és hasznosabb támpontot adnak a nemzeti hatáskörbe utalt biztonsági és dinamikus tényezők felvételéhez.

A közúti hidak minimális hasznos szélességére és az ennek függvényében alkalmazható kétirányú forgalomra vonatkozó szabályok¹²⁵ is kicsit változtak. Eddig csak MLC100 értékig engedte meg a szabvány a kétirányú katonai forgalmat, ezt a tiltást most eltörölték. MLC100 felett is ellenőrizendő a híd kétirányú katonai forgalomra, ha a hasznos kocsipálya szélessége eléri a 9,70 m-t. E fejezethez kritikaként felmerülhet, hogy fizikailag keskenyebb (pl. 8,20 m) híd is alkalmas a kétirányú forgalomra, illetve a szabvány következetesen kétirányú forgalmat említ, ami osztottpályás utakon lévő, irányonként független híd esetében nem értelmezhető, mert csak egy irány van, ekkor viszont egymással párhuzamosan több sávon haladó forgalom is lehetséges.¹²⁶

A szabvány új kiadásában átalakították a hidak teherbírási besorolásának értékelési módszereire vonatkozó kategóriákat. Eddig a szabvány törzsszövegében ez csak egészen röviden jelent

¹²² AEP-3.12.1.5 2024: 2.5 fejezet.

¹²³ Erre példa lehetett az előző szabvány kiadásban az MLC40 és MLC50 közti interpoláció, mert e két ideális kerek járművek tengelytávolságai (3,66 + 1,22 + 4,88 m) és szélessége (2,45 m) azonosak.

¹²⁴ AEP-3.12.1.5 2024: 4.1.5 és 4.1.6 fejezetek.

¹²⁵ AEP-3.12.1.5 2024: 4.2.4 fejezet.

¹²⁶ Erre tipikus eset az autópályák hídjai, ahol túlnyomó többségben a jobbpálya és a balpálya egymástól statikailag független hídszerkezeten halad, amelyek egymástól légréssel el vannak választva.

meg,¹²⁷ amelyet szervesen kiegészített a „K” melléklet részletszabályozása. A módosítással a mellékletben lévő szabályokat átalakították és szerencsés módon a főszövegbe integrálták.

Eddig tíz féle értékelési szint (Assesment level) volt definiálva a gyors távoli felderítéstől a részletes és megbízható adatok alapján végzett és próbaterheléssel validált szakértői hídvizsgálatig.¹²⁸ Az új előírásban nyolc féle szint van, de eltérő felosztással (1. táblázat).

Az új értékelési módszerek vonatkozásában fontos változás, hogy a módszerek többségében a szabvány a meghatározott MLC értéket csak ideiglenesnek tekinti, amit az 1. táblázat utolsó oszlopában jelöltünk.

1. táblázat: A teherbírásértékelési módszerek a régi és az új szabványban¹²⁹

2017. évi szabvány		2024. évi szabvány		
Szint	Módszer	Szint	Módszer	Ideiglenes
0	Statisztikai forrás (gyors/távoli felderítés)	1	Önsúly alapú korreláció	x
1	Korlátozott geometriai adatok és jármű megfigyeléssel	2a	Igénybevétel összehasonlítás méretezési teherre	x
2	Gerendamodell feltételezett anyagtulajdonságokkal	2b	Korreláció kihelyezett súlykorlátozás után	x
3a	Gerendaszámítás engedélyezett járműre	2c	Korreláció megfigyelt járművekre	x
3b	Gerendaszámítás megfigyelt járműre	3a	Részletes számítás részben feltételezett paraméterekkel	x
3c	Gerendaszámítás méretezési teherre	3b	Részletes számítás	
4	Részletes modellszámítás feltételezett paraméterekkel	4	Végeselemes gépi részlet-számítások	
5	Részletes és megbízható számítás	5	Egyéb minősítések	
6	Próbaterheléssel validált szakértői számítás			
7	Károsodott sérült hidak			

¹²⁷ AEP-3.12.1.5 2017: 6.2.4 fejezet.

¹²⁸ Több egyszerű és gyors besorolást eredményező program készült a STANAG 2021 szerinti hídértékelésre. BENDA–SOBOTKA–COUFAL 2019.

¹²⁹ Szerző szerkesztése az AEP-3.12.1.5 2017 és AEP-3.12.1.5 2024 nyomán.

A hidak tervezési hasznos terheinek és a vizsgált katonai terhelésnek igénybevétel összehasonlításán alapuló eljárás gyors, kellő szakértelem mellett megbízható és bevett módszer. Ez a régi szabvány szerint lényegében a 3c eljárásnak, az új szabvány szerint 2a eljárásnak feleltethető meg. A módszert tartalmazza a civil hídteherbírási értékelési szakmai szabvány,¹³⁰ alkalmazása bevett gyakorlat civil túlsúlyos, túlméretes járművek közeledésének vizsgálatakor. E módszert azonban az új előírás csak ideiglenes besorolásra tartja alkalmasnak, pedig a biztonság javára való megfelelő megkötésekkel az eljárás szakmailag alkalmas¹³¹ a hidak megbízható teherbírási értékelésére.

Egy híd MLC értékének ideiglenes jellege két következménnyel jár. Egyrészt ilyen MLC érték nem táblázható ki a „J” melléklet szerint, másrészt hangsúlyosan az adott katonai művelet parancsnokának hatáskörébe utalja az ideiglenes MLC értékek figyelembevételét, ami óhatatlan megosztott felelősséget eredményez.

Javaslom a szabvány módosítását és a 2a hídértékelési módszer elfogadását állandó MLC értékek meghatározásához.

A besorolási módszerekhez kapcsolódó módosítás, hogy a hidak MLC érték meghatározásával kapcsolatosan törölték az értékelő személy szakértelmének osztályozását, amennyiben az a híd dokumentált tervezési teherbírási¹³² indul ki. A besorolást végző személyre vonatkozó szakértelmi szint megkülönböztetése, jelölése a szabvány új kiadásából kimaradt. E változás a korábbi A, B, C és D szintek esetében talán nem fog hiányozni, mivel az egyes hídértékelési módszerek összefüggnek az azt alkalmazó személy szakértelmével.¹³³ A HN jelölés azonban katonai szempontból egy fontos és hangsúlyos jelölés volt, ami mutatta, hogy az adott MLC értéket az illetékes helyi civil hatóság is jóváhagyta.

További módosítások történtek a STANAG 2021 mellékleteiben is, amelyet szaktanulmányomban tételesen ismertettem.¹³⁴

¹³⁰ e-UT 08.01.52:2020.

¹³¹ HAJÓS 2024e.

¹³² Azaz nyilvántartásból ismert a híd tervezési teherbírási, s az nem csupán a híd építési kora alapján feltételezett érték, ahogy a katonai szabvány a 2a hídértékelési módszernél fogalmaz.

¹³³ Nyilván nem fog végeselemes gépi részletszámítást végezni a hídépítésben különösebb tapasztalat nélkül dolgozó személy.

¹³⁴ HAJÓS 2025d: 197-199.

Sajnos továbbra is hiányzik a szabványból az egységes, paraméterezett MLC jelölésrendszer, aminek bevezetésére javaslatot adtam.¹³⁵

3.1.4 Katonai járműteherbírási osztályok (MLC)

A szabványban összesen 32-féle járműtípus van, 16 lánc talpas és 16 kerekes. Ezek jelölése MLC4-től MLC150-ig terjed. A 16-féle lánc talpas járműnél a szám azonos az ideális lánc talpas jármű angolszáz mértékegységben kifejezett tömegével rövid tonnában (short ton). Az ideális kerekes járműveknél az össztömeg nagyobb, mint a besorolási szám.¹³⁶

A rövid tonna (1 short ton = 2000 font) az SI-rendszerben 907,185 kg-nak felel meg. Így az MLC100 besorolású lánc talpas jármű össztömege 100 rövid tonna, ami az SI szerint 90,72 tonnának felel meg, ami erő mértékegységre átváltva ($9,80665 \text{ m/s}^2$ nehézségi gyorsulással) 889,64 kN. A szabványban található besoroláshoz használatos nyomaték- és nyíróerő-adattáblák e fenti szabatos átváltásokkal készültek. Ez azért megjegyzendő, mert a hasznos teher vonatkozásában az 1967. évi Közúti Hídszabályzatban tértek át a tonnában megadott tömeg értékről a kilopondban megadott súlyértékre, de az átszámítást 10 m/s^2 nehézségi gyorsulással végezték, ami közel +2% eltérést jelentett a biztonság javára. Az SI-mértékegységek 1980. évi magyarországi bevezetésétől pedig a kilopondban meghatározott értékeket vették át tízzel szorozva newton mértékegységre. Így lett a hatályos közúti előírásokban a korábbi 80 tonnás közúti járműteherből 800 kN és a 400 kg/m^2 közúti megoszló terhelésből 4 kN/m^2 . A jelzett átváltási egyszerűsítés napjainkban a konkrét polgári járműszerelvények, jellemzően túlméretes, túlsúlyos különleges esetek ellenőrzésekor is használatos.

A STANAG 2021 járműosztályait tekintve az első szembetűnő különbség a polgári besoroláshoz képest, a 16+16-féle osztály adta bő választék a közúti teherosztályokhoz, ráadásul az új szabvány szerint már ezek közötti köztes értékek is használhatóak a hidaknál is, hasonlóan a járművek korábbi értékeléséhez. Ugyanazon MLC-osztályozás használatos a járművekre és a hidakra is.

Mind hidak, mind katonai járművek esetében az MLC4–MLC150 skálán alapuló, 147 fokozatú interpolációs besorolás használatos. A megadott, ideális MLC járműkategóriák között lineáris

¹³⁵ Ennek részleteit lásd a 3.3. fejezetben.

¹³⁶ GRANDT 1990; BĂDULESCU 2020.

interpolációval kell képezni a tényleges híd és jármű besorolását, a kapott eredményt a biztonság javára híd esetében egész értékre lefelé, jármű esetében pedig egész értékre felfelé kerekítve. Érdekesség, hogy a járművek besorolásánál alkalmazandó módosító tényezőkkel vagy jármű-kombinációval akár MLC150-nél nagyobb besorolási számot is kaphatunk a járműre vagy jármű-kombinációra, amit az MLC150-ig terjedő hídosztályozás nem tud kezelni, így ezen esetek kívül esnek a szabvány alkalmazási körén.¹³⁷

A láncaltapas járművek nehéz és zömök paramétereikkel könnyen lehetnek mértékadók a hidak ellenőrzésekor. A nagyobb STANAG 2021 láncaltapas járműosztályok vonatkozásában talán kívívónak is tűnhetnek első olvasatban a minden korábbi hidász előírásnál lényegesen nagyobb teherszintek. A láncaltapas katonai járművek esetében első kérdés, hogy mekkora a legnehezebb láncaltapas jármű, amelynek közlekedésére rövid, közép- vagy akár hosszú távon számítani kell.

Az eddigi hídtervezési osztályokat tekintve a II. világháború után hazánkban, igazodva a KGST előírásához, a legnagyobb ideális járműteher, mint bemutattam 80 tonna¹³⁸ volt. A legnehezebb hadrendbe állított harckocsikat tekintve kijelenthetjük, hogy a 80 tonna össztömeget a tényleges igények ma sem haladják meg.

A legnehezebb katonai járművek közé tartoznak a Magyar Honvédségnél, a Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program keretében beszerzett Leopard 2A7HU harckocsik, amelyek össztömege 73 tonna.¹³⁹

Ismeretes, hogy a hadtörténelemben voltak próbálkozások óriás szupertankok építésére, ezek közül a legnagyobb a Maus névre keresztelt náci német harckocsi volt. A fejlesztés elején 100 tonnásra tervezett jármű végül 188 tonna lett, amelyből csak egy példány készült el 1944-ben, illetve egy második félkészben, fatoronnyal. Az 1942-ben tervezett, szintén német Landkreuzer P. 1000 grandiózus harckocsi 14 m széles, 35 m hosszú és 11 m magas lett volna, 1000 tonna össztömeggel, de a terv a prototípusig sem jutott el.¹⁴⁰ A járművek tömegének emelése a kétségtelen előnyök mellett aránytalanul nehezíti a mozgásképesseget, így nem véletlen, hogy a technológiai fejlődés nem ebbe az irányba folytatódott.

A láncaltapas járművek esetében a szabvány MLC90 feletti részének gyakorlati jelentősége elenyésző. MLC90 feletti terhelés a várható járművekkel csak kombinációval lehetséges, például

¹³⁷ HANAK–MANAS 2017

¹³⁸ HAJÓS 2024c.

¹³⁹ TÓTH 2022; KURCZ–VÉG–HEGEDŰS 2020.

¹⁴⁰ ARNDT [é. n.].

két MLC75 besorolású harckocsi egymást vontatja, így az összegzés szabályai szerint MLC150 együttes járműbesorolást eredményezve.

A járművek MLC-besorolásának eredménye nem azonos a jármű össztömegével, hanem a szabványban szereplő ideális járműterhekhez kell arányosítani a vizsgált eszközt. Az arányosítást a STANAG 2021 szabályai szerint kéttámaszú tartón számított legnagyobb mezőközépi nyomatéki és támaszközeli nyíróerő-igénybevételek számításával kell elvégezni.

A katonai teherbírési besorolási rendszert (MLC)¹⁴¹ sok ország alkalmazásba vette, így joggal merülhet fel a kérdés, miért szükséges ezzel nemzeti szinten foglalkozni egy már bevett eljárás helyett. Az egységes európai méretezési rendszer, az Eurocode átvétele elmaradt, a meglévő magyar polgári hídállomány az elmúlt évtizedekben érvényes magyar hídtervezési előírások szerint épült.

A magyar hídállomány (kb. 16 000 hídszerkezet) katonai teherbírési besorolása óriási feladat. A besorolás végezhető hidanként, egyesével, részletes erőtanai számítások készítésével, de praktikusán végezhető megfelelő teherbírési konverziós eljárással (2a),¹⁴² a híd ismert polgári teherbírési osztályából és egyéb releváns paramétereiből kiindulva. E második módszerrel kellő pontossággal elvégezhető a katonai besorolás lényegesen kisebb idő- és költségáfordítással, mint egyedi számítások készítésével. Ennek előfeltétele a STANAG 2021 részletes elemzése, vizsgálata és az egyes korok polgári hídtervezési előírásaival való összehasonlítása.

3.1.5 A túlsúlyos járművek közlekedéséről

A közúti közlekedést szabályozó legfontosabb jogszabályunk az Úttörvény¹⁴³ a közúti közlekedésről, köznapi szóhasználatban az Úttörvény. A törvényhez kapcsolódó minisztériumi rendelet¹⁴⁴ szabályozza a meghatározott össztömeget meghaladó járművek közlekedésének feltételeit.

¹⁴¹ Az MLC szó szerint katonai teherbírési osztályozást jelent, mint eljárást. Az elterjedt szakmai szóhasználatban MLC-vel jelöljük a konkrét teherbírás értéket a STANAG 2021-nek megfelelően. Ezt tartalmazza az egységes katonai teherbírési jelölésrendszerre vonatkozó javaslatom is (lásd 3.3 fejezetben).

¹⁴² AEP-3.12.1.5 2024: 4-7. Lásd 1. táblázatot.

¹⁴³ 1988. évi I. törvény.

¹⁴⁴ 36/2017. (IX. 18.) NFM rendelet.

Mind a katonai, mind a polgári közúti közlekedésben túlsúlyosnak tekintjük a 40 tonna össztömeget¹⁴⁵ meghaladó járműveket. A közlekedő járművek túlnyomó többsége nem haladja meg ezt a határértéket.

Túlsúlyosnak minősül a jármű, ha össztömege meghaladja a 2. táblázatban megadott határértéket. Az össztömeg mellett a korlátozás érvényes az egyes tengelyek legnagyobb terhelésére és a tengelycsoportok együttes terhelésére is. Ha egy jármű akár össztömeg, akár tengelyterhelés, akár tengelycsoport terhelés vonatkozásában a határértéket meghaladja, akkor túlsúlyosnak minősül.

2. táblázat: Jogszabályban megengedett legnagyobb össztömeg és tengelyterhelés¹⁴⁶

Jármű típusa	Legnagyobb össztömeg
Kéttengelyes jármű	20 tonna
Háromtengelyes jármű vagy csuklós jármű	26 tonna
Négy- vagy ennél több tengelyes jármű vagy csuklós jármű	32 tonna
Háromtengelyes járműszerelvény	28 tonna
Négytengelyes járműszerelvény	38 tonna
Öt- vagy ennél több tengelyes járműszerelvény	40 tonna
Jármű típusa	Legnagyobb tengelyterhelés
Bármely jármű	11,5 tonna
Tengelycsoport típusa	Legnagyobb tengelycsoport terhelés
Két tengelyes, ha a távolság < 1,00 m	11,5 tonna
Kéttengelyes, ha a távolság < 1,30 m	16 tonna
Kéttengelyes, ha a távolság < 1,80 m	19 tonna
Háromtengelyes, ha a távolság < 1,30 m	22 tonna
Háromtengelyes, ha a távolság < 1,80 m	24 tonna
Háromnál több tengelyesből képzett, további szabályok szerint	28,5 tonna

A túlsúlyos jármű közlekedéséhez útvonalengedélyt kell kérni. Polgári közlekedés esetén az eljárás díjköteles, a közlekedés engedélyezése esetén pedig a terhelés túllépésével és a megtett úttal arányos túlsúlydíjat is meg kell fizetni.

¹⁴⁵ A szabatos össztömeg korlátozást a jogszabály járműkategóriához, tengelyek számához és részben típusához köti. A hidak teherbírás értékelése szempontjából a 40 tonna össztömeg korlátozás jól reprezentálja a felső határt. Európai harmonizációs kötelezettség (96/53/EK irányelv) alapján közlekedhetnek 5 vagy 6 tengelyű, konténerszállító nyerges szerelvények 44 tonna össztömeggel is. Ezek jogszabály szerint túlsúlyosnak minősülnek, de mentesülnek az eljárási díj és a túlsúlydíj fizetése alól. Ezek, a tíz százalékkal nehezebb járművek a nagyobb hosszúságuk miatt a hidak teherbírás ellenőrzése szempontjából nem mértékadóak. Lásd még HAJÓS 2023.

¹⁴⁶ 36/2017. (IX. 18.) NFM rendelet: 2. § (1) nyomán szerkesztve.

A megengedettnél nehezebb polgári járművek közlekedését a Közútkezelő bírálja el és engedélyezheti, eseti feltételeket előírva. Az országos közúthálózatra a túlméretes járművek közlekedéséhez a Magyar Közút Nonprofit Zrt. adja ki az engedélyt, az önkormányzati kezelésű utakra pedig az illetékes települési önkormányzat.

A katonai túlsúlyos járművek közlekedését a Magyar Honvédség saját hatáskörben¹⁴⁷ engedélyezi, amely feladatot a Magyar Honvédség Logisztikai Támogató Parancsnokság¹⁴⁸ (MHLTP) lát el. A katonai járművek közlekedéséhez eljárási díj és túlsúlydíj nem tartozik.¹⁴⁹

A túlsúlyos járművek sok esetben túlméretesek is, azaz a jármű szélessége, magassága vagy hosszúsága meghaladja az előírt határértéket. A túlsúlyos és adott esetben túlméretes járművek közlekedésének elbírálása komplex folyamat, amiben vizsgálni kell az út teherbírását, esetleges magassági akadályokat, fordulásokhoz szükséges geometriai viszonyokat, esetleg bontandó jelzőeszközöket, korlátokat, útszegélyeket, vasúti keresztezéseket, az egyéb forgalom korlátozhatóságát, aktuális útépitési munkákat stb.¹⁵⁰

A hidak teherbírása sarkalatos kérdés szokott lenni a túlsúlyos jármű közlekedésének előkészítésében polgári és katonai esetben egyaránt.

A közúti hidaknak mindig van egy tervezési teherbírása. Az egyes korok hídszabályzataiban meg volt adva az ideális jármű, ami megtestesítette az adott terhelési osztály hasznos terhelését. Ezt az értéket a híd kezelőjének kell nyilvántartania.

A jelenleg hatályos polgári hídtervezési előírásban az A-jelű teherbírési osztályban az ideális jármű 800 kN (kvázi 80 tonna), a B-jelű teherbírési osztályban pedig 400 kN (kvázi 40 tonna). A hidak méretezésekor a legnagyobb terhet megtestesítő ideális jármű mellett vannak egyéb hatások (megoszló terhelés, vízszintes erők stb.), melyeket itt nem részletezek. Az ideális járművekre általánosan jellemző, hogy ezeket úgy alkották meg, hogy zömökebbek, terhelés szempontjából kedvezőtlenebbek legyenek, mint a gyakorlatban előforduló azonos tömegű

¹⁴⁷ 32/2000 HM rendelet.

¹⁴⁸ Továbbiakban MHLTP; korábban Katonai Közlekedési Központ. (A hatályos, 32/2000 HM rendeletben még a régi szervezeti egységek vannak nevesítve.)

¹⁴⁹ 36/2017 NFM rendelet 15§ (5). (A 32/2000 HM rendelet 2§ (3) a hozzájárulás kiállítása díjmentes, de 3§ (1) bekezdés szerint a honvédelmi célú járműveknek a közút használatáért díjat kell fizetni azonosan a civil járművekhez. E rendelkezést felülírja a későbbi kiadású, 36/2017 NFM rendelet, amely fizetési kötelezettség alól teljesen kiemeli a honvédségi célú járműveket.)

¹⁵⁰ MK *Általános tájékoztató* 2025.

járművek. Így tehát, ha egy híd A-jelű, azaz 80 tonnás, akkor egyéb terhelés kizárása esetén bizonyosan áthaladhat rajta egy 80 tonnás túlsúlyos tetszőleges jármű is.

A közúthálózaton vannak súlykorlátozott hidak, útszakaszok, melyeket minden esetben tiltó táblákkal kell jelezni a közlekedőknek. A tiltásra a KRESZ háromféle lehetőséget ad: összömeg korlátozást¹⁵¹, megengedett legnagyobb összömeg korlátozást¹⁵² és tengelyterhelés korlátozást.¹⁵³ Legnagyobb megengedett összömeg korlátozás bár a magyar gyakorlatban ritka, ennek a szigorú tiltásnak előnye, szemben a másik két korlátozási lehetőséggel, hogy a szabálytalanság megállapításához nem szükséges mérlegelés, így az esetleges szankcionálás lényegesen egyszerűbb. A kitáblázott korlátozásnál nagyobb terhelésű járművel ilyen útszakaszra való behajtás külön engedély birtokában lehetséges, ilyen esetben a hidak eseti vizsgálatát az általános túlsúlyos közlekedéshez hasonlóan kell elvégezni.

Évezredünkben folyamatosan növekszik a túlméretes közúti járműszállítási volumen, már rendelkezésre állnak ezen óriás tömegek mozgatásához szükséges vontatógépek. Ma már tipikusnak tekinthetők a 100 tonna és e feletti összömegű civil járműszerelvények, 12–14 vagy több tengellyel. A közúti szállítójárművek kapacitásának látványos fejlődése megjelent a katonai közlekedésben is, így a katonai lánctalpas járművek nemcsak saját „lábukon” közlekedhetnek, hanem nehézgépszállító járműszerelvényre helyezve.¹⁵⁴

Az üzemeltetési tapasztalatok alapján kijelenthetjük, hogy az A- és B-jelű (80 vagy 40 tonnás) teherre méretezett hidak a mindennapi polgári közlekedési céloknak megfelelnek. Az elmúlt évtizedekben rohamosan növekvő, külön engedélyezéshez kötött túlsúlyos közúti szállítás (40 tonna felett, 100–150 tonna jellemző, ritkábban 200 tonna feletti összömeggel) igényeinek külön ellenőrzéssel és megfontolásokkal, esetleg járulékos intézkedésekkel az A-jelű hidak jellemzően megfeleltethetők. Ez annak köszönhető, hogy ezen túlsúlyos járművek tipikusan nagyobb hosszúságban (30–50 m) közel egyenletesen elosztják a jármű a terhelését.

¹⁵¹ 1/1975 KPM-BM együttes rendelet 14§ (1) l) pontja. Idézet: „Súlykorlátozás” (KRESZ: 38. ábra); a tábla azt jelzi, hogy az úton a táblán megjelölnél nagyobb összömegű járművel (járműszerelvényvel) közlekedni tilos.

¹⁵² 1/1975 KPM-BM együttes rendelet 14§ (1) r) pontja. Idézet: „Tehergépkocsival behajtani tilos” (KRESZ: 43. ábra); a tábla azt jelzi, hogy az útra tehergépkocsival – kivéve a legfeljebb 3500 kilogramm megengedett legnagyobb összömegű, zárt kocsiszekrényű tehergépkocsit –, valamint vontatóval, mezőgazdasági vontatóval és lassú járművel behajtani tilos; ha a tábla súlyhatárt is megjelöl (KRESZ: 44. ábra), csak az ezt meghaladó megengedett legnagyobb összömegű járművel tilos behajtani.

¹⁵³ 1/1975 KPM-BM együttes rendelet 14§ (1) m) pontja. Idézet: „Tengelyterhelés-korlátozás” (KRESZ: 39. ábra); a tábla azt jelzi, hogy az úton olyan járművel közlekedni tilos, amelynek tengelyterhelése – bármelyik tengelyén – a táblán megjelölnél nagyobb.

¹⁵⁴ FARKAS 2020; KAPÁS 2017.

Megállapítottam, hogy a katonai közlekedési igények korlátozás nélküli biztosításához A-jelű teherszint szükséges.¹⁵⁵

A hidak szükséges teherbírási osztályának megfelelőségértékelésekor figyelembe kell venni, hogy kisebb támaszközök esetén egyes terhelési osztályok ekvivalensnek minősülnek (például kis nyílás esetén a gőzeke 15 tonnás tengelye biztosítja a B-jelű teherszintet stb.).

A túlsúlyos járművek közlekedéséhez szükséges eseti hídteherbírást érintő vizsgálatnak két szintje van. Civil közlekedésben az egyszerűbb esetben a híd kezelője saját hatáskörben dönt, vagy előírja külső, független hídszakértő bevonását. A Magyar Közút Nonprofit Zrt. állományában több, mint 30 hídmérnök dolgozik, részben a budapesti Központi Hídosztályon, részben a vármegyei igazgatóságokon. A közút hidászai jellemzően nem foglalkoznak tervezéssel, szakértéssel, de évente vizsgálják a kezelésükben lévő hidakat, ezért a túlsúlyos járművek megítéléséhez nagy tapasztalattal rendelkeznek. Honvédségi közlekedés engedélyezésében is hasonlóan megkülönböztethetjük e két szintet, a saját hatáskörben meghozott intézkedést és a külső szakértőre támaszkodó döntéshozatalt. Alábbiakban bemutatom a civil engedélyezési folyamat hidak teherbírására vonatkozó részét.

A teherbírás igazolásának egyszerű módja a mértékadó igénybevételek összehasonlítása. Az eljárás lényege, hogy összehasonlítjuk a hídszerkezet mértékadó igénybevételeit a tervezéskor alkalmazott terhelések és a vizsgált egyedi jármű hatására. Ha az utóbbi nem haladja meg a tervezési határt, akkor a jármű áthaladhat. E módszer részletszabályait (egyidejűségek, megengedhető toleranciák) dr. Träger Herbert dolgozta ki. Ezzel, az igénybevétel összehasonlítási módszerrel működő egyszerű számítógépes program is készült, ami nagy segítség a túlméretes járművek közlekedéséhez kapcsolódóan a hidak teherbírási vizsgálatához.¹⁵⁶

Ha az adott hídon való áthaladást a híd kezelője saját hatáskörben nem engedélyezi, akkor előírhat független hídszakértői teherbírás vizsgálatot. A külső szakvélemény megállapítása jogilag nem kötelezi a híd kezelőjét semmire sem. A szakvéleménynek olyan részletességűnek kell lennie, ami az átkelés igazolása esetén alkalmas az elvégzett számítás ellenőrzésére és egyúttal igazolja a kezelő irányába a kellően gondos, körültekintő szakértői eljárást.

¹⁵⁵ Lásd 3.4.4 fejezetet.

¹⁵⁶ HAJÓS 2024a: 236. (Az igénybevétel összehasonlítási módszer a STANAG 2021 eljárási rend osztályozása szerint a 2a módszernek felel meg.) Lásd 1. táblázatot.

A független szakértői hídvizsgálat a feladat nehézségének függvényében különböző részletességű lehet. A vizsgálat lehetséges módszere az igénybevétel összehasonlítási módszertől kezdve (STANAG 2021 szerinti 2a módszer) lehet egyre összetettebb és bonyolultabb. Készíthető részletes, kiviteli terv szintű erőtani számítás. Készíthető megbízható tervek hiányában helyszíni roncsolásmentes és roncsolásos hídvizsgálaton alapuló számítás (pl. helyszíni geometriai felmérés, betonacélok feltárása, szilárdság meghatározás). Különleges esetben lehet végezni előzetes próbaterheléses hídvizsgálatot és helyszíni híd alakváltozás méréssel validált erőtani számítást is.

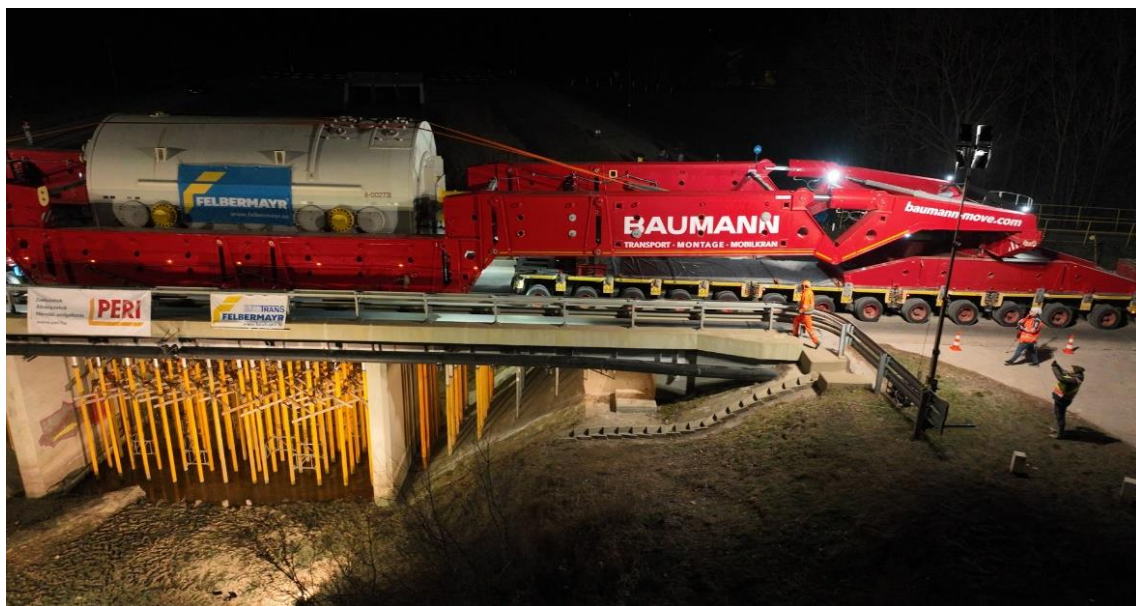
Szakértői vizsgálat eredménye lehet az áthaladás engedélyezése, az áthaladás feltételekhez kötése (pl. hídszakértői helyszíni irányítás, ideiglenes megerősítés, alátámasztás). A vizsgálat eredménye lehet az áthaladás megtiltása is.

A túlsúlyos polgári járművek közlekedéséhez kapcsolódó hídigazolások minőségbiztosításának jó példája a híd alakváltozásának monitorozása a vizsgált teher áthaladásakor. A mérési eredmény egyrészt utólag numerikusan is igazolhatja az előzetes számítás helyességét, másrészt nagy számú ilyen mérés alkalmas a későbbi számítások pontosítására is. Ezekből óriási tapasztalat gyűjthető a régi és károsodott hidak viselkedéséről.

Elsősorban a korosabb hídszerkezetek teherbírásának megítéléséhez nagy hídvizsgáló tapasztalat szükséges. Az erőtani ellenőrzéskor figyelembe kell venni minden lehetséges tényezőt (híd építésének és felújításainak története, hídon lévő többlet önsúly terhek, esetleges károsodások stb.). A hídon való áthaladás biztonságaért a független szakértő felel.

Mint bemutattam, a hidak megfelelőségének ellenőrzése a polgári túlsúlyos közlekedés esetén két szintre osztható, kezelői elemzésre és adott esetben független szakértői vizsgálatra. Egy konkrét jármű analízise lehet a legegyszerűbb és gyors ellenőrzéstől kezdve részletes, akár több hónapot is igénylő szakértői vizsgálat.

Az össztömeg növekedésével exponenciálisan nő a hidak terhelése. A túlsúlyos járművek közlekedését gyakran nehezíti az a körülmény, hogy a jármű mérete is nagy, ami fizikailag korlátozza a lehetséges útvonalak számát (pl. nem fér el egy út feletti híd alatt).



6. ábra: Rekord méretű, 720 tonna gördülő össztömegű jármű Apátfalvánál ¹⁵⁷

Különösen nagy szállítások esetén (6. ábra) az előkészítő munka akár több évvel hamarabb elkezdődik. Ez nagyon fontos olyan esetben, ha bizonytalan a szállítás megvalósíthatósága. A civil szállításoknál sok esetben jellemző, hogy a gyártó abban érdekelt, hogy minél nagyobb, minél nehezebb legyen a szállított tárgy, hogy a helyszíni munka a lehető legkevesebb legyen. A nagy tárgyak szállítása viszont aránytalanul költséges lehet, vagy akár lehetetlen. Ilyenkor a terméket több szállítási darabra kell bontani, ami a szállítást lehetővé teszi, de helyszíni össze-
szerelési munkát okoz. Ez egy összetett iterációs folyamat, ami csak akkor hatékony, ha jó az együttműködés minden fél között.

A katonai túlsúlyos közlekedést a MHLTP engedélyezi saját hatáskörben. Ez szoros szakmai együttműködésben lehetséges a közútkezelőkkel, elsősorban a Magyar Közút Nonprofit Zrt-vel és a nagyobb hídállományokat kezelő önkormányzatokkal (pl. Budapest). ¹⁵⁸

A MHLTP részére rendszeres adatszolgáltatást adnak a közútkezelők, megadva többek között a hidak főbb adatait is. Ezt követően lehetőség van a polgári eljárásrendhez hasonló elemzésre. Ezt nehezíti, hogy a MHLTP-nek nincs hidász mérnök munkatársa és a hídállomány naprakész állapotára vonatkozó információk korlátozottak. A híd tervezési terhelési osztályának névleges terhelésénél nem nagyobb, vagy ahhoz közeli járművek engedélyezése egyszerű feladat,

¹⁵⁷ Mák Dominik felvétele. Hajós 2025g: 303.

¹⁵⁸ SÁRKÁNY 2019.

jelentősen túlsúlyos (pl. 120 tonna) szállítás esetén a MHLTP munkáját együttműködési alapon kisegítheti a közútkezelő hidásmérnöke.

A katonai szállítási feladatok eltérnek a polgári feladatoktól. Polgári szállítások tárgya jellemzően egy berendezés (pl. transzformátor, generátor, prégép, vegyipari reaktor). Ezek szállítása esetleges, jellemzően egy beruházáshoz kapcsolódó és előre időben jól tervezhető, ütemezhető. A katonai szállítások tárgya ezzel szemben a rendszerbe állított katonai eszközök mozgatása, így a szállítási feladatok tipizálhatók (pl. nehéztehergépszállító szerelvény harckocsival). A katonai szállítások időben kevésbé tervezhetők, a szállítás előkészítése, engedélyezése gyors döntést igényel.

A katonai szállítások tervezésének másik nehézsége, hogy a nemzeti szintű irányítás mellett biztosítani kell a NATO-szintű mobilitást is, ami kiterjed a túlsúlyos katonai járművekre is. Kívánt cél, hogy az országon áthaladó, nem magyar, túlsúlyos NATO-szállításhoz kapcsolódó hídellenőrzést akár a szövetséges hadsereg is megtehesse. Ennek egységes szabályozására született meg a STANAG 2021, ami a katonai járművek és a hidak teherbírási osztályozását szabályozza.

3.2 Javaslatok a katonai hídteherbírási értékekre és parciális tényezőire

3.2.1 A közúti katonai teherbírás igény karakterisztikus értéke

A mobilitás kritikus jelentőséggel befolyásolja a haderő sikereit. Katonai műveletek tervezésekor kulcsfontosságú a közlekedésre alkalmas útvonalak kijelölése.¹⁵⁹ A kiválasztáshoz ismerni kell a tervezett terhelési hatásokat és ebből eredő szükséges hídteherbírási követelményeket.

A meglévő közúti hidak teherbírásának katonai értékelésére Magyarországon a konzervatív méretezési ellenőrzés jellemző, amelynek alapja a civil hídnyilvántartás. A túlzott konzervativizmus a biztonság javára van, gyors és egyszerű értékelést tesz lehetővé, azonban korlátozóan hathat a katonai mobilitásra, különösen a nehéz haditechnika mozgatásakor.¹⁶⁰

¹⁵⁹ KOVÁCS 2004.

¹⁶⁰ LENNER 2014; HAJÓS 2023; HAJÓS 2024a; HAJÓS 2024b.

A részletes erőtani ellenőrzés érzékeny paramétere a megfelelő terhelési tényezők kiválasztása, amelyek közül legfontosabb a biztonsági tényező és a dinamikus többlethatás meghatározása. Több tanulmány¹⁶¹ rámutatott arra, hogy jelentősen eltér a lánc talpas és kerek járművek dinamikus tényezője. A dinamikus hatással részletesen a 4. fejezetben foglalkozom.

Katonai szempontból a hidaknak mekkora a szükséges teherbírása? A polgári előírások elegendőek-e a katonai célok maradéktalan teljesüléséhez?

A polgári műszaki szabályozás áttekintésében¹⁶² bemutattam, hogy a polgári közúti hídszabályzataink 1950 óta a katonai terhekből indulnak ki, azaz honvédelmi célból lett meghatározva a szükséges teherszint, amelyet többé-kevésbé közutas köntösbe csomagoltak. A legfontosabb hadászati felvonulási utak („hadiút”) esetében a teherszint 75 éve lényegében változatlan. Noha az 1950. évi ideiglenes hídszabályzatban és az 1956. évi Közúti Hídszabályzatban a legnagyobb járműteher numerikus értéke 60 tonna volt, a hozzá rendelt tényezők segítségével ez megfelelt lényegében a ma is hatályos ÚME szerinti A-jelű 80 tonnás tehernek.¹⁶³

A szabványosított katonai teherbírasi igénynek köszönhetően a közúti teherforgalmi teherbírasi igény máig nem haladta meg szabályozási teherszintet. A hatályos A-jelű terhelésre méretezett hidak esetében a mai forgalom nagyság mellett a hidakon nincs teherbírasi kockázat vagy hiány. Számításokkal igazoltam,¹⁶⁴ hogy a polgári A-jelű teherbírasi hídszerkezetek sebességkorlátozás nélkül megfelelőek a jelenleg mértékadónak tekinthető legnehezebb katonai eszközök közlekedéséhez.¹⁶⁵

A katonai mobilitáshoz minimálisan szükséges hasznos terhelési szint meghatározásához szakmai konszenzus szükséges, valamennyi érintett honvédelmi ágazat részvételével. Hídmérnöki szempontok alapján az általam javasolt, szükséges katonai teherbírasi igény a jelölésrendszer szerint: MLC120/W-One és MLC80/T-One. A kettős értékelés (kerek és lánc talpas) rendszere miatt a hidaknak mindkét terhelési osztályra való vizsgálata és megfeleltetése szükséges.

¹⁶¹ EVERITT 2019; PINKNEY et al 2022; EVERITT–WIGHT–DAGENAIS 2019.

¹⁶² Lásd 3.1.1 fejezet.

¹⁶³ TRÄGER 1968.

¹⁶⁴ HAJÓS–GOSZTOLA 2024.

¹⁶⁵ Egyedül, egyidejű polgári közlekedési terhek nélkül. Ellenőrzésben igazolt STANAG 2021 szerinti katonai teherbírasi minden esetben elérte lánc talpas jármű esetén az MLC150/T-One értéket, kerek jármű esetén pedig a MLC150/W-One értéket.

A javasolt katonai terhelési osztályok kielégítik a jelenleg hatályos, legnehezebb katonai járművek közlekedését. A megrakodott nehéz szállító trélerre jellemző járműterhelés besorolási szám MLC100/W¹⁶⁶ (kerekes jármű), Leopard 2A7HU harckocsik (lánc talpas terhelés) esetében a jellemző járműterhelés besorolási száma MLC78/T (7. ábra).



7. ábra: Leopard 2A7HU harckocsi MLC besorolási jelzete¹⁶⁷

3.2.2 A katonai hasznos teher parciális tényezője¹⁶⁸

Minden statikai számítás kockázattal jár. Kockázatmentes méretezés nem létezik, de lehet a kockázat nagyon kicsi.¹⁶⁹ A vállalt kockázat annak függvénye, hogy az esetleges tönkremenetelnél mekkora a teljes kár. Ez egy összetett optimumkeresést jelent.

A tartószerkezetek modern méretezése fél-valószínűségi eljáráson alapul. A hatások egy részét valószínűségi eloszlásokkal tudjuk modellezni, egy részét pedig önkényesen vesszük fel. Ilyen eljárás a magyar civil hidak tervezésére vonatkozó hatályos ÚME és az Eurocode is.

A méretezés során meg kell határozni a szerkezet kapacitását, a műszaki igényeket és a méretezési tartalékot vagy biztonságot. A biztonság nagysága attól függ, mekkora kockázatot vállalunk.

¹⁶⁶ A STANAG 2021 szerinti ideális MLC100 jelzetű kerekes jármű össztömege 104,33 tonna. Ennél néhány tonnával nehezebb terhelések adódhatnak teljes tömeggel rakott Leopard 2A7HU harckocsi szállításakor, de az ideális járműnél kedvezőbb tengelyelrendezéssel, kisebb tengelysúlyokkal és hosszabban elosztott terheléssel. Ezen peremfeltételek mellett, részletes szállítási adatok hiányában is kijelenthető, hogy a javasolt MLC120/W-One híd teherbírás kielégíti a várható katonai mobilitási igényeket.

¹⁶⁷ Szerző felvétele.

¹⁶⁸ HAJÓS 2024d és HAJÓS 2025b alapján.

¹⁶⁹ MISTÉTH 2001, 29.

A kockázatot matematikai módszerekkel a tervezési élettartam függvényében adjuk meg. Az élettartam lehet rövid idejű, ideiglenes, félállandó, állandó és monumentális. Nem szükséges bizonyítani, hogy az élettartam meghatározásánál más a civil és más a katonai méretezés megközelítése. Katonai szempontból lehet a szükséges élettartam egész rövid, például 1 hét is.

Az előfordulási valószínűség megadja egy esemény várható bekövetkezését. Az előfordulási valószínűség és tervezési élettartam ismeretében meghatározhatjuk a várható visszatérési időt. A civil hídtervezésben a közúti járműterhekhez általánosan használt karakterisztikus érték 1000 év visszatérési idejű (50 év tervezési élettartam esetén 5% meg-nem-haladási valószínűséggel, a visszatérési idő pontos értéke 975 év, kerekítve 1000 év).¹⁷⁰

Ha a tervezési élettartamot sokkal kisebbre vesszük, pl. 50 év helyett 1,5 évre, akkor az azonos 5% valószínűséghez 30 év visszatérési idő tartozik (975 helyett, azaz annak 1/32,5 része).

A hidakat azért építjük, hogy elbírják a hasznos terhet, a rajtuk áthaladó járműveket. A civil forgalom összetétele nagyon vegyes. Nem tudjuk egyszerre hány nehéz tehergépkocsi és hány könnyű kis autó lesz a hídon. Lehetséges, hogy egyszerre csak nehéz teherautó lesz a hídon, de ennek valószínűsége kicsi, de nem lehetetlen. A valószínűség függvénye a forgalomnagyságnak, a forgalmi torlódásoknak stb. Bizonytalanságot okoz, hogy a civil teherautók tényleges tömege attól is függ, hogy a fuvarozó betartja-e a szabályokat.

A katonai forgalomra jellemző a polgári közlekedésnél nagyobb fegyelmezettség és a pontosság. Katonai járművek tömege sokkal pontosabban meghatározható és a számításban pontosabb értékkel lehet figyelembe venni, mint a civil teherautók esetében. A katonai konvoj közlekedése sokkal szabályosabb és egyenletesebb, mint a civil forgalom. Például a követési távolság civil forgalomban minden sofőr egyéni döntésétől függ. A követési távolság katonai forgalomban kiadott parancstól függ. Ugyanez igaz a sebességre és a közlekedés más paramétereire is.

Fontos különbség a civil és katonai forgalom között, hogy a civil forgalomban a legnehezebb jármű előfordulási valószínűsége egy lapos normál eloszlással adható meg (például az élettartam első 10 évében havonta 1 alkalom). A katonai forgalom esetén a mértékadó legnehezebb jármű ténylegesen benne van a konvojban, így a közlekedése kvázi biztos esemény, a relatív szórása kicsi.

¹⁷⁰ MISTÉTH 2001, 33.

A tartószerkezetek – így a hidak – méretezésekor a biztonság megjelenik a hatás (action) és az ellenállás (resistance) oldalon is. A híd megbízhatóságát (reliability), azaz a teljes biztonságot az egyes biztonsági intézkedések összessége adja.

Hatás oldalon a biztonságot szolgálja a terhek karakterisztikus értéke, ami tipikusan nagyobb, mint a ténylegesen várható érték. Ez a különbség a civil terheknél nagyobb, a katonai terheknél kisebb. Például a katonai járművek MLC besorolását úgy kell végezni, hogy a ténylegesen közlekedő járműnél minden esetben kedvezőtlenebb az AEP-3.12.1.5 szerinti ideális jármű terhelése.¹⁷¹

Hatás oldalon a biztonság legjelentősebb részét a parciális tényező, más néven a biztonsági tényező adja. A hatályos magyar polgári hídtervezési előírás szerint az önsúly biztonsági tényezője 1,15, a hasznos teher biztonsági tényezője 1,35.¹⁷² A magyar civil tervezési előírás napjainkban változik, az új előírás átemeli az Eurocode értékeit, így az önsúly és hasznos teher esetében is a biztonsági tényező 1,35 lesz.¹⁷³

A hatás oldali biztonság megjelenik a dinamikus tényező felvételében is, amelyet külön fejezetben¹⁷⁴ tárgyalok.

Tipikusan hatás oldalon a biztonság érdekében növeljük a hatás értékét, ellenállás oldalon pedig csökkentjük az értékeket.

Ellenállás oldalon is megjelenik a biztonság. Ez megfigyelhető például az anyagok szilárdságának meghatározásakor.

A közúti híd feladata, hogy elbírja a rajta közlekedő járműveket biztonsággal. A biztonság sok tényezőtől függ, részben jól modellezhető és számítható valószínűségi alapon, részben nem. Ezért a hidak biztonsági szintjét félvalószínűségi módszerrel határozzák meg.

A biztonságnak kompenzálnia kell a bizonytalanságát a tervezésnek, talajfeltárásnak, alapanyagoknak, kivitelezésnek, építés ellenőrzésnek, vizsgálatoknak, hiányzó fenntartásnak, szerkezeti rendszernek, járművek terhelésének, járművek sűrűségének, járművek elhelyezkedésének stb. Minden ország szabványa az adott ország adottságai mellett érvényes. Belátható, hogy egyes

¹⁷¹ AEP-3.12.1.5 2024.

¹⁷² e-UT 07.01.12:2011: 18-19.

¹⁷³ MSZ EN 1990:2011

¹⁷⁴ Lásd a 4.1 fejezetet.

országoknak különböző a fenti bizonytalanságának nagysága. De egy országon belül is jelentős különbségek lehetnek.

Magyarországon határozottan elkülönül pozitív irányban az országos közúthálózaton lévő hidak megbízhatósága. Ennek oka, hogy ezeket a hidak szigorúbban ellenőrzik a tervező kiválasztásától kezdve a kivitelezésen át a vizsgálatokig. Megállapítható, hogy az országos közúthálózaton lévő hidak megbízhatósága jobb, mint az egyéb (pl. önkormányzati) hidak megbízhatósága Magyarországon.

A megbízhatóságot sok tényező befolyásolja. Ide tartozik a híd kora, mert egyes korszakokban változtak a fent felsorolt bizonytalansági tényezők. Meghatározhatóak azok a szerkezeti rendszerek is, amelyeknek a bizonytalansága nagyobb, mint az átlagos hidaké (pl. kísérleti építések, gyenge gerenda-típus, korrózió érzékeny részek stb.).

Egyedi vizsgálat alapján alkalmazhatunk kisebb biztonsági szintet anélkül, hogy a megbízhatóság csökkenjen. Ehhez részletes tudásra és tapasztalatra, illetve egyedi szabályokra van szükség.

Ha biztosítjuk, hogy a hídon egy időben csak egy jármű legyen, akkor a járművek számának bizonytalansága figyelmen kívül hagyható. Ha biztosítjuk, hogy a jármű lassan menjen, akkor a sebességtől függő bizonytalanság figyelmen kívül hagyható. Ilyen intézkedések megtalálhatóak a katonai híd teherbírás értékelés szabályai között¹⁷⁵. Ezek alkalmazásával nagyobb katonai terhelést lehet engedélyezni a hidakon¹⁷⁶.

Ha tudjuk, hogy a közlekedő jármű rugózása különösen kedvező, akkor ez szintén lehetőséget ad a biztonsági szint csökkentésére a megbízhatóság károsodása nélkül¹⁷⁷.

A szakértő mérnök tudás és gyakorlat alapján figyelembe tudja venni a vizsgált híd további paramétereit. A szakértői elemzés eredménye lehet a biztonsági tartalék csökkentése (pl. nagyon jó minőségű, homogén betonszerkezet, részletes építési ellenőrzéssel, műszeres vizsgálatok), de lehet a biztonsági tartalék növelése is (pl. tervezési és építési hibák). A szakértő döntését segítheti hídvizsgálat készítési tapasztalat és hasonló nehéz szállítások korábbi ellenőrzése is.

¹⁷⁵ AEP-3.12.1.5 2024.

¹⁷⁶ HAJÓS 2024f.

¹⁷⁷ HAJÓS 2024g.

Ezek a döntések szubjektívek, de mindig a biztonságot kell garantálniuk. Az elemzés eredménye lehet például a katonai hasznos teherre vonatkozó biztonsági tényező csökkentése 1,35-ről 1,10-re.¹⁷⁸

Hasonló eredményekre juthatunk a biztonság valószínűségyszámítási elemzésével (kárhányad osztályok és megbízhatósági osztályok)¹⁷⁹, de fontos pontosan ismerni, hogy ezen számítások milyen kockázati eseményekre épülnek, mert a valószínűségyszámítási módszerek csak részben vehetik figyelembe egy konkrét híd tulajdonságait.

Általános szabályokat is alkothatunk a katonai teherbírás értékeléséhez¹⁸⁰ vagy minden esetet egyedileg mérlegelhetünk. Előbbi esetben nagyobb, utóbbi esetben elegendő kisebb biztonsági tartalék alkalmazása.

A hidak kezelése során katonai mobilitási szempontból az egyik legfontosabb kérdés, hogy mennyi a híd teherbírása. A kérdés egyszerű, de válaszolni nehéz. Mit tekintünk egy híd teherbírásának?

Új híd építése esetén a tervezési előírásokban megtaláljuk, hogy milyen paramétereknek kell megfelelnie a hídnak, milyen hasznos terhet kell viselnie és milyen biztonsági szintet kell tudnia az új szerkezetnek. A tervezőnek egyszerű a feladata: a statikai számítást a hídtervezési előírás szerint kell elkészítenie. Ezért a tervezőnek tipikusan nem kell foglalkozni a biztonság nagyságával és a biztonság elméleti alapjaival.

A közúti hidak többsége alkalmas a normál közúti forgalom számára súlykorlátozás nélkül. Mint azt a 3.1.5 fejezetben ismertettem, a teherbírás eseti ellenőrzése szükséges a normál közúti forgalomnál nehezebb járművek esetében (40 tonna felett).¹⁸¹ Ilyen jármű éppúgy lehet civil jármű (pl. transzformátor vagy generátor szállítás), mint katonai jármű (harckocsi, nehézeszköz szállítás). Katonai forgalomban ezek lehetnek kerekese és lánctalpas járművek is. A meglévő híd egyedi ellenőrzése szükséges azokban az esetekben is, amikor a híd teherbírása 40 tonnánál kisebb.

¹⁷⁸ LENNER 2014.

¹⁷⁹ LENNER 2016.

¹⁸⁰ HAJÓS–GOSZTOLA 2024.

¹⁸¹ HAJÓS 2024a.

Túlsúlyos járművek esetén végzett vizsgálatban a szakértőnek nagyobb szabadsága van, mint új híd tervezésekor. Ilyen esetben lehet alkalmazni egyedi biztonsági szinteket is – minden esetben a körülmények alapos vizsgálatával.

A katonai mobilitás érdekében országos szinten, hálózati rendszerben ismerni kell a hidak megfelelőségét a túlsúlyos járművek közlekedéséhez. Civil túlsúlyos járművek közlekedése egyszerűbb feladat, mert ezek tipikusan eseti jelleggel közlekednek és adott esetben lehetséges nagyobb kerülő utak használata is.

Mint bemutattam a biztonság fogalma, értelmezése és különösen a hasznos teherhez rendelt biztonsági tényező csökkentésének megítélése komplex probléma. A biztonság lehet nagyobb vagy kisebb, de soha nem lehet zérus.

Minden híd állt a leszakadása előtti órában. Ha egy jármű áthaladt egy hídon anélkül, hogy az leszakadt volna, nem jelenti azt, hogy a híd az adott járművet „elbírja”, csupán azt, hogy egyszer „elbírta”.

A szükséges biztonság megtartása mellett a teherhez rendelt biztonsági tényező csökkentésének vizsgálatához tapasztalatok nyerhetők a hídüzemeltetésből, hídvizsgálatokból, hidak próbaterheléseiből, a túlméretes járművek közlekedéséből.

A szakirodalomban a katonai parciális tényezők csökkentésének vizsgálatára csak valószínűségi számításra épülő levezetéseket és javaslatokat találunk. Az üzemeltetési tapasztalatokon alapuló tényezőcsökkentés jól párhuzamba állítható a valószínűségi számításra alapuló eredményekkel. Alábbiakban bemutatom a fél-valószínűségi számítási módszer lehetőségeit.

A publikált javaslatok megbízhatósági szintek elemzésén alapuló valószínűségi eljárás eredményei.¹⁸² Ehhez használt matematikai módszereket alkalmazzák a katonai műveletek tervezéséhez és a hidak katonai teherbírás értékelésében is. Ennek az eljárásnak részletes irodalma van.¹⁸³

A STANAG 2021 előző kiadásának melléklete ajánlásokat tartalmazott, megadva a katonai hasznos terhelésekhez az Eurocode méretezési szabvány szerinti CC2 és CC3 kárhányad osztályokhoz¹⁸⁴ rendelve a javasolt biztonsági tényezők értékeit, külön a különböző közlekedési

¹⁸² SÝKORA et al. 2014.

¹⁸³ MACDONALD–BARTLETT–WIGHT 2016.

¹⁸⁴ Az Eurocode szabvány az egyes építményeket kárhányad szerinti osztályokba (Consequence Class – CC) sorolja, differenciálva azok esetleges károsodásából vagy kieséséből fakadó kockázatokat. A szabvány három kárhányad osztályt különböztet meg: CC1, CC2 és CC3. A közúti hidak általában a CC2 osztályba tartoznak

esetekre vonatkozóan (Normál – Óvatos/Caution – Veszélyes/Risk). A tényező felvételénél három katonai tervezési élettartam (1 hét, 4 hét, 1 év) közül választhattunk. Ez a STANAG 2021 2017. évi változatában¹⁸⁵ jelent meg, de a szabályozási szakaszt a hatályos szabványból kihagyták, így ennek alkalmazása egyedi mérlegelés alapján a parciális tényező felvételének nemzeti hatáskörén belül lehetséges.¹⁸⁶

A 3. és 4. táblázat mutatja a biztonsági tényezőkre vonatkozó javasolt értékeket, amely a tényezőket Roman Lenner 2014-ben megjelent doktori disszertációjában¹⁸⁷ dolgozta ki és tette közzé, s tőle vette át a szabvány előző kiadása.

3. táblázat: A biztonsági tényezők CC3 kárhányad osztály esetén¹⁸⁸

CC3	Állandó teher	Hasznos teher
Normal átkelési eset	1,21	--
kis dinamikus hatás	--	1,40
közepes dinamikus hatás	--	1,50
Óvatos átkelési eset (Caution)	1,21	1,26
Kockázatos átkelési eset (Risk)		
1 hét élettartam	1,20	1,23
4 hét élettartam	1,18	1,20
1 év élettartam	1,17	1,18

4. táblázat: A biztonsági tényezők CC2 kárhányad osztály esetén¹⁸⁹

CC2	Állandó teher	Hasznos teher
Normal átkelési eset	1,19	--
kis dinamikus hatás	--	1,33
közepes dinamikus hatás	--	1,40
Óvatos átkelési eset (Caution)	1,19	1,22
Kockázatos átkelési eset (Risk)		
1 hét élettartam	1,18	1,19
4 hét élettartam	1,16	1,16
1 év élettartam	1,16	1,16

(közepes veszteség emberéletben, a gazdasági, társadalmi, környezeti következmények számottevők). Polgári méretezés esetén a legszigorúbb, CC3 kárhányad osztályba sorolandók, amelyek kiemelt jelentőségűek (pl. Duna-hidak)

¹⁸⁵ AEP-3.12.1.5 2017: K.8.6 [1] pont.

¹⁸⁶ A fejezet alábbi, biztonsági tényezőkkel kapcsolatos részeit doktori kutatásom részeként a Science & Military folyóiratban publikáltam: HAJÓS 2024f: 16-17.

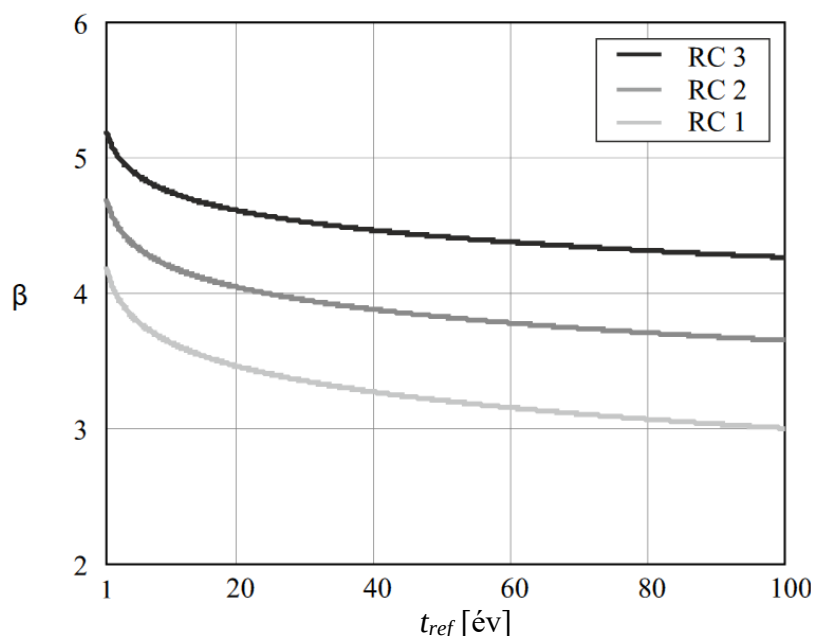
¹⁸⁷ LENNER 2014.

¹⁸⁸ LENNER 2014: 128.

¹⁸⁹ LENNER 2014: 128.

A tényezők elméleti levezetését Lenner részletesen tárgyalja. A levezetés alapja az Eurocode megbízhatósági index – tervezett élettartam grafikonja (8. ábra).

A 8. ábra azt mutatja, hogy a rövidebb tervezési élettartam magasabb megbízhatósági szinttel jár.



8. ábra: A megbízhatósági index (β) a tervezési élettartam (t_{ref}) függvényében, különböző megbízhatósági osztályokra¹⁹⁰ vonatkozóan¹⁹¹

Ezt úgy kell értelmezni, hogy ugyanazon szerkezetre (ellenállás) és/vagy ugyanazon terhelésre (ütés) vonatkozik. Például az 50 éves meghibásodási valószínűséget úgy számolják ki, hogy az egy évre vonatkozó valószínűséget 50 egymást követő, független eseményként összegzik, amelyek közül ha egy bekövetkezik, a híd meghibásodik. Így hosszabb időtartamok esetén a meghibásodási valószínűség nő, a β (megbízhatósági szint) pedig csökken.

A megbízhatósági index (β) két résztényező függvénye: az emberi élet veszélyeztetésétől függő rész (human safety; β_{hs}) és a szerkezet kialakításától függő rész (structural safety; β_0).

¹⁹⁰ Az Eurocode méretezési szabvány (MSZ EN 1990:2011) megbízhatósági osztályba (Reliability Class – RC) sorolásra ad lehetőséget. Három osztály van, RC1, RC2 és RC3. Az egyes osztályokhoz különböző megbízhatósági indexek tartoznak (β) a tervezési élettartam függvényében. A hidakat a két magasabb osztályba, az RC2 és RC3 kategóriába kell sorolni.

¹⁹¹ MSZ EN 1990:2011

A katonai terhelhetőség értékelésekor a megbízhatósági szintet nem a tervezési élettartamból kell levezetni, hanem a valószínűségi megfontolások alapján meghatározott igényekből.¹⁹² Ha ezek a külső feltételek azonosak, és csak a tervezési élettartam különbözik (mert az üzemeltetési terv szerint a hídnak csak egy hétig vagy egy évig kell működnie), akkor a megbízhatósági szint azonos lesz.

Ugyanez található Lenner disszertációjában is. Ő azt állítja, hogy a β_0 nem változtatja meg a szerkezet élettartamát (5. táblázat).

5. táblázat: Megbízhatósági indexek kárhányad osztályok és tervezési idő függvényében¹⁹³

Kárhányad osztály	Élettartam	β_{hs} human biztonság	β_0 szerkezeti biztonság	β max
CC3	1 hét	3,4	2,8	3,4
	4 hét	3,0	2,8	3,0
	1 év	2,0	2,8	2,8
CC2	1 hét	2,9	2,4	2,9
	4 hét	2,4	2,4	2,4
	1 év	1,3	2,4	2,4

Nézzünk egy egyszerű példát: Csak egy hétre van szükségünk $\beta_0 = 3$ megbízhatósági szintre az „A” híd esetében, és szintén $\beta_0 = 3$ megbízhatósági indexre szükségünk van a „B” híd esetében is, de egyéves tervezési élettartam mellett. Nyilvánvaló, hogy az egyenlő β_0 és a költségoptimalizálás eredményéből származó biztonsági tényező az „A” híd esetében alacsonyabb lesz, mint a „B” híd esetében, mert a hatás bekövetkezésének valószínűsége rövidebb idő alatt alacsonyabb. Ennek eredményeként a „A” hídon hatékonyan nagyobb katonai hasznos terhelést tudunk igazolni, mint a „B” hídon. Ez az állítás számos egyszerűsítést tartalmaz. A vizsgálandó hatás valószínűsége nem csak az idő függvénye. Így lehetséges, hogy egy hidat csupán csak egy hétig használnak, de e rövid idő alatt a forgalom folyamatos és intenzív. Lehetséges az is, hogy egy hidat egy évig használnak, ellenben a várható forgalom közel nulla. A statisztikailag

¹⁹² LENNER–KEUSER–SÝKORA 2014; LENNER–SÝKORA 2016; LENNER–MANAS–SÝKORA 2016.

¹⁹³ LENNER 2014: 119.

befolyásoló paraméterek többsége nehezen felvehető és bizonytalan, ezért egyszerűsítésképpen használjuk csak a tervezési időt.

A bemutatott egyszerű elméleti példa ellentétes a szabványban 2017-ben közölt kockázati tényezőkkel. Emellett a szabványban szereplő paraméterekből más ellentmondások is lehetségesek: például ugyanazon híd nem felel meg az 1 hetes tervezési élettartamnak, miközben megfeleltethető az 1 éves tervezési élettartamnak.

Javaslatot tettem a tényezők egyszerűsítésére és az 1 éves tervezési élettartamra vonatkozó tényezők alkalmazására a rövidebb élettartamok esetében is.¹⁹⁴ A tényezők korrekciójának elhagyása egyúttal a biztonság javát szolgálja. Ha valaki rossz vagy régi tényezőkkel számol, akkor csak a biztonság irányába téved. Az 1 éves tényezők a tervezési élettartamtól független tényezőként fogadhatók el (6. táblázatot).

6. táblázat: Javasolt biztonsági tényezők CC2 kárhányad osztály esetén¹⁹⁵

CC2	Állandó teher	Hasznos teher	Hasznos teher*
Eredeti érték	1,35	1,50	1,35
Normal átkelési eset	1,19	--	--
kis dinamikus hatás	--	1,33	1,23
közepes dinamikus hatás	--	1,40	1,28
Óvatos átkelési eset (Caution)	1,19	1,22	1,15
Kockázatos átkelési eset (Risk)			
1 hét élettartam	1,18	1,19	--
4 hét élettartam	1,16	1,16	--
1 év élettartam	1,16	1,16	1,11

Lenner a hasznos teher parciális tényezőit úgy határozta meg, hogy 1,5-öt vett kiindulási, eredeti értéknek (amely a táblázatban CC3-ként maximális értékkel szerepel). A magyarországi tehergépjárművek biztonsági tényezője a hatályos Eurocode szerint 1,35. Így, ha az eredeti tényező 1,35, akkor a *Hasznos teher** oszlopban szereplő értékeket kell használni. Ebben az oszlopban a 1,5 és 1,35 közötti különbség miatt egyszerű arányosítással vettem fel a tényezőket.

¹⁹⁴ HAJÓS 2024f: 17.

¹⁹⁵ Szerző szerkesztése.

A hidak katonai teherbírásának osztályozásakor a parciális tényezők (biztonsági tényezők), a dinamikus tényezők felvétele nemzeti hatáskörbe tartoznak, és azokat minden ország maga határozhatja meg.

Kutatásom eredményeként, a meglévő hidak katonai teherbírásértékelésének magyarországi alkalmazásához javaslom a 6. táblázat szerinti csökkentett biztonsági tényezők alkalmazását az alábbi kiegészítésekkel:

- Amennyiben a vizsgált híd eredeti tervezési előírásában szereplő biztonsági tényező alapértéke a táblázatban megadottól eltérő, akkor annak megfelelő arányosítást kell alkalmazni.¹⁹⁶
- Ha a híd önsúlya megbízható forrásból ismeretes (pl. emeléskor megmérték, vagy szabatos geometriai felméréssel ellenőrzött), akkor egyedi szakértői megfontolással az önsúly biztonsági tényezője tovább csökkenthető legfeljebb 1,05 értékig.
- A normál átkelési esetben megadott alacsony és közepes dinamikus hatás alapján számított biztonsági tényező független a hasznos terhet figyelembe vett dinamikus tényezőtől és annak esetleges csökkentésétől.
- Ha a híd eredeti tervezési előírásában nem volt az önsúly terheléshez tartozó biztonsági tényező,¹⁹⁷ akkor a hasznos teher biztonsági tényezőjét csak fél értékkel szabad csökkenteni.

3.2.3 Javaslat normál átkelési eseteknél alkalmazandó parciális tényezőkre katonai igénybevétel esetén

A hidak katonai teherbírásértékeléséhez rendelt parciális tényezőkre vonatkozóan a STANAG 2021 normál átkelési esethez előírja: „Normál átkelési körülmények között a forgalmi (hasznos teher) terhelési tényezőnek a polgári tervezési értékhez hasonlóan kell lennie, de a megbízhatóság elfogadott (alacsonyabb) célszintjének figyelembevétele érdekében csökkenteni kell.”¹⁹⁸

¹⁹⁶ Példa: Ha az eredeti tervezési előírásban az önsúly biztonsági tényezője eredetileg 1,15 volt, akkor normál átkelési esetben a táblázatban szereplő 1,19 helyett 1,08 alkalmazandó.

¹⁹⁷ Például az 1950. évi ideiglenes Hídszabályzat esetében. Példa: Ha az eredeti tervezési előírásban az önsúlynak nincs biztonsági tényezője, de a hasznos tehernek a biztonsági tényezője eredetileg 1,5 volt, akkor Óvatos (Caution) átkelési esetben a hasznos teher biztonsági tényezője a táblázat szerinti 1,22 helyett 1,36 értékkel számítandó.

¹⁹⁸ AEP-3.12.1.5 2024: 4.1.5. 4.

A biztonsági koncepció minden országnak saját eljárásán alapul, ugyanakkor nem választható szét az alkalmazott hídértékelési módszertől. A gyors, hatékony és megbízható igénybevétel korrelációs hídértékelés esetén normál átkelési esetben – hasonlatosan a polgári túlméretes járművek közlekedésére vonatkozó előírásokhoz – alapesetben nem javasolt a biztonsági tényező csökkentése.

Részletes hídszakértői megfontolással, összhangban a STANAG 2021 idézett részével, élhetünk a biztonsági tényező csökkentésével a 6. táblázat és a hozzá fűzött megjegyzések szerint.¹⁹⁹

3.2.4 Javaslat Óvatos (Caution) és Veszélyes (Risk) átkelési esetek parciális tényezőire

Az Óvatos (Caution) és Veszélyes (Risk) átkelési eseteknél, részletes számításnál és korrelációs módszer esetén is használhatóak a 6. táblázat szerinti csökkentett parciális tényezők, a hozzá rendelt megjegyzések mellett.

Részletes egyedi besorolás mellett, ha ismert a híd normál átkelési esethez tartozó katonai besorolása, akkor a táblázat szerinti tényezőcsökkentésekből számított arányokkal gyors eljárás-ként növelhetjük a híd teherbírási besorolását. Ebben a növelésben egyúttal figyelembe vehetjük a dinamikus tényező csökkentésének lehetőségét²⁰⁰ is.

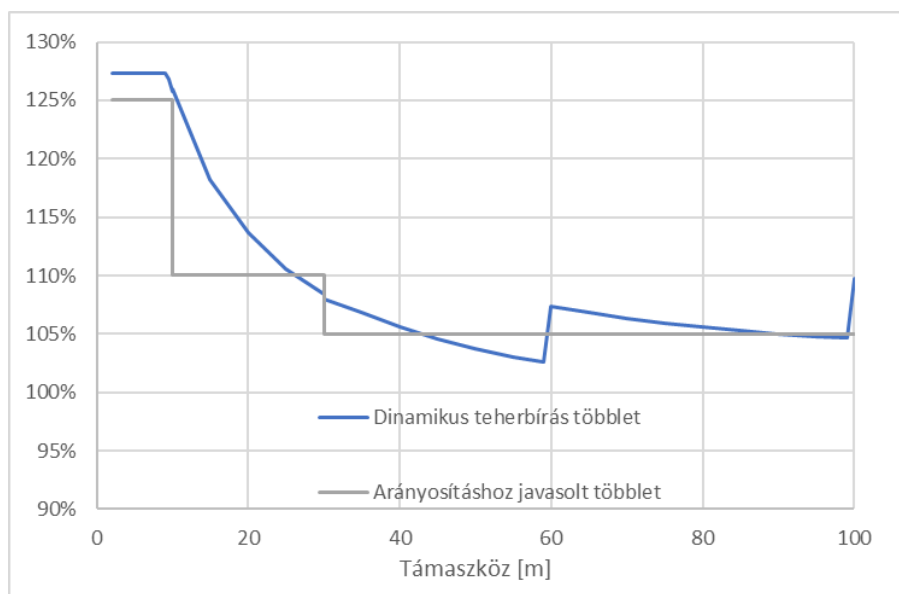
Valamennyi polgári hídszabályzat szempontjából a biztonság javára (lefelé) való közelítéssel úgy tekintem, hogy a híd tervezéskori hasznos teher biztonsági tényezője 1,35 volt. Ettől eltérő tervezéskori tényezők mellett kedvezőbb eredményre jutunk. A 2a korrelációs értékelést alkalmazva az önsúly biztonsági tényezőjének csökkentését nem kell figyelembe venni, abból származó további előnyök részletesebb számítással használhatóak ki.

A 6. táblázat szerint az Óvatos (Caution) esethez rendelt hasznos teher biztonsági tényező (1,15) és a szabályzati tényező (1,35) aránya 117%, Veszélyes (Risk) esetén pedig (1,11 és 1,35) az arány 122%. Ez a parciális tényező arány, mint teherbírás többlet vehető figyelembe.

¹⁹⁹ A hatályos STANAG 2021 szerinti 2a hídértékelési módszerrel a biztonsági tényezők csökkentése nélkül olyan megbízható katonai teherbírás besorolást nyerhetünk, ami a szabvány szellemiségének megfelelően alkalmasnak tartok állandó MLC meghatározásra is. A Szabvány ezen eljárásra kimondja, hogy nem alkalmas a híd állandó MLC számításához, de a részletes eljárás leírásánál a korrelációhoz alapul vett hídtervezési szabályzati teherszintet az adott híd építési évének és hálózati helyzetének csupán becslésének tekinti. Amennyiben ismeretes megbízható forrásból (híd tervek, nyilvántartások) az adott híd tervezési teherbírása, akkor ezen bizonytalanság lényegesen kisebb, ami jelentősen megbízhatóbbá teszi a módszert, ezért ekkor indokolatlan a híd MLC besorolását csak ideiglenesnek venni.

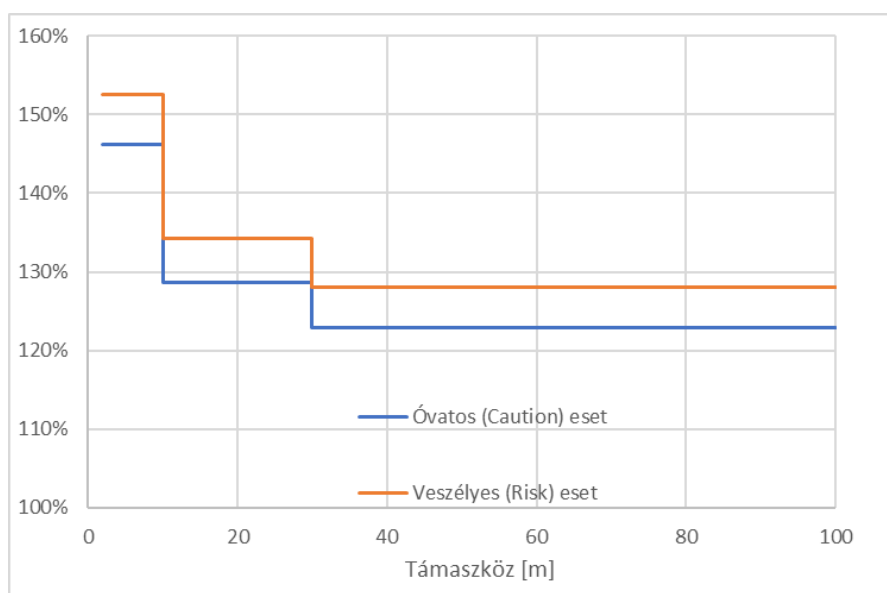
²⁰⁰ A dinamikus tényező csökkentésére vonatkozó javaslatom a 4.3 fejezetben található.

A láncaltalpas járművek és 80 tonna feletti kerekes járművek esetében a dinamikus tényező csökkentése a támaszköz függvényében különböző előnyt okoz (9. ábra).



9. ábra: A dinamikus tényező csökkentéséből adódó teherbírás többlet és az egyszerű arányosításhoz javasolt többlet a támaszköz [m] függvényében²⁰¹

A parciális tényező csökkentéséből és a dinamikus tényező csökkentéséből származó teherbírás többletek együttesen a támaszköz függvényében összeszorozhatóak (10. ábra).



10. ábra: A parciális tényező és dinamikus tényező csökkentéséből adódó teherbírás többlet együttes értéke a támaszköz [m] függvényében²⁰²

²⁰¹ Szerző szerkesztése a 4.3 fejezetben megadott javasolt tényezők alapján.

²⁰² Szerző szerkesztése a 4.3 fejezetben megadott javasolt tényezők alapján.

A levezetett teherbírás többlet Óvatos (Caution) esetén 10 m támaszközig 146%, 10-30 m támaszköz tartományban 129%, 30 m támaszköz felett 123%. Ugyanez a többlet Veszélyes (Risk) esetén 10 m támaszközig 153%, 10-30 m támaszköz tartományban 134%, 30 m támaszköz felett 128%.

A STANAG 2021 szerinti besorolás alapját képező, kéttámaszú tartóra számított mezőközépi nyomaték és támasz feletti nyíróerő igénybevételek értékeiből számítható a többlet MLC osztályhoz szükséges igénybevétel többlet.

Az egyes szomszédos MLC osztályokhoz tartozó nyomatéki és nyíróerő igénybevételi értékek arányainak maximumát véve meghatározható, hogy adott arányú igénybevétel többlet, mekkora MLC-osztályozási szám többletet eredményez. Ez a támaszköz függvényében változó. Lánc-talpas járművek esetében, ha a kiinduló híd teherbírás besorolás legalább MLC50, a szélső értéként 1% MLC-osztálytöbblet lefelé legfeljebb 1% igénybevétel többlet szükséges.

Ennek ismeretében a biztonsági tényezőtől és dinamikus tényezőtől levezetett többlet a támaszköz ismeretében MLC besorolási szám százalékos többletként alkalmazható. Tehát egy 20 m támaszközü híd esetében a Normál átkelésre minősített MLC80/T-One hídteherbírás Óvatos (Caution) esetre (129%) besorolható MLC103/T-Caution osztályba, Veszélyes (Risk) esetben (134%) pedig MLC107/T-Risk osztályba.²⁰³

A bemutatott százalékos hídteherbírás emelést csak kellő jártassággal bíró hídszakértő²⁰⁴ alkalmazhatja. Ennek a többletnak a figyelembevételéhez elengedhetetlen a híd szerkezeti ismerete (pl. mértékadó lokális terhelési eset kockázatával kell-e számolni).

A javasolt tényezőcsökkentések, különösen a biztonsági tényező csökkentésének feltétele, hogy a hídszerkezet jó állapotban legyen, teherbírást csökkentő károsodás nélkül.

Figyelembe kell venni továbbá, hogy a hídon létesítése után végzett önsúlyt növelő beavatkozásokkal jelentősen csökkenhet a szerkezet hasznos teherbírása.²⁰⁵

²⁰³ $80 \cdot 1,29 = 103,2$, illetve $80 \cdot 1,34 = 107,2$ számítás lefelé kerekítésével. A bemutatott Óvatos (Caution) és Veszélyes (Risk) átkelési eseteknél a híd teherbírásának igazolásakor élhetünk a konvoj elmaradásából és a hídtengelyben való közlekedésből származó előnyökkel is, amelyet a 3.4.2 fejezetben ismertettek.

²⁰⁴ Kellő jártasságú szakértőnek tekinthetjük összhangban a szakmagyakorlásra vonatkozó szabályozással, aki rendelkezik a Magyar Mérnöki Kamara által bejegyzett hídszakértői jogosultsággal (SZÉS12).

²⁰⁵ Ez utóbbi gyakran előfordul kisebb hídszerkezeteknél, amelyeken többszöri új burkolati réteget vezettek át. Nem ritka az olyan híd, amin 10-20-30 cm többlet burkolati teher van, miközben 10 cm többlet aszfalt burkolat alapértéken 240 kg/m^2 egyenletes megoszló hasznos teherbírást emészt el.

3.3 Egységes katonai hídteherbírési jelölésrendszer

3.3.1 Polgári nyilvántartási tapasztalatok

A hídüzemeltetés során sarkalatos kérdés a meglévő hidak teherbírása. A hídszerkezeteket jellemző legfontosabb műszaki adat sajnos a tapasztalatok szerint még a tervekből sem állapítható meg minden esetben egyértelműen. Ennek oka elsősorban az, hogy minden korban az éppen aktuális, mértékadóan előírt szabályzati terhelést gyakran a tervet készítő evidensnek tekintette, olyannyira, hogy a terveken sem tüntette fel.

A meglévő hidak erőtanai számításait tekintve is találkozunk olyannal, amelyik nem adja meg, vagy nem szabatosan adja meg felhasznált alapadatként a méretezési hasznos terhelést, hanem egyből csak a kiszámított eredményt (pl. igénybevételt) közli.²⁰⁶

A szakmai szabályok az időnként ma is hiányos gyakorlat ellenére világosak: a terven fel kell tüntetni az alkalmazott szabványt és terhelési osztályt. A múltban nagyon sok bizonytalanság adódott a nem szabatos gyakorlat miatt. Még a tervezés időpontja sem tekinthető minden esetben perdöntőnek a teherbírás vonatkozásában. Az egyes szabványváltások éveikhez közeli időszakban előfordult „előre” tervezés (mikor a még csak tervezett új szabvány még nem hatályos hasznos terhelését vették figyelembe) és előfordult a régi, visszavont szabvány szerinti hasznos teher számítása is (tudatosan vagy hanyagságból).

Mivel a híd teherbírása a legfontosabb műszaki paramétere egy hídszerkezetnek, nélkülözhetetlen ezen adat egyértelmű és gyors értelmezést nyújtó nyilvántartása. A polgári szabványok történeti áttekintésében bemutattam, hogy összesen 26-féle²⁰⁷ hasznos terhelés volt 1910-től a mai napig hatályban.

A polgári hídüzemeltetésben a sokféle hídtervezési előírás szabatos jelölését utólag, csak a számítógépes hídnilyvántartás bevezetésekor vezették be, ekkor kiegészítve a teherbírás betűjelét a vonatkozó szabvány évszámával (pl. „B” helyett „B/56”). Az 1990-es évek elején, szintén az

²⁰⁶ Különösen bizonytalannak tartom az 1910. évi Hídszabályrendelet (33.034/1910 K. M. rendelet) szerint tervezett hidak esetében a ténylegesen számított hasznos járműteher szintjét. Egyes hidakon elvégzett részletes statikai felülvizsgálat szerint rendszer-szerűen előfordult, véleményem szerint, a szabványban előírtnál nagyobb hasznos teherre való méretezés, változatlanul „első rendű terhelés” megjelölés mellett. Ennek részletes bizonyításához további kutatások szükségesek.

²⁰⁷ 1910: 3-féle, 1935: 3-féle, 1950: 5-féle, 1956: 4-féle, 1967, 1979 és 1986: 3-féle; 2002: 2-féle – a kisebb módosításoktól eltekintve.

egységes és gyorsan értelmezhető teherbírás érdekében vezették be a „tervezési teherbírás”, azaz tervezési szabvány szerinti teherbírás fogalma mellé az „üzemi teherbírás” fogalmát.²⁰⁸ Ez az új teherbírás érték tonnában adja meg azt a jellemző jármű össztömeg felső határt, aminek korlátozás nélküli átengedésére a híd alkalmas. Így a 32/993 üzemi teherbírás azt jelenti, hogy 32 tonna össztömegű tetszőleges jármű a hídon áthaladhat. A „/993” az üzemi terhelés bevezetési évszámára utal. Természetesen, ha az üzemi teherbírás 40 tonnánál kisebb terhelést jelöl, akkor a hídon az üzemi teherbírásnak megfelelő össztömegkorlátozó táblát kell elhelyezni.²⁰⁹

3.3.2 Javaslat a katonai teherbírasi osztályok jelölésére²¹⁰

A STANAG 2021 szerint minősített hidakat akarja használni a NATO egész közössége. Ezért kiemelten fontos, hogy a híd teherbírásértékelése és annak nyilvántartása (jelölése) egyértelmű legyen. A jelölésrendszer fontosságát növeli, hogy egy hídnak egyszerre tipikusan többféle teherbírasi besorolásának is kell lennie. Definiálni kell a teherbírast külön kerekessel járműre és lánctalpas járműre. Definiálni kell az egyes átkelési esetekre, amiből a szabvány négyféle, eltérő esetet ad meg.

Kétféle jármű (kerekessel és lánctalpas) és négyféle átkelési eset elméletileg összesen nyolcféle teherbírasi értéket eredményez egyetlen hídnak. Világosan látható, hogy ezeket határozottan meg kell különböztetni egymástól. Sajnos találkozunk rossz példákkal is. Helytelen az a gyakorlat, mikor a híd teherbírását egyetlen számmal adják meg: például MLC100. Nem mindegy, hogy a jelölt MLC100 érték a lehetséges nyolcféle eset közül melyikre vonatkozik.

Hasonlóan fontos a teherbírásértékelés módszere is, amit részletesen szabályoz a STANAG 2021. A besorolás módszertana alapvetően befolyásolja a besorolás eredményét és használhatóságát. Közelítő, egyszerűsített módszerrel képzett híddeherbírasi értéknél fennmarad az elvi lehetőség arra, hogy részletesebb módszerrel kedvezőbb teherbírasi értéket kapjunk ugyanazon hídra.

²⁰⁸ Az 1993-ban a civil hídnilyvántartásba bevezetett *üzemi teherbírás* fogalma sajnos nem volt szerencsés szóválasztás, ugyanis a magyar és nemzetközi hídszabványokban egyaránt a hasznos teher üzemi értéke a hidak fáradás-vizsgálatához rendelt, egészen más jellegű terhet definiál.

²⁰⁹ Meglévő hidak erőtan vizsgálatához figyelembe veendő teher és eljárás 1993.

²¹⁰ Kutatásom során a katonai jelölésrendszerrel kapcsolatos publikációim: HAJÓS 2024a; HAJÓS 2024d; HAJÓS 2024f. Jelen fejezetet ezek felhasználásával állítottam össze.

Láthatjuk, hogy katonai szempontból is nagyon fontos a híd teherbírásának pontos jelölése, hasonlóan a bemutatott polgári gyakorlathoz.

A beton szabványos jelölésének mintájára dolgoztam ki a hidak katonai teherbírásához használható jelölésrendszert.

Kutatásom során korábbi tanulmányomban javaslatot tettem a közúti hidak katonai teherbírás-értékelésének egységes és szabványosítandó jelölésrendszerére. Ilyen vagy más jelölésmód az időközben, 2024 novemberében életbe lépett új szabványban nem jelent meg, így ez továbbra is hiányzik. Enélkül nagy a kockázata az adott hídhoz rendelhető többféle MLC érték összekeverésének, helytelen értelmezésének.

A jelölésrendszerre vonatkozó javaslatom első alkalommal a Katonai Logisztika folyóiratban jelent meg,²¹¹ majd később ezt új közlekedési esettel kiegészítettem és a javaslatom pontosítottam.²¹²

A szabatosan jelölt teherbírás mutatja annak nominális értékén túl a járműtípust, az egyidejűséget (átkelési eset), az alkalmazott eljárásrendet és a besorolás évszámát. Ezen paraméterek nélkül a híd teherbírás számszerű értéke önmagában nem értelmezhető.

A részletes jelölés megbízhatóságra vonatkozó része (eljárásrend, értékelési módszer és évszám) információd ad a használhatóságra. Javaslom, hogy minden hídnak legyen meghatározva a teherbírása legalább 2a²¹³ hídértékelési szinten.²¹⁴

A szabvány 2024. novemberi új kiadásának változásai miatt a jelölésrendszerre vonatkozó javaslatomat felülvizsgáltam és módosítottam (11. ábra).

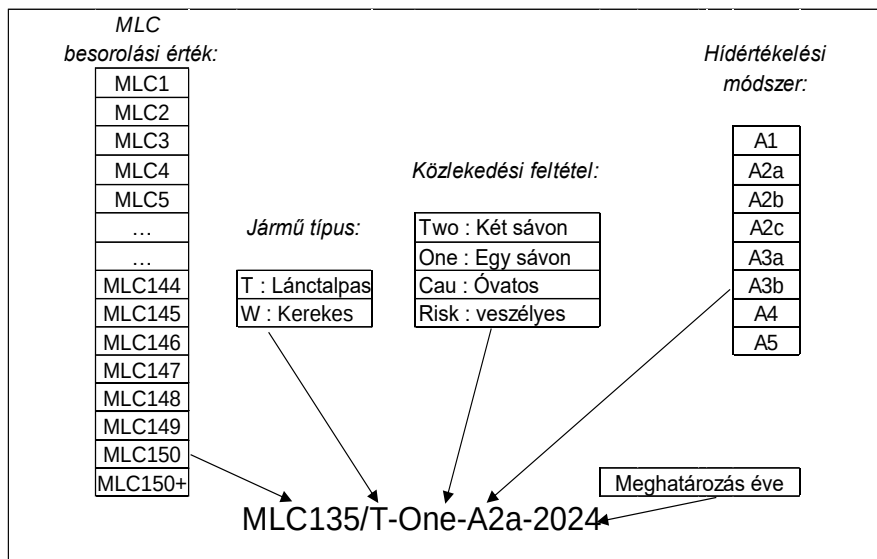
Az új jelölésrendszer egyszerűbb lett, a besoroló személy szakértelmi szintjének elmaradása miatt. A hídértékelési módszerek többségéhez most hozzárendelt, ideiglenes besorolási jelleg külön jelölését nem tartottam szükségesnek, mivel a besorolási módszerre vonatkozó jel egyértelműen megadja, hogy az adott MLC érték a szabvány szerint ideiglenes vagy állandó értelmű.

²¹¹ HAJÓS 2024a.

²¹² HAJÓS 2024d: 104-105; HAJÓS 2024f: 15-16.

²¹³ AEP-3.12.1.5 2024: 4-7.

²¹⁴ A szabvány szerinti részletes analitikai teherbírás értékelési módszerre (3b) példa a 10.3 mellékletben található erőtani számítás.



11. ábra: Javasolt jelölésrendszer az új szabványnak megfelelően ²¹⁵

A 11. ábrában a négyféle átkelési (közlekedési) feltételt az igazolható teherbírás értékének sorrendjében tüntettem fel. Az MLC besorolási érték ugyanazon híd esetében Two esetben a legkisebb és Risk esetben a legnagyobb.

Javasolom a hatályos szabvány következő kiadásának készítésekor, szakmai konszenzus esetén a fenti jelölésrendszer szabványosítását.

3.4 Mintaszámítások katonai teherbírás besoroláshoz

A kutatásom célja a STANAG 2021 hazai alkalmazásba vételének támogatása, segítése. Az alábbi fejezetekben néhány katonai teherbírás-besorolási módszert, szabályt elemeztem, valamint a hídnyilvántartásokból ismerhető polgári hídszabályzatok teherbírási osztályán alapuló, korrelációs katonai hídértékelésre mutatok be gyakorlati példákat. ²¹⁶

A részletes számításhoz megadott biztonsági tényezőket használhatjuk igénybevétel összehasonlítás módszerével készített számítások esetén is. Ilyen esetben elegendő az eredeti szabvány szerinti hasznos járműteher függőleges terheléséből és a katonai jármű függőleges terheléséből

²¹⁵ Szerző szerkesztése. HAJÓS 2025d.

²¹⁶ HAJÓS–GOSZTOLA 2024 nyomán.

származó hatásokat összehasonlítani. Az egyszerű összehasonlítás gyors és megbízható eredményt ad.

Összehasonlító módszer esetén az önsúly és a hasznos teher arányát csak becsülni tudjuk. A biztonság javára, ezért összehasonlító eljárásnál, javaslom az önsúly terhek biztonsági tényezőjét változatlanul hagyni, és csak a hasznos teherre alkalmazni a kisebb biztonsági tényezőt. Minden esetben a szabvány szerinti hasznos terheket az eredeti szabvány szerinti biztonsági tényező függvényében kell felvenni. Ezért az összehasonlító módszer használatához jól kell ismerni a régi hídszabványokat is.

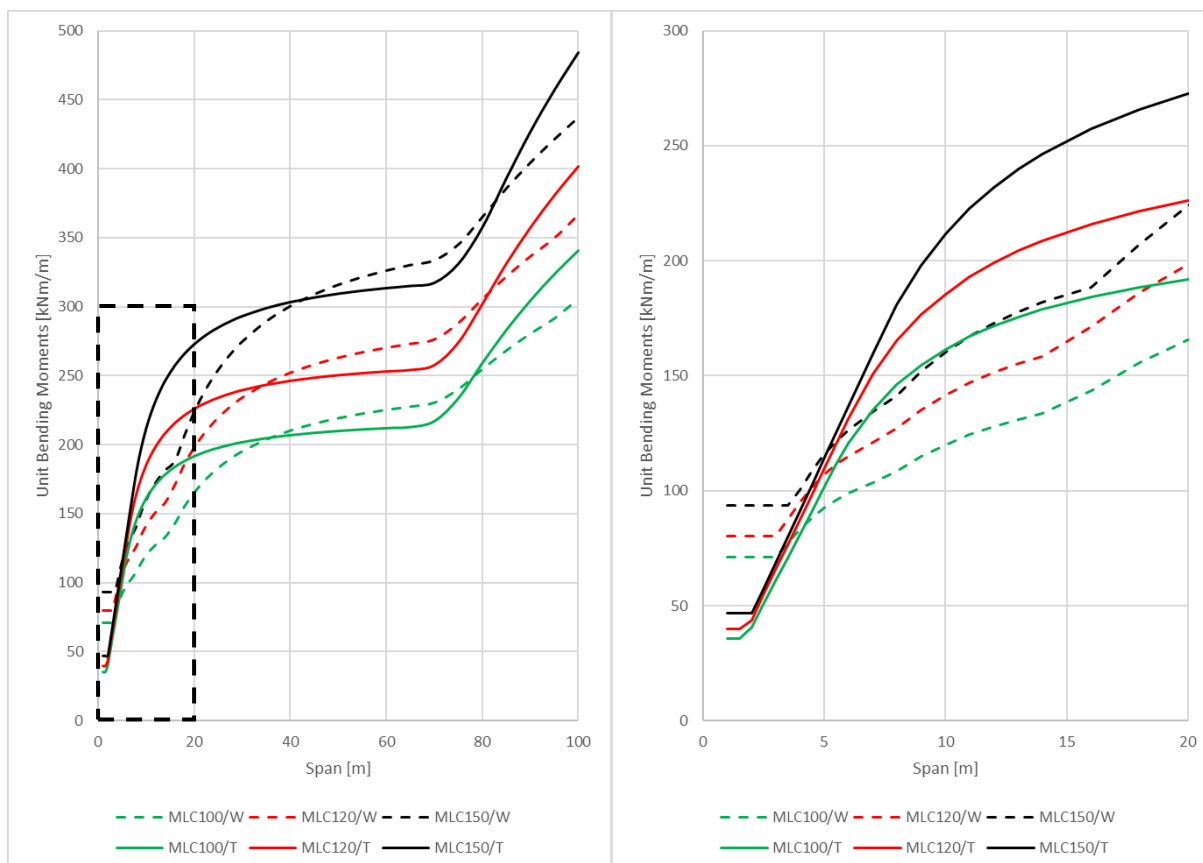
3.4.1 Lánctalpas és kerekes járművekre érvényes hídértékelés viszonyrendszere

A STANAG 2021 táblázatos és grafikus formában tartalmazza a kéttámaszú gerendákra számított nyomaték- és nyíróerő-adatokat. Ezek segítségével gyorsan osztályozhatók az egyszerű gerendahidak. Minden híd értékelése kerekes és lánctalpas terhelésre is elvégzendő. A kétféle teherbírás nem azonos: ezt szemlélteti a 12. ábra, amelyen a három legnagyobb kerekes és lánctalpas terhelés fajlagos nyomatékgörbéi egy közös koordináta-rendszerben vannak ábrázolva.

Ahogy várható volt, a legnagyobb különbségek a kisebb nyílásoknál jelentkeznek. Például 12 m-es nyílásnál az MLC100/T és az MLC150/W görbék metszik egymást. Tehát egy 12 m-es nyílású híd teherbírása kerekes járművek esetében akár két kategóriával is magasabb lehet, mint lánctalpas járműveknél.

A 12. ábra azt is mutatja, hogy 5 és 40 m között a híd teherbírása kerekes járművek esetében nagyobb, mint lánctalpas járművek esetén, de 40 és 80 m között fordított a helyzet: a lánctalpas járművek által okozott igénybevétel nagyobb, mint a kerekes járművek által okozott igénybevétel. Ezeket az összefüggéseket ismerve, ha nincs meghatározva egyazon hídra mindkét típusú teherbírás, akkor azok részben egymásból származtathatók.

A fenti osztályozási példa egyszerűsítéseket tartalmaz, például a nyomaték mellett minden esetben ellenőrizni kell a nyíróerőt is. A hidak osztályozásánál figyelembe kell venni a híd szerkezeti rendszerét is (pl. többtámaszú, alaprajzilag íves híd, szélesség stb.).



12. ábra: MLC100 – MLC150 osztályok fajlagos nyomatéki igénybevételei kerek és láncalpas járműre²¹⁷

3.4.2 Mintaszámítások Óvatos (Caution) és Veszélyes (Risk) átkelési esetekre

Óvatos (Caution) és Veszélyes (Risk) átkelési esetekben kedvezőbb teherbírást érhetünk el egyrészt biztonsági megfontolások alapján (amit a 3.2.4 fejezetben ismerttettem) és az áthaladáshoz rendelt egyidejűsége tekintettel (nincs katonai konvoj, egyetlen jármű van a hídon).

A STANAG 2021 B. mellékletében szereplő osztályozási nyomatéki és nyíróerő táblázatok, valamint ezeket grafikusán ábrázoló grafikonok a C. mellékletben a normál átkelési esetre készítették el kéttámaszú gerendamodellre. A számított és ábrázolt normál átkelési esetben a katonai járművek konvojban közlekednek, azaz az egymást követő katonai járművek utolsó és első tengelye közötti távolság vagy láncalpas járművek esetén az egymást követő járművek láncalpainak felfekvése közötti szabad távolság 30,5 m.²¹⁸

²¹⁷ Szerző szerkesztése. HAJÓS–GOSZTOLA 2024. (A jobb oldali grafikon a bal oldali (0-100 m támaszközre) grafikon 0-20 m támaszközre vonatkozó részletének nagyítása. Lásd a szaggatott vonalú kijelölést.)

²¹⁸ 100 láb.

A járművek nyomatéki vizsgálatakor kb. 65 m támaszköztől ad mértékadó terhelést két egymást követő jármű együttes hatásának figyelembevétele. Nyíróerő ellenőrzésnél már 40 m felett a konvoj teherállás okoz nagyobb igénybevételt, mint egyetlen jármű.

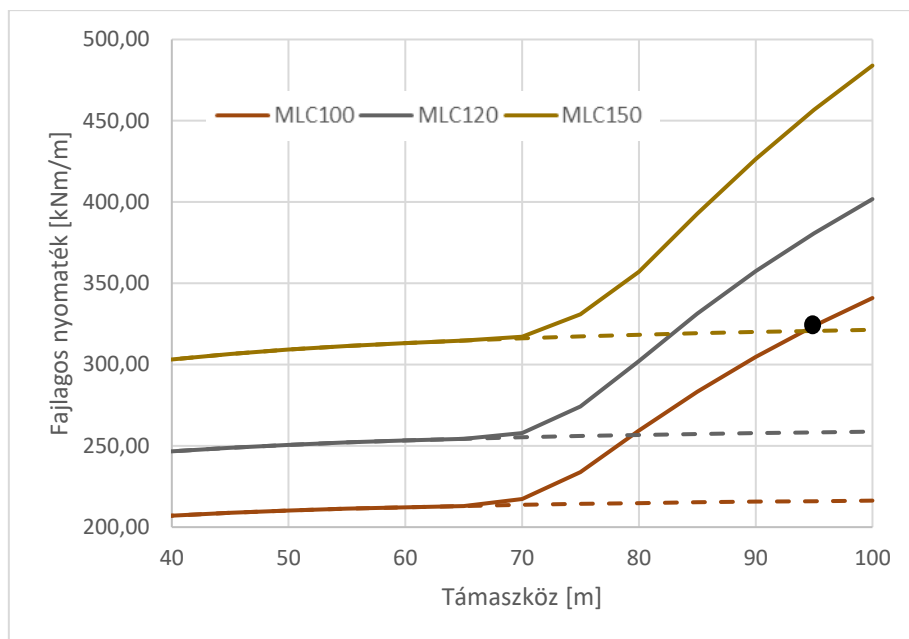
Kiegészítettem a STANAG 2021 B. és C. melléklete szerinti nyomatéki és nyíróerő táblázatokat és grafikonokat egyetlen jármű terhelési esetére, így ugyanazon grafikon egyszerre alkalmas egy adott hídszerkezet konvojos és egyedüli közlekedéshez tartozó teherbírásértékeléséhez. A közölt grafikonjaimmal gyorsabb számítás készíthető Óvatos (Caution) és Veszélyes (Risk) átkelési esetekhez.²¹⁹

Egyúttal a bemutatott számítások és grafikonok jól szemléltetik, hogy nagyobb nyílású hidak esetén milyen arányú többlet teherbírás érhető el Óvatos (Caution) és Veszélyes (Risk) átkelési esettel. A grafikonok tehát nemcsak egy híd besorolására alkalmasak, hanem korábban normál átkelési esetre besorolt hídszerkezet Óvatos (Caution) és Veszélyes (Risk) átkelési esetre való átváltásához is jól felhasználható. Normál átkelési esethez tartozó osztály átsorolásakor a konvoj elmaradásából adódó előnyök mellett a parciális és dinamikus tényezők előnye is érvényesíthető.

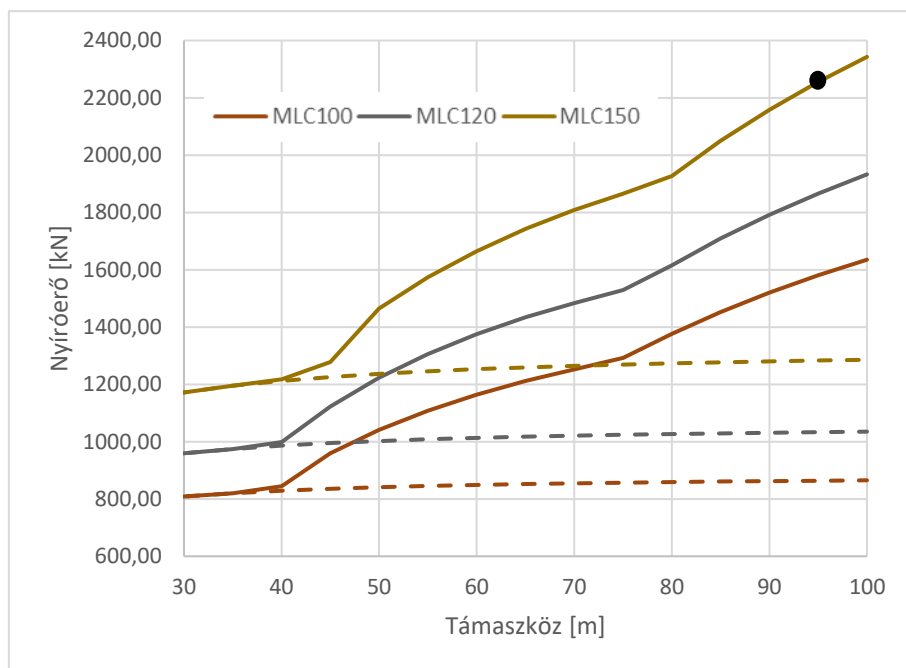
Példának veszek egy 95 m támaszközü hidat, amelynek lánctalpas járműre meghatározott katonai teherbírás besorolása normál átkelési esetre MLC100, azaz a javasolt jelölésrendszernek megfelelően, hídértékelési módszer és évszám nélkül MLC100/T-One.

A híd meglévő besorolása alapján a hídszerkezet nyomatéki és nyíróerő teherbírását jelöltem a fajlagos nyomaték–támaszköz (13. ábra) és a nyíróerő–támaszköz (14. ábra) grafikonokon. A két igénybevételi grafikonról gyorsan leolvasható, hogy a megjelölt igénybevétel meghaladja az egyetlen járműhöz tartozó MLC150 görbét (szaggatott vonalak), így kijelenthető, hogy az MLC100/T-One besorolással rendelkező híd katonai teherbírása egyúttal csak a konvoj hatás elmaradása miatt MLC150/T-Caution teherbírási osztálynak is megfelel. Az így nyert MLC érték még tovább növelhető a 3.2.4 fejezetben javasolt módon.

²¹⁹ Lásd 10.1 mellékletet.



13. ábra: Lánc talpas jármű fajlagos nyomaték–támaszköz grafikonja 95 m támaszközű híd MLC100/T-One teherbírás megjelöléssel²²⁰



14. ábra: Lánc talpas jármű nyíróerő–támaszköz grafikonja 95 m támaszközű híd MLC100/T-One teherbírás megjelöléssel²²¹

A bemutatott egyszerű példa szemlélteti, hogy konvojos közlekedésre meghatározott MLC100-as teherbírás helyett lényegesen kedvezőbb, MLC150 igazolható egyetlen jármű

²²⁰ Szerző szerkesztése. Teljes grafikon: 54. ábra.

²²¹ Szerző szerkesztése. Teljes grafikon: 55. ábra.

közlekedéséhez²²² részletszámítások elvégzése nélkül, a kombinált és mellékletben közölt grafikonok segítségével.

Javaslom a mellékletben közölt grafikonok használatát a meglévő közúti hidak Óvatos (Caution) és Veszélyes (Risk) átkelési esethez tartozó teherbírás besorolásához.

Óvatos (Caution) és Veszélyes (Risk) átkelési esetben továbbá a katonai jármű hídtengetyben halad, aminek szintén számíthatjuk a teherbírás többletét.

A magyar hídtervezési előírásokban a hasznos teher egy ideális járműből és egy egyidejűleg egyenletesen elosztott terhelésből áll. Az első magyar szabványokban (1910, 1935, 1950) nem volt egyenletesen elosztott terhelés (néhány kivételes esetet leszámítva).

Ha a katonai jármű mellett a STANAG 2021 új kiadásának megfelelően nincs polgári forgalom, Óvatos (Caution) és Veszélyes (Risk) átkelési esetben a katonai jármű a híd tengelyében halad.

Ez statikai szempontból kedvezőbb, mert tervezéskor a szabvány szerint az ideális terhelő járművet mindig ott kell elhelyezni, ahol hatása a legkedvezőtlenebb (általában a híd szélén, és nem a tengelyében). Le lehet vezetni a keletkező többlet teherbírást. A rendelkezésre álló többlet a híd szélességétől függ. Minél szélesebb a híd, jellemzően annál nagyobb lehet a többlet értéke.

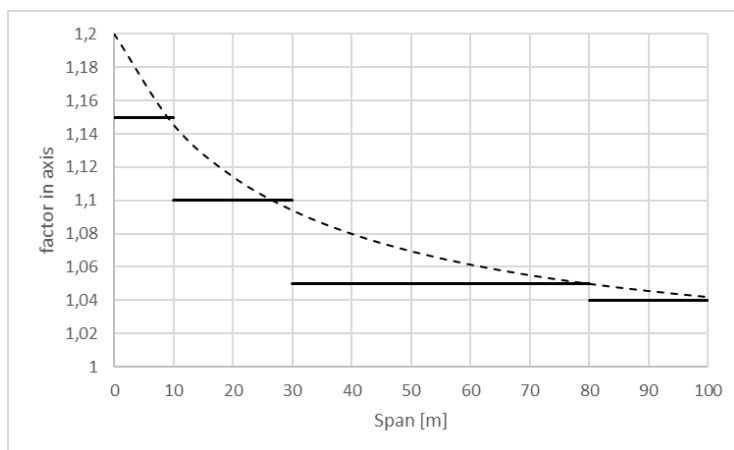
A többlet csak az ideális járműből származik, az egyidejűleg elosztott terhelés szimmetrikusnak tekinthető.

Óvatosan becsülve egy 800 kN-os ideális jármű és egy 10 m széles, 3 kN/m² egyidejű terhelés esetén a számításunkban a számított teherbírás-többlet a nyílásmérettel együtt csökken, ahogy a teljes hasznos terhelésen belül az egyenletesen megoszló terhelés aránya nő.

Konzervatív kereszteloszlási arány²²³ (0,4–0,6) alkalmazásával a 10 m-nél szélesebb híd esetében a hídtengetyben fellépő terhelésnél a fennmaradó teherarány 1,2 (0,6/0,5). Az egyenletesen megoszló teher figyelembevételével, a támaszköz függvényében a 15. ábrán látható elméleti görbét kapjuk.

²²² Noha a jelenleg járatos láncaltapas járművek össztömege messze elmarad a példában szereplő MLC100 és MLC150 értékekkel jelölt teherbírástól, mégis van jelentősége ezen, nagyobb láncaltapas teherbírási osztályoknak is, amire legegyszerűbb gyakorlati példa műszaki meghibásodás miatt egymást vontatott két láncaltapas jármű.

²²³ KIM 2012; KIM–TANOVIC–WIGHT 2013.



15. ábra: Hídtengelyben közlekedő járművel elérhető teherbírás többlet a támaszköz függvényében²²⁴

A kiszámolt teherbírasi többletet négy különböző állandó értékkel egyszerűsítettem, 0-100 m tartományban: 10 m támaszközig 1,15; 10 és 30 m támaszközök között 1,1; 30 és 80 m támaszköz között 1,05, 80 m támaszköz felett pedig 1,04.

Mint bemutattam Óvatos (Caution) és Veszélyes (Risk) átkelési esetben a normál keresztezéshez képest teherbírasi többlet számítható a kisebb dinamikus és biztonsági tényezők miatt, a konvoj elmaradása miatt és a katonai járműveknek kereszteloszlás szempontjából kedvező, hídtengelyben való közlekedéséből.

A háromféle előny számítását illusztrálja a következő példa. MLC80/T-One teherbírású, 80 m támaszközű hídon Óvatos (Caution) átkelési esetben a 13. és 14. ábra grafikonjainak segítségével megállapítható, hogy igazolható az MLC120/T teherbírás. Ezt tovább növelhetjük a dinamikus és biztonsági tényezők csökkentésével (123%²²⁵) és a hídtengelyben való közlekedéssel is (104%). A két módosító százalékos tényezővel ($120 \times 1,23 \times 1,04 = 153,5$) a híd teherbírasi besorolása MLC150/T-Caution.

A fenti példa szerint MLC80 kiindulási teherbírásból csupán százalékos és grafikonos módosító tényezőkkel MLC150 teherbírást képeztünk. Ez igen jelentős többlet, ami óriási előnnyel jár a katonai mobilitás szempontjából, de ezen szabályok alkalmazásához mindenképpen hídszakértő közreműködése szükséges. Az országos hídállomány jelentős részén a bemutatott teherbírás emelések alkalmazhatóak (tipikusan monolit vasbeton hidak, előregyártott sűrű hídgerendás

²²⁴ Szerző szerkesztése. HAJÓS–GOSZTOLA 2024.

²²⁵ 3.2.4 fejezet szerint, 30 m támaszköz felett.

felszerkezetek), de érzékeny szerkezeti rendszereknél korlátozó megfontolások szükségesek (acél rácsostartók, pályalemez átszakadás vizsgálat stb.).

3.4.3 Katonai teherbírás besorolás többtámaszú gerendahidakhoz

A STANAG 2021-ben a teherbírás osztályozásra szolgáló táblázatok kéttámaszú tartóra vannak számítva. Egyéb statikai modell esetén nem használhatóak. Mivel a leggyakoribb hídszerkezet Magyarországon az előregyártott és előfeszített vasbeton hídgerendás rendszer, amely szükség szerint többtámaszúsítható, elkészítettem a többtámaszú hídmodellhez tartozó mintaszámításokat.

Többtámaszú tartó esetén mind a nyomatékok, mind a nyíróerők a híd nyílásközeinek arányától és az egyes szakaszok merevségi viszonyaitól függenek. Állandó felszerkezeti merevségre (inerciára) és két azonos (1 : 1) nyílásból álló, háromtámaszú folytatólagos gerendamodellre készítettem el a számításokat.²²⁶

Többtámaszú szerkezet esetén a minimálisan ellenőrizendő legalább a mezőközépi pozitív nyomaték, a közbenső támasz feletti negatív nyomaték, továbbá a nyíró igénybevétel a szélső támaszok (hídfo) felett és a közbenső támasz (pillér) zónájában. Az alépítmények (pl. pillér reakció) jellemzően nem mértékadóak a híd teherbírásának megítélésakor.

Az elvégzett számítások a többtámaszú gerendaszerkezet viselkedését jól reprezentálják, számos esetben közvetlen alkalmasak hidak katonai teherbírás értékelésére, hasonlóan a STANAG B. és C. mellékletében lévő kéttámaszú gerendákhoz. Szükség szerint további többtámaszú gerenda táblázatok és grafikonok készíthetők további (pl. 1 : 2; 1 : 1,5) nyílásarányú folytatólagos szerkezetekre is.

Az igénybevételeket befolyásolja, ha kettőnél több nyílás kapcsolódik egymáshoz folytatólagos tartóként. A harmadik és további nyílások csak kisebb mértékben befolyásolják a mértékadó igénybevételeket a vizsgálandó katonai járművek esetében, ezért ennek részletes vizsgálatával nem foglalkoztam.

²²⁶ Lásd 10.2 mellékletet.

A statikai számításokat AXIS VM X5 végeselemes programmal készítettem el gerendamodel-
len, lineáris számítással. A hasznos terhet automatikus léptetéssel vettem figyelembe, 0,5–
1,0 m léptetési távolsággal.²²⁷

A számításokat MLC60–MLC150 terhelési osztályokra készítettem el mind konvojós, mind
egyedüli katonai láncaltalpas járműterhelésre. A számítás eredményeit numerikusan és grafiku-
san a 10.2 melléklet tartalmazza.

A konvojós közlekedéshez képest egyetlen vizsgált jármű esetén (Óvatos – Caution eset) a tá-
maszköz függvényében a nagyobb nyílásoknál kaphatunk kedvezőbb teherbírési besorolást.
Láncaltalpas jármű esetén mezőközépi nyomatékokban kb. 55 m-ig, közbenső támasz feletti ne-
gatív nyomatékban kb. 22 m-ig, hídfő nyíróerőben kb. 40 m-ig és közbenső pillér feletti nyíró-
erőben pedig kb. 35 m-ig nincs különbség, e felett viszont lényeges teherbírési többlet igazol-
ható egyetlen járműre.

A többtámaszú tartókra készített táblázatok, grafikonok alkalmasak normál átkelési esetre vo-
natkozó besorolás átváltására Óvatos (Caution) esetre, hasonlóan a kéttámaszú tartókhoz. Így
egy 52 + 52 m támaszközü folytatólagos, MLC80/T-One besorolású kétnyílású híd²²⁸ külön
ellenőrzött mezőközépi többlet nyomatéki teherbírás mellett megfeleltethető
MLC90/T-Caution²²⁹ teherbírési osztálynak, ha az átsorolásban a közbenső pillér feletti nyíró
igénybevétel volt a mértékadó.

További vizsgálat esetén – amennyiben az adott hídnál az eredeti (MLC80/T-One) besorolásnál
nem a hídfő feletti nyíróerő volt a mértékadó, akkor – lehetséges még kedvezőbb, pillér feletti
nyíróerőt vizsgálva már MLC100/T-Caution teherbírás igazolása is.

Vizsgált többtámaszú modellen, általános esetben az egyedül haladó járművekre 60 m-nél na-
gyobb támaszközökre nyerhető bizonyosan a konvojós esetnél nagyobb teherbírás.²³⁰

²²⁷ A végeselemes programmal készített, léptetett hasznos terhelésből fakadóan a képzett mértékadó teherállások
kis mértékben eltérhetnek a matematikailag lehetséges szélső értéktől, amit csak aránytalanul több számítással
járó kis teher-léptetéssel kaphatnánk meg. Az így adódó eltérésnek nincs gyakorlati jelentősége, ezért az ered-
mények kellő megbízhatóságot adnak és elfogadhatóak.

²²⁸ Kiválasztott példa megfelel a 306. sz. főút 1+890 km szelvényében lévő Miskolc, északi elkerülőn álló
BOSCH-úti Sajó-híd paramétereinek.

²²⁹ Ezen felül értelmezhető a biztonsági tényező esetleges csökkentéséből és a dinamikus tényező csökkentéséből
adódó katonai teherbírástöbblet.

²³⁰ N.B. A magyar hídállományban legnagyobb halmazát az előregyártott hídgerendás felszerkezetek képezik,
amelyek részben többtámaszúak. E tartótípus többtámaszúsítása azzal az óriási szerkezeti előnnyel járt, hogy
egyszerűbb a támaszkialakítás, nincs szükség dilatációra és ezáltal tartósabb szerkezetek építhetők. Továbbá
100 m jellemző hídhosszig valamennyi támasznál a felszerkezetet az alépítményre csuklós vasalással lekötöt-
ték, így a saruk építése is elhagyható volt. A magyar hídtervezés történet sajátossága, hogy az előregyártott

3.4.4 Polgári hídszabályzatok katonai teherbírási megfeleltetése – A-jelű terhelés

Az országos közúti hídállomány legnagyobb részének, 4585 db hídnak (55,3%) a méretezési teherbírása A-jelű. A polgári hídszabályzatok bemutatásakor kifejtettem, hogy az 1956. évi hídszabályzattal bevezetett A-jelű teher és az ezt követő előírások szerinti A-jelű teher érdemben nem változott, így lehetséges ezek együttes vizsgálata.

A mintaszámításban 9 m széles kocsipályát vettem figyelembe a polgári szabályzat szerinti, 80 tonnás A-jelű ideális jármű mellett. Ekkor az egyidejű megoszló terhelés intenzitása $3,825 \text{ kN/m}^2$ az ideális jármű területén kívül²³¹.

A dinamikus többletet e számításban nem a 3.2.4 fejezet szerinti, egyszerűsített támaszköz tartományokhoz rendelt értékekkel, hanem a tervezési, pontos (támaszköztől függő) dinamikus tényező és a csökkentett tényező arányával számoltam.

A számításban biztonsági tényező csökkentéssel és a hídtengelyben való közlekedésből adódó esetleges előnyökkel nem számoltam.

Kerekkes katonai járműre vizsgálva, nyomatéki ellenőrzésre 3 m támaszköz felett igazolható a legmagasabb teherbírási osztály, mind a nyomatéki, mind a nyíróerő ellenőrzés során, így a vizsgált hídcsoport katonai besorolása megfelel MLC150/W-One értéknek.

Lánc talpas terhelésre hasonló eredményt kapunk, így a teljes vizsgált támaszköz tartományra érvényes katonai teherbírás MLC150/T-One.

hídgerendákkal épített hidak esetében nemzetgazdasági takarékosági megfontolásból az a szakmai döntés született, mivel a közbenső támasz felett mértékadó negatív nyomatéki csúcsok erőtanai kezelése súlyos műszaki akadályokba ütközött (nem fér el a szükséges vashányad a keresztmetszetben), hogy a mértékadó negatív nyomatékra csak üzemi teherszintre (kvázi a mértékadó hasznos teher 40%) kell az ellenőrzést elvégezni. Azaz elméleti megfontolással egészen a 2000-es évekig e hidak tipikusan úgy épültek, hogy bár szerkezetileg többtámaszúak, erőtanai szempontból a mezőközépi nyomatékokat kéttámaszú tartóként számították, s csupán „tartóssági okokból” többtámaszúsított felszerkezet üzemi teherszint felett a támaszkeresztmetszetekben berepedhet.

²³¹ A jármű területe alatti megoszló terhelést az ideális jármű terhelésének 0,90875 csökkentő tényezővel való megszorzásával vettem figyelembe a polgári szabályzatnak megfelelően.

A fenti, igen kedvező katonai teherbírás besorolás bizonyítja, hogy a polgári szabályzat szerint A-jelű hidak a katonai mobilitási igényeknek bőségesen megfelelnek még a jellemzően keskenyebb, számításomban figyelembe vett 9 m széles kocsi pályája esetén is.²³²

3.4.5 Polgári hídszabályzatok katonai teherbírási megfeleltetése – B-jelű terhelés

Az országos közúti hídállomány második legnagyobb teherbírási csoportja a B-jelű terhelésre méretezett hidak: 1703 db híd (20,6%). A B-jelű hidak döntő többségének kocsi pályája szélessége eléri a 7 m-t, ezért a katonai teherbírás megfeleltetést erre az egyidejű kocsi pályája szélességre végeztem el.

A mintaszámításban 7 m széles kocsi pályát vettem figyelembe a polgári szabályzat szerinti, 40 tonnás, B-jelű ideális jármű mellett. Ekkor az egyidejű megoszló terhelés intenzitása 4 kN/m^2 az ideális jármű területén kívül²³³.

Kerekes katonai ideális járművek esetén mindenkor a nyíróerő igénybevételi korreláció a mértékadó. Az elvégzett besorolás eredménye: 17 m-ig MLC80/W-One, 7-30 m tartományban MLC90/W-One, e felett 50 m támaszközig MLC100/W-One, végül 50 m támaszköz felett MLC110/W-One.

Lánctalpas katonai ideális járművek esetén kisebb támaszközökben a nyomatóerő, nagyobb támaszközökben a nyíróerő igénybevételi korreláció a mértékadó. Az elvégzett besorolás eredménye: 17 m-ig MLC70/T-One, felette 24 m-ig MLC80/T-One, felette 30 m-ig MLC90/T-One, 30 m és 60 m közötti támaszközök esetén MLC100/T-One végül 60 m feletti támaszközök esetén MLC110/T-One.

3.4.6 Polgári hídszabályzatok katonai teherbírási megfeleltetése – Gőzeke terhelés

Az országos közúti hídállomány harmadik legnagyobb teherbírási csoportja a H-jelű, azaz az 1910. évi hídszabályrendelet szerint méretezett hidak: 1415 db híd (17,1%). Az országos

²³² A levezetés és következtetés csak kéttámaszú gerendára érvényes, egyéb szerkezetek esetén, így többtámaszú hidaknál is más eljárás szükséges.

²³³ A jármű területe alatti megoszló terhelést az ideális jármű terhelésének 0,85-os csökkentő tényezővel való megszorzásával vettem figyelembe a polgári szabályzatnak megfelelően.

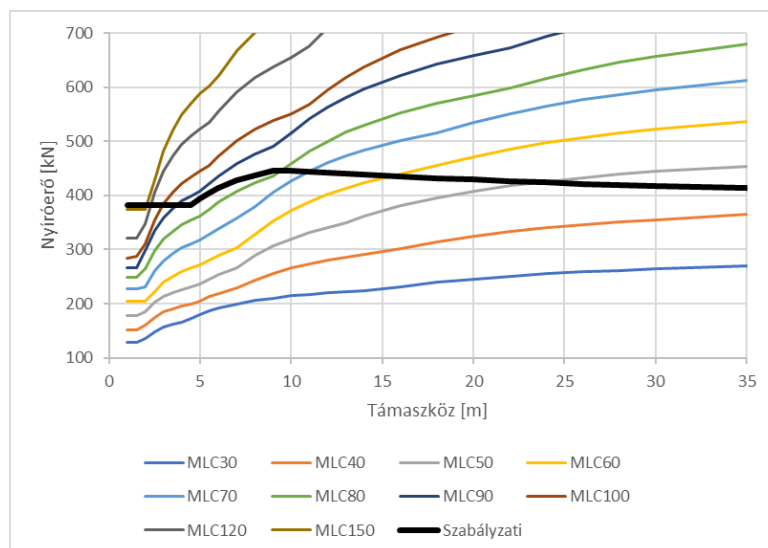
hídállománynak ezt a csoportját kell a legnagyobb óvatossággal kezelni bármilyen teherbírasi korrelációs elemzés esetén, mivel ezen jelentős hídállomány összetétele vegyes. Egyrészt tartalmaz 186 db olyan hidat, amelyik a megjelölt szabályzat megjelenése előtt épült, így bizonyosan más volt a méretezési terhelése. Tartalmazza továbbá az 1935. évi ideiglenes hídszabályzat²³⁴ szerint méretezett hidakat is. Végül említést érdemel, hogy egyedi hídvizsgálatokból ismeretes, miszerint előfordult az 1910. évi gőzeke terhelésnél nagyobb hasznos teherre való méretezés is.

Az 1910. évi szabályzatban három féle terhelési osztály szerepel, ezek között nem tesz különbséget a hídnyilvántartás. Noha a mai országos közúti hídállomány egy része annak idején alsóbb rendű hálózathoz tartozott (vicinális utak²³⁵), előfordulhat, hogy e hídcsoportban találhatóak olyan szerkezetek is, amelyeket nem a 20 tonnás (gőzeke) teherrel jelzett elsőrendű terhelésre építettek.

A korszakban épült hidak kocsipálya szélessége leggyakrabban 4,8 m volt, ezért a katonai besorolást erre a szélességre végeztem el. Egyes esetekben (jellemzően négybordás monolit vasbeton gerendáknál) ezeket a hidakat úgy tervezték, hogy a méretarányos terhelést csak a keresztmetszet felére ellenőrizték, azaz a gőzeke az alatta lévő két főtartó bordát közvetlen terhelte, a kereszteloszlást nem vették figyelembe. A mintaszámításomat erre az esetre végeztem el a korabeli legjellemzőbb hídszélességre. Az eredmények azt mutatják, hogy a katonai nyírási teherbírás a kerékkel haladó járművek esetében a támaszköz növekedésével gyorsan csökken (16. ábra). A lánctalpas járművek esetében a támaszköz függvényében a katonai teherbírás csökkenése kisebb ütemű, a vizsgált hídcsoport többségére MLC60/T-One igazolható.

²³⁴ Az Országos Közúti Hídnyilvántartásban az 1935. évi Hídszabályzatnak nincs kódjelölése. Ennek oka, hogy a két szabályzat közötti különbség viszonylag kicsi.

²³⁵ Az első magyar úttörvény, az 1890. évi I. törvénycikk értelmében az állami utak megnevezése törvényhatósági út volt, amelyek megyei kezelésben voltak (Államépítészeti Hivatalok). A községi utakat vicinális utaknak nevezték, de ide tartozott számos, községek közötti összekötő út is.



16. ábra: 1910. évi polgári hídszabályzat szerinti két gözekére méretezett híd és katonai ideális kerek járművek nyíróerő–támaszköz grafikonja²³⁶

A bemutatott példaszámítás egy hídkeresztmetszetben két gözekét tartalmazott a több-bordás vasbeton gerendahidak egyedi vizsgálataiból származó tapasztalatok alapján (lásd 3.5.2 fejezet is). Ezért ezen számítás általánosításra nem alkalmas, minden esetben a híd tulajdonságain és aktuális állapotán alapuló, egyedi katonai besorolás szükséges.

A gözekére méretezett, kisebb nyílású hidak jelentős hányada monolit vasbeton lemezhid, amelyek külön említést érdemelnek. A besorolást egy konkrét példán keresztül illusztrálom. A hálózati szempontból fontos, kelet-nyugati irányú 52 sz. főút köti össze Kecskemét térségét a dunaföldvári Beszédes József Duna-híddal. A főút teherbírasi szűkületét okozza egy kis, 5,54 m támaszközű vasbeton lemezhid, aminek részletes számításra alapuló elemzését végeztem el a katonai teherbírás meghatározása érdekében. A számításom megfelel a STANAG 2021 szerinti 3b²³⁷ hídértékelési módszernek. Az igazolható²³⁸ lánctalpas katonai teherbírás MLC50/T-One lett.

Ennél nagyobb terhelésű katonai jármű közlekedése Óvatos (Caution) és Veszélyes (Risk) átkelési rend szerint lehetséges.

²³⁶ Szerző szerkesztése. A 53. ábra részletébe szerkesztett ábrázolással.

²³⁷ Részletes analitikai módszer, az összes vonatkozó szerkezeti adat részletes ismerete és figyelembevétele mellett. AEP-3.12.1.5 2024: 4-7.

²³⁸ Részletes számításaimat lásd a 10.3 mellékletben.

Az 1910. évi Hídszabályzat szerint méretezett műtárgyakhoz tartoznak szinte kivétel nélkül a kő és téglaboltozatú hidak. Ezek teherbírása, amennyiben a szerkezet állapota megfelelő (nincsenek boltozat-deformációk, téglavagy kőkihullások, súlyos fűga-kifagyások), akkor tipikusan lényegesen meghaladják a 20 tonnát.

3.4.7 Közelítő katonai besorolás boltozatokra és keretszerkezetekre

A STANAG 2021 teherbírás besorolásához rendelt igénybevétel táblázatai és grafikonjai két-támaszú gerenda modellre érvényesek. Noha a magyar hídállomány meghatározó többségét a gerendaszerkezetek alkotják, érdemes megvizsgálni milyen közelítő egyszerűsítést tehetünk más statikai rendszerű hidak esetében.

Az országos közúthálózaton összesen 863 boltozat és csőszerkezet van,²³⁹ ami a második leggyakoribb statikai rendszert jelenti (országos közúti hidak 10,4%-a) a gerendahidak után. A harmadik leggyakoribb szerkezeti rendszer a keret²⁴⁰. Ezek közül a beton és vasbeton keretek száma 453 (5,5%).

Boltozatok és keretek esetében is alkalmazhatjuk az igénybevétel összehasonlító korrelációs módszert a katonai teherbírás osztályokba soroláshoz. Ezen hidak statikai modellezése azonban lényegesen bonyolultabb, nagyobb szakmai felkészültséget és gyakorlatot kíván és nehezebben tipizálhatóak.²⁴¹

A boltozatok és keretek mértékadó leterhelésére jellemző, amikor a mozgó terheket íves főtartóknál a féloldalasan, befogott kereteknél pedig a közbenső tartószakaszon koncentrálnak.

Ha a boltozat vagy keret támaszköze nem túl nagy (maximum 20 m), akkor a mértékadó igénybevételekhez tartozó hatásbrákat közelíthetjük lineáris hatásra szakaszokkal, szemben a két-támaszú tartók esetében járatos, teljes hosszban való leterheléssel. Ugyanakkor támaszerők vizsgálatakor továbbra is mértékadónak számíthat a teljes leterhelési eset.

A hatásbrák függenek az ívek és keretek merevségi viszonyaitól, támaszok befogásától és a vizsgált igénybevétel típusától. Ívek és keretek egyedi részletes erőtanivizsgálatából származó

²³⁹ 106 db beton boltozat és cső; 51 db monolit vasbeton boltozat és cső; 14 db monolit vasbeton ív; 76 db előre-gyártott vasbeton cső; 331 db hullámosított acéllemez szerkezet; 285 db kő vagy téglaboltozat.

²⁴⁰ 425 db monolit vasbeton keret; 28 db előre-gyártott keret.

²⁴¹ ZIZI-CHISARI-DE MATTEIS 2024.

tapasztalatom, hogy a teljes szerkezet egy részének, így ívek esetén tipikusan a féloldalas és közel féloldalas teherállások okozzák az igénybevételek szélső értékeit.

A biztonság javára való konzervatív közelítéssel a kéttámaszú tartók hatásábráit alapul véve, megállapítottam, hogy az ív és keret statikai rendszerű hídszerkezet teherbírása igazolható, ha a vizsgált terhelésre megfeleltethető az ívvel vagy kerettel azonos támaszközü kéttámaszú tartó (lásd STANAG 2021 táblázatai és grafikonjai), ha ezzel egyidejűleg minden ennél kisebb támaszközü kéttámaszú tartó is megfeleltethető.

Azaz egy 8 m támaszközü tetszőleges ív, függetlenül attól, hogy befogott, háromcsuklós vagy kétcsuklós, köríves vagy szegmens íves, megfelel egy adott MLC osztálynak, ha megfeleltethető a vizsgált teherre a 8 m támaszközü kéttámaszú tartó és minden ennél kisebb támaszközü tartó is (7 m, 6 m, 5 m...). A közelítő eljárást civil túlméretes jármű közlekedéséhez előírt célvizsgálatok során ellenőriztem, a módszer jelentős biztonsági tartalék mellett alkalmazható.

A jelentős közelítéssel az ívek és keretek gyors és egyszerű katonai hídértékelése ezzel a közelítéssel elvégezhető. Az eljárás alkalmazhatósági körét 20 m támaszközüben korlátoztam, mert nagyobb szerkezetek esetén mértékadóak lehetnek lokális hatások, vagy a szerkezet egyéb eleme (vonórúd, pályalemez, kereszttartó stb.), valamint jelentőssé válhat a stabilitásvizsgálat is.

A javasolt módszerrel több mint 1000 országos közúthálózaton lévő hídszerkezet gyors közelítő MLC osztályozása végezhető el.

3.5 Próbaterhelés, mint a hidak teherbírás igazolási módja

3.5.1 Bevezetés a hidak próbaterheléséhez

A hidak próbaterhelése egyidős a hídépítés történetével. Évszázadokon keresztül a hidak tervezését tapasztalati alapon végezték. A hídépítők a kísérletezésekre és különböző teherpróbákra, illetve már megépített és üzemelő hidak építési tapasztalataira alapozták ismereteiket.

A hidak mechanika alapú számítása, méretezése előtti időkben a megépített hidak megfelelőségét számos alkalommal próbaterheléssel ellenőrizték, igazolták. A római korból ismert

szokás, hogy a híd építését próbaterheléssel fejezték be úgy, hogy a hídépítést vezető beállt a híd alá. Ez egyúttal minőségbiztosításnak is megfelelt, életbe vágóan ösztönözve a hídépítőt a megfelelő eredményre. Másrészt megspórolhatták az esetleges „minőségi kifogást” követő felelősségre vonás fáradalmait.

Az alkalmazott mechanikai ismeretek a XIX. század első felében kezdtek el gyors ütemben bővülni. A Széchenyi lánchíd építésekor még csak a húzó- és nyomófeszültséget ismerték, ezeket számolták. A hajlítás, nyírás fogalma ekkor még ismeretlen volt. Amit akkor még számítani nem tudtak, azt kísérletek és teherpróbák alapján tervezték meg.²⁴²

A mechanikai ismeretek fejlődése mellett ma, a számítógéppel támogatott tervezés korában is fontos eszközünk maradt a próbaterhelés. Próbaterhelést kell végezni jogszabály szerint a nagyobb közúti hidak forgalomba helyezése előtt, amit az illetékes közlekedési hatóság ellenőriz.²⁴³ Jellemzően az 50 m támaszköznél²⁴⁴ nagyobb, új közúti hidak építésénél végeznek próbaterhelést, amely során ellenőrzik a híd statikus és dinamikus viselkedését is. Emellett próbaterhelést alkalmazhatunk meglévő hídszerkezet vizsgálata során is.

Fontos hangsúlyozni, hogy a próbaterhelés nem a híd teherbírását hivatott igazolni, hanem a híd erőtani számításának helyességét. Éppen ezért minden esetben a próbaterhelés elválaszthatatlan része az előzetes hídvizsgálat és számítás, amikor meghatározzuk a terhelés során várható értékeket.²⁴⁵

A próbaterhelés és erőtani vizsgálat egymástól elválaszthatatlanok, nem csak új híd építését befejező, a hidak „minősítő” próbaterhelése esetén, hanem meglévő hidak teherbírásellenőrzésével összefüggésben, hídvizsgálati célból végzett próbaterhelés esetén is. Ez hangsúlyosan megjelenik a megépült hidak teherbírás-vizsgálatával foglalkozó Útügyi Műszaki Előírásban is.²⁴⁶ Mögöttes erőtani számítás és szakértői vizsgálat nélkül az, hogy egy hídon egy adott jármű egyszer áthaladt, nem igazolja azt, hogy a híd az adott jármű terhelésére megfelelő. Lehetséges, hogy második áthaladása ugyan annak a járműnek, vagy akár egy kisebbnek is már a híd tönkremenetelét okozza.

²⁴² HAJÓS 2022.

²⁴³ 1/1999. (I. 14.) KHVM rendelet.

²⁴⁴ e-UT 08.01.25: 2019/M1:2024: 26.

²⁴⁵ HAVASI et al 2000.

²⁴⁶ e-UT 08.01.61: 2002: 11.

Korunkban katonai járművekkel, különösen lánctalpas eszközökkel polgári közúti híd próbaterhelésére alig találunk példát.²⁴⁷ Terheléshez a nehéz haditechnikai eszköz helyszínre szállítása lényegesen összetettebb feladat, mint civil járművek használata. Azonban a katonai járművek és a civil járművek tulajdonságainak eltérései miatt, katonai műszaki szempontból sokkal értékesebb eredményeket nyerhetünk, ha elemezhetjük a harckocsi koncentrált terhelésének hatását és a lánctalpas jármű felfüggesztés igen kedvező dinamikai tulajdonságait is.

A katonai hídépítést szabályozó műszaki utasítás is előírja a hidak átvételéhez azok próbaterhelését: „A híd és az odavezető utak szilárdságát próbaterheléssel ellenőrizzük. A próbaterhelés első ütemében legalább háromszor át kell engedni a hídon a számított terhelés felét, majd legalább háromszor a híd számított teherbírásának megfelelő terhelést”.²⁴⁸ A katonai szabályozás a próbaterhelést egységesen előírja valamennyi híd esetében, mérettől függetlenül.

A polgári hídüzemeltetésben alkalmazzuk a próbaterheléssel kiegészített erőtani számítást hídvizsgálatokhoz kapcsolódóan is, igaz lényegesen kevesebb esetben. Hídvizsgálatok részeként két jellemző helyzetben nagy segítség próbaterhelés végrehajtása. Egyik, mikor egyéb módon nem bizonyítható a híd feltételezett erőjátéka (például a számításhoz nincs elegendő adat, hibák, károsodások hatása ismeretlen, számítási és a használati tapasztalatok nagyon eltérőek).²⁴⁹ Másik eset, tipikusan nagyon magas kihasználtságú szerkezeti elemek esetén, amikor a számítási modell egyes bemeneti paramétereit kívánjuk a próbaterhelési eredményekkel pontosítani, a modellezést validálni. Az iteráció része lehet az anyagtulajdonságok (pl. rugalmassági modulus, szilárdság) és a szerkezeti modellalkotás is (pl. befogási viszonyok, többtámaszú viselkedés figyelembevétele).

Végezetül a próbaterhelések közé sorolhatjuk azon katonai alkalmazást, direkt próbát is, mikor elégséges felderítési adatok hiányában, harcászati helyzetben előreküldött harckocsival lehet csak megbizonyosodni egy híd teherbírásáról.

Próbaterheléssel kiegészített erőtani célvizsgálattal igazolható magasabb hídteherbírás meghatározásra mutatok néhány példát a következő fejezetekben. Doktori kutatásomat megelőzően elvégzett próbaterheléseim szervesen hozzájárultak a katonai teherbírásértékelés részeként végzett kísérleti célú sikeres próbaterhelésemhez.²⁵⁰

²⁴⁷ NAGY 2020.

²⁴⁸ Mű/8 1967: 308.

²⁴⁹ e-UT 08.01.61: 2002

²⁵⁰ Lásd 4.2 fejezetet.

3.5.2 Mérk, Károlyi-folyás-híd és Kraszna-ártéri-híd próbaterhelése (2013)²⁵¹

A Szabolcs-Szatmár-Bereg vármegyei Mérkről Tiborszállásra vezető 49138 jelű országos közúton, a Kraszna árterületén két vasbeton híd épült a II. világháború előtt. A hidak pontos építési éve nem ismeretes. Az építési tervek és iratok a közútkezelő tervtárában nincsenek meg. A hidakat korukból adódóan bizonyosan az 1910. évi szabályrendelet²⁵² szerinti I. osztályú terhelésre, azaz a 20 tonnás gőzekére méretezték, ennek megfelelően az igénybevétel-összehasonlító módszer közelítő eredménye szerint mindkét hídon 20 tonna össztömeg korlátozás volt érvényben. Erőtani számítással a híd károsodásai miatt a nagyobb teherbírást nem lehetett igazolni.

A híddal kapcsolatos részletes helyszíni vizsgálatok és irodalomkutatás után minden jel arra mutatott, hogy a híd teherbírása lényegesen kedvezőbb, mint az 1910. évi szabályrendelet szerinti I. osztályú terhelés (17. ábra).

A vizsgált Kraszna-ártéri-híd monolit vasbeton híd, kétnyílású, merev acélbetétekkel, 10,60 + 10,60 m támaszközzel, 4,80 m széles kocsi pályával.



17. ábra: Híd próbaterheléssel igazolt erőtani számítással bevont korlátozás²⁵³

A várható nagyobb merevségre tekintettel a próbaterhelést két négytengelyes, 40 tonnás, zömök tehergépkocsival végeztem 19 statikus teherállásban, majd azt követő 7 dinamikus

²⁵¹ HAJÓS 2013a.

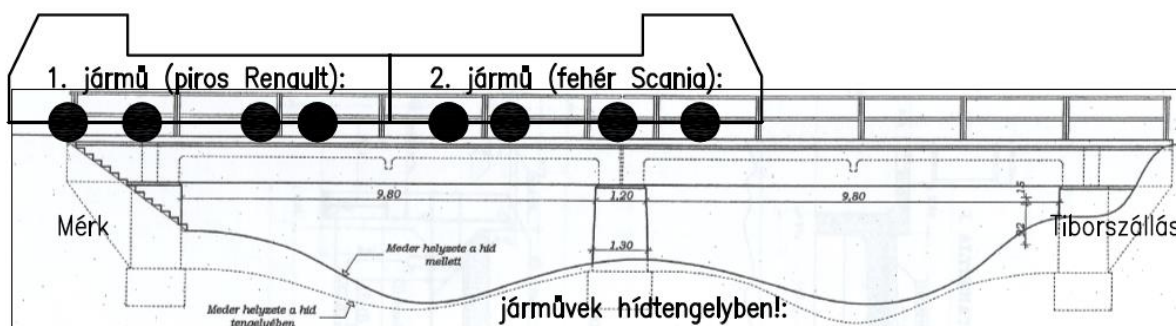
²⁵² 33.034/1910 K. M. rendelet.

²⁵³ Szerző felvétele (2012. évi felvétel).

gyorspróbával a hidat fokozatosan terhelve és lehajlásokat figyelve, a biztonság javára szem előtt tartva, hogy a lehajlás ne haladja meg a 3,9 mm-t (támaszköz 2718-ad része).

A mezőközépi lehajlásokat induktív elmozdulásmérő regisztrátor segítségével mértem a két nyílásban a 4-4 db vasbeton borda alsó övén.

A mért tényleges lehajlás legnagyobb értéke a teljes próbaterhelés során 2,19 mm volt (18. ábra). A dinamikus gyorspróbák (5 – 10 – 20 – 30 – 40 – 50 – 60 km/h sebességű áthaladás) során a legnagyobb lehajlás egy jármű hatására 1,30 mm volt.



18. ábra: Mértékadó teherállás (16. sz. teherállás)²⁵⁴

A 4,80 m széles kocsi pályán egymás mellett az egyenként 2,50 m széles járműveket csak úgy lehetett volna elhelyezni, hogy mindkettő a járda belső szélére feláll, azonban ezen rendkívüli terhelés mérése nélkül is elegendő bizonyossággal kijelenthető volt, hogy a híd korlátozás nélküli közúti forgalomra alkalmas, a 20 tonna össztömeg korlátozó tábla bevonható.

A Kraszna-ártéri-híd próbaterheléséhez kapcsolódóan kihasználva a szomszédos Károlyi-folyás-híd azonos geometriai és építési körülményeit, egyszerűsített méréssel igazoltam a Kraszna-ártéri-híddal azonos viselkedést. A Károlyi-folyás-híd egy nyílású, szabad nyílása 10,00 m, minden egyébben a Kraszna-ártéri-híddal azonos. Telepített mechanikus mikrométer órával mértem a nyílásközép befolyási oldali járdaszélének lehajlását és igazoltam a két testvér szerkezet azonos teherbírását. A próbaterhelési megállapításokat a Károlyi-folyás-hídra is kiterjesztettem, annak 20 tonna össztömeg korlátozását is megszüntetve (19. ábra).

²⁵⁴ HAJÓS 2013a: 10.



19. ábra: Mértékadó teherállás (16. ssz. teherállás)²⁵⁵

3.5.3 Kemecsei öreg Lónyay-főcsatorna-híd próbaterhelése (2013)²⁵⁶

A vizsgált vasbeton szerkezetű hidat 1912-ben építették dr. Zielinski Szilárd²⁵⁷ tervei szerint. A 20 tonnás terhelésre méretezett kerethíd szabad nyílása 9,00 m. A kocsipálya szélessége 4,80 m. A próbaterhelés előtt 32 tonna össztömeg korlátozás volt érvényes a hídon.

A hídüzem kedvező tapasztalatai és a felkutatott levéltári előzmény dokumentumok alapján a próbaterhelés célja a közelítő adatokon alapuló, konzervatív feltételezések alapján érvényben lévő 32 tonnás korlátozás felülvizsgálata, a korlátozás esetleges csökkentésének vagy feloldásának vizsgálata volt.

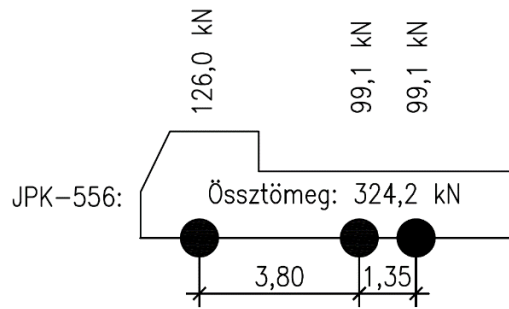
Előzetes statikai számítással a híd bizonytalan belső erőjátéka miatt a teherbírás emelése csak próbaterheléssel volt igazolható. A terheléses vizsgálatot a híd felújításához kapcsolódóan végeztem el. Ez azzal az előnnyel járt, hogy a híd statikai váza, azaz a hídfők rejtett keretlábai csak a felújítás miatt végzett feltárásokkal voltak ellenőrizhetők.

A próbaterhelést 2013. november 18-án végeztem el. A terhelőjármű egy igen zömök, 32 tonna össztömegű teherautó volt (20. ábra).

²⁵⁵ Szerző felvétele. HAJÓS 2013a: 1.

²⁵⁶ HAJÓS 2013b.

²⁵⁷ (1860-1924) Építőmérnök, műegyetemi tanár. Az első magyar műszaki doktor. A Magyar Mérnöki Kamara alapító elnöke. A magyarországi vasbetonépítés atyja.



20. ábra: A próbaterheléshez alkalmazott terhelő jármű²⁵⁸

Az alkalmazott próbaterher és méretezési terhek nyomatéki igénybevételei a következők szerint viszonyultak egymáshoz. A súlykorlátozás feloldásához szükséges 40/1993-jelű hasznos teher²⁵⁹ nyomatéki igénybevétele a tervezéskor számított gőzeke igénybevételének 152 %-a. Az alkalmazott terhelő jármű nyomatéki igénybevétele a gőzeke 148 %-a, illetve a 40/1993-as terhelés 97 %-a, azaz azzal kvázi megegyező volt.

Az legnagyobb mért lehajlás csupán 0,74 mm volt (támaszköz 12 ezred része). Az észlelt lehajlás messze elmaradt a statikai számítás szerint várt értéktől, ami a szerkezet lényegesen kedvezőbb viselkedését igazolta.

Maradó lehajlás nem volt. A 4,80 m széles kocsi pályán két teherautó nem fér el egymás mellett, így az alkalmazott próbaterher mértékadónak tekinthető valamennyi normál teherforgalom vonatkozásában.

A lehajlás mérését a híd alá épített állványzatra rögzített, 0,01 élességű mechanikus mérőórakkal mértem (21. ábra).

²⁵⁸ Szerző szerkesztése. HAJÓS 2013b: 8.

²⁵⁹ Meglévő hidak erőtani vizsgálatához figyelembe veendő teher és eljárás 1993.



21. ábra: Mechanikus mérőórákkal mértem a vasbeton főtartó bordák lehajlását²⁶⁰

A próbaterhelés eredményeként megállapítottam, hogy a híd korlátozás nélkül alkalmas a 40 tonnás, normál közúti terhelésre és a 32 tonna össztömeg korlátozás bevonható.

3.5.4 Tiszakóródi Túr-csatorna-híd próbaterhelése (2013)²⁶¹

A vizsgált Túr-csatorna-híd iskolapéldája az idősebb hídszerkezeteknél gyakran előforduló teherbírással kapcsolatos anomáliáknak, ellentmondásoknak és az ebből fakadó bizonytalanságoknak.

A Túr-csatorna építésekor, 1929-ben háromnyílású, négybordás vasbeton típushidakat építettek, 1944-ben e hidat felrobbantották, helyére a két hídfő helyreállításával egynyílású, alsópályás, rácsos acélhidat építettek felső keresztkötés nélkül. Az új hidat 1950-ben adták át a forgalomnak. A hídon ma is 20 tonna össztömeg korlátozás van érvényben, terelőút kijelölésével.

A roncsanyagokból készített hidat az 1950. évi Ideiglenes Közúti Hídszabályzat szerinti I. jelű teherbírási osztályra méretezték. A híd támaszköze 34,00 m, a kocsipálya 5,50 m széles. A

²⁶⁰ HAJÓS 2013b: 8.

²⁶¹ HAJÓS 2013c; HAJÓS 2013d.

hídon a méretezési szabványból származtatott eljárással 20 tonna össztömeg korlátozást vezetnek be.

1998-ban készített statikai ellenőrző számítás szerint a híd megfelel B-jelű (40 tonnás) terhelésre. Ennek igazolására 2001-ben volt egy korábbi próbaterhelés. A vizsgálat a nagyobb teherbírást nem igazolta, további ellenőrzéseket javasolva.

A 2013. évi próbaterhelésem célja a teherbírás igazolása, a 20 tonna korlátozás felülvizsgálata volt.

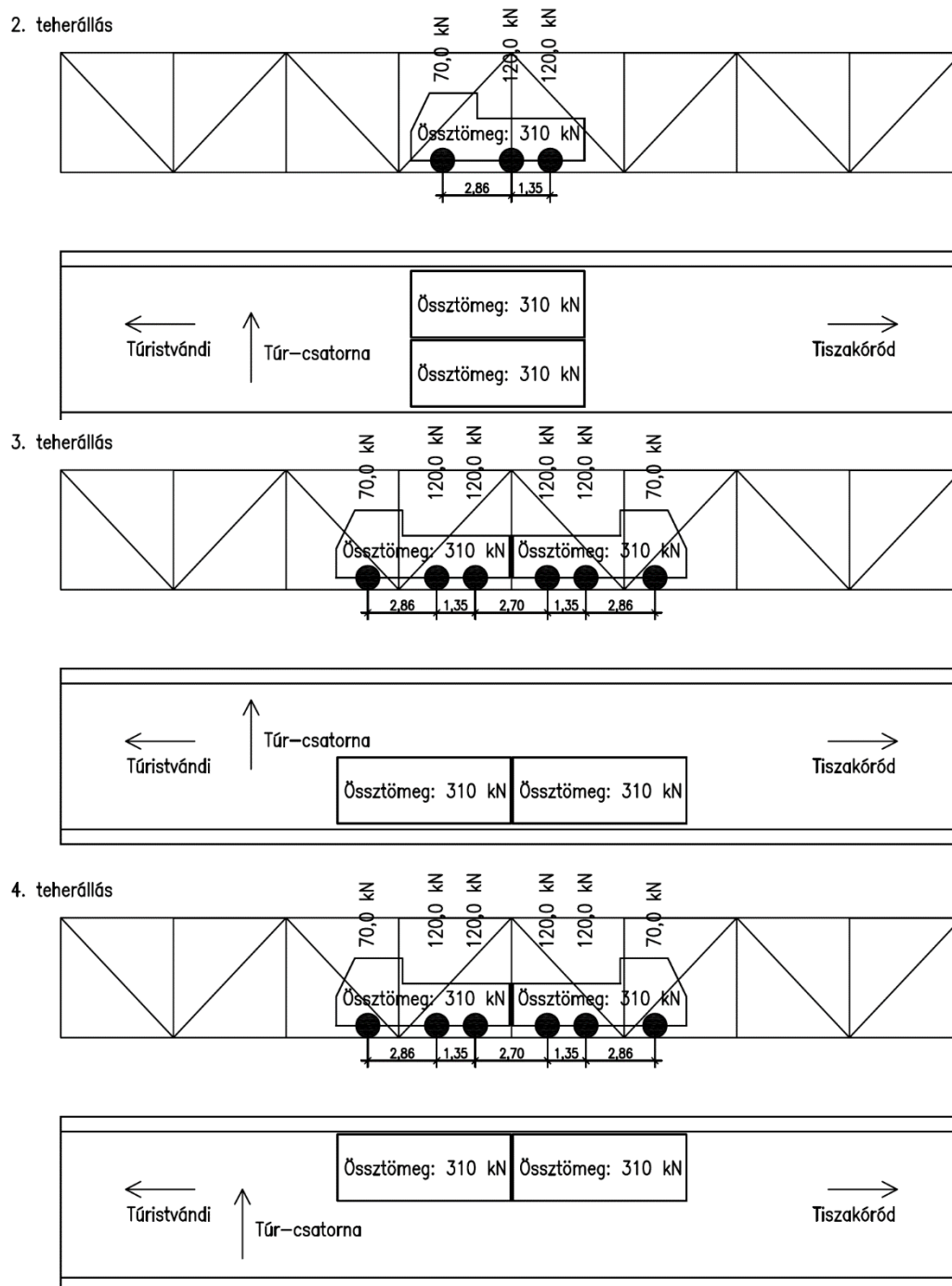
A mérési programban három statikus teherállás és négyféle sebességgel végzett dinamikus gyorspróba szerepelt (23. ábra).

A lehajlás egy főtartóra mértékadó teherállásban a számított 20,3 mm helyett 16,0 mm volt. Mezőközépen a keskeny kocsipályán (nem életszerűen, lásd 22. ábra) egymás mellé óvatosan beállított két teherautó okozta mért lehajlás (14,7 mm) az előzetesen számítottal azonos volt.



22. ábra: A 2. sz. teherállás, két 31 tonnás, háromtengelyes teherautóval²⁶²

²⁶² Szerző felvétele.



23. ábra: Statikus teherállások elrendezése két 31 tonnás, háromtengelyes teherautóval²⁶³

Az elvégzett próbaterheléssel igazoltam, hogy a 20 tonna össztömeg korlátozás megszüntethető, a híd alkalmas a normál közúti forgalomra, továbbá megfelel 60 tonnás terhelésre is. A

²⁶³ Szerző szerkesztése. HAJÓS 2013c: 10.

vizsgált híd próbaterheléssel validált teherbírása megfeleltethető MLC60/T-One katonai teherbírási osztálynak.

A hídon a közútkezelő forgalomszervezési okokból a sikeres próbaterhelés ellenére érvényben hagyta a 20 tonna össztömeg korlátozást, hogy a közeli kavicsbánya forgalma ne terelődjön át a kis kapacitású mellékútra.

3.5.5 Sérült vasbeton lemezhidak próbaterhelése a 37. sz. főúton (2019)²⁶⁴

Egy civil vegyipari berendezés (24. ábra) túlsúlyos közúti szállítása adott alkalmat sérült, erősen korrodált vasbeton lemezhidak lehajlásvizsgálatára a 37. sz. főúton. A méréssel ellenőriztem az előzetes statikai számításaim helyességét, egyúttal sikerült igazolni a feltételezettnél is nagyobb merevséget a helyenként katasztrofális hídkárosodások ellenére (25. ábra).



24. ábra: 250 tonna össztömegű szerelvény közel 16 tonna tengelyterheléssel²⁶⁵

A terhelő jármű magas tengelyterhelése (158,59 kN) és sűrű tengelytávolsága (1,50 m) eredményeként a vizsgált kis méretű, egynyílású hidak mértékadó terhelése 105,7 kN/m volt.

A főúton hat, egy korszakban épített, de különböző nyílásméretű vasbeton lemezhidák állt. A teherbírasi bizonytalanságot a hidak rendkívül rossz állapota okozta.

²⁶⁴ Szerző felvétele. HAJÓS 2019.

²⁶⁵ Szerző felvétele.



25. ábra: A legrosszabb állapotú híd a 34+982 km szelvényben²⁶⁶

A mért lehajlások (7. táblázat) meg sem közelítették a támaszköz 1000-ed részét. Rugalmasságtani szempontból a vasbeton lemezek a károsodás ellenére 1/100 – 1/200 lehajlás arányig rugalmas viselkedésűnek tekinthetjük.

7. táblázat: Legnagyobb mezőközépi lehajlások²⁶⁷

Út-szám	Szelvény	Híd neve	Törzsszám	MAX tk.	MAX lehajlás
37	39+122	Bodrogkeresztúri 1. időszakos vízf. híd	P1841	4,5 m	0,33 mm
37	34+982	Mádi 1. Fürdő-patak-híd	P1840	5,3 m	0,25 mm
37	33+817	Mádi 1. Mádi-patak-híd	P1839	6,42 m	0,71 mm
37	25+002	Bekecsi Gilip-patak-híd	P1836	5,3 m	1,68 mm
37	24+009	Bekecsi Belvíz-árok-híd	P1835	4,26 m	0,86 mm
37	20+420	Harangodi Harangod-ér-híd	P1833	4,3 m	0,84 mm

A túlméretes rendkívüli szállítással végzett próbaterhelés a vizuális vizsgálatok alapján kritikusnak ítélt hidak teherbírását igazolták.²⁶⁸

²⁶⁶ Szerző felvétele.

²⁶⁷ Szerző szerkesztése. HAJÓS 2019: 5.

²⁶⁸ A vizsgált hidak közül hármat a főút négy nyomúsításának részeként utóbb elbontottak.

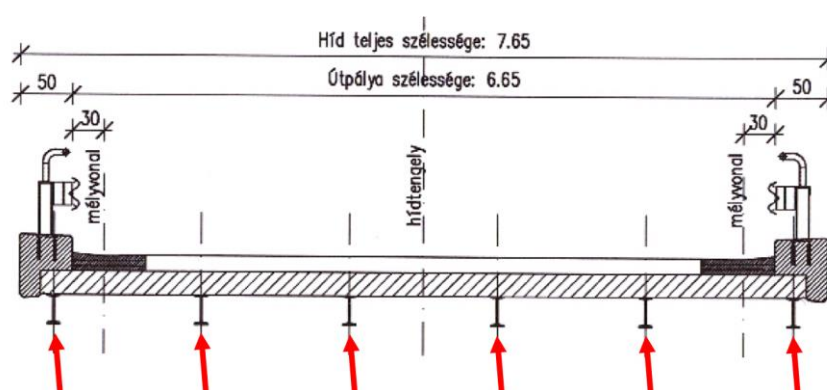
3.5.6 Bakonykoppány utáni Gerence-patak-híd próbaterhelése (2025)²⁶⁹

A Bakonyon kelet-nyugati irányban, Bakonybélien is átvezető 8301 jelű út kapacitását súlyosan korlátozza a Nagygyimót és Bakonykoppány közötti Gerence-patak-híd 22 tonnás össztömeg korlátozása. Az útszakaszon korábban volt több másik súlykorlátozott híd is, de azok idővel átépültek új hídszerkezetté.

A vizsgált híd súlyosan korlátozza a polgári közlekedést (közelben található kőbánya szállításait, a Bakonyból kitermelt fa fuvarozását) és a katonai mobilitást is, ezt igazolja, hogy a híd évtizedek óta szerepel a katonai célú fejlesztési igények között.²⁷⁰ A fejlesztés fontosságát mutatja az is, hogy a hídkezelő a teljes átépítés terveit 2018-ban elkészítette, de forráshiány miatt az építkezés elmaradt.

A hídkezelő Magyar Közút Nonprofit Zrt. 2024-ben országos célvizsgálati sorozatot indított a II. világháború után roncsanyagokból épített öszvér szerkezetű hidak acél alapanyagainak ellenőrzése céljából.²⁷¹ Ebbe a programba beválasztották a szintén öszvér szerkezetű Gerence-patak-hídat is. A hídkezelő megbízására elvégeztem a híd próbaterheléssel egybekötött statikai célvizsgálatát.

A hídszerkezet 8,00 m szabad nyílású, melegen hengerelt, acél I-tartókkal együttdolgozó vasbeton pályalemez (26. ábra). A híd kb. 1948-ban épült kétoldali vasbeton korlátokkal, 6,00 m széles kocsi pályával. 2014-ben a híd széleire vasbeton kiemelt szegély építettek acél vezetőkorláttal, ekkor a kocsi pályája szélessége 6,65 m-re szélesedett.



26. ábra: Mérési pontok a Gerence-patak-híd próbaterhelésekor²⁷²

²⁶⁹ HAJÓS 2025f.

²⁷⁰ KOVÁCS 2004: 60, 72.

²⁷¹ A program célja a rendkívül vegyes eredetű, másodlagosan beépített acél alapanyagok szilárdsági, hegeszthetőségi, fáradási ellenőrzése, tekintettel arra, hogy számos esetben egy hídhoz sokféle eredetű, vegyes roncsanyagot is felhasználtak.

²⁷² Szerző szerkesztése. HAJÓS 2025f: 34.

A célvizsgálat részeként, több más vizsgálat mellett, az elvégzett próbaterheléshez két teherautót használtunk. A kis hídnylás mértékadó leterhelése érdekében kéttengelyes, 20,1 és 18,6 tonna össztömegű gépjárműveket használtam.

A mérési programban statikus és dinamikus gyorspróbák voltak. A szerkezet deformációit mechanikus mérőórákkal mértem támaszközepén, hat pontban, mind a hat acél főtartó alsó övén.

A mért adatokból (8. táblázat) látható, hogy a híd lehajlásai jelentősen elmaradtak a feltételezett statikai vázon számított lehajlásoktól (és a korábbi célvizsgálatokban alkalmazott statikai váz-tól). A feltámaszkodás a hídfőkre ismeretlen, feltételezhetően csuklóvasalással lekötött, megcsúszásnak, szögelfordulásnak nincs jele. A teljes feltámaszkodási szélességet figyelembe véve a támaszok részlegesen befogottak, ami csökkenti a lehajlást. A híd teherbírása szempontjából szintén fontos kereszteloszlást a mért adatok alapján grafikonon ábrázoltam (27. ábra).

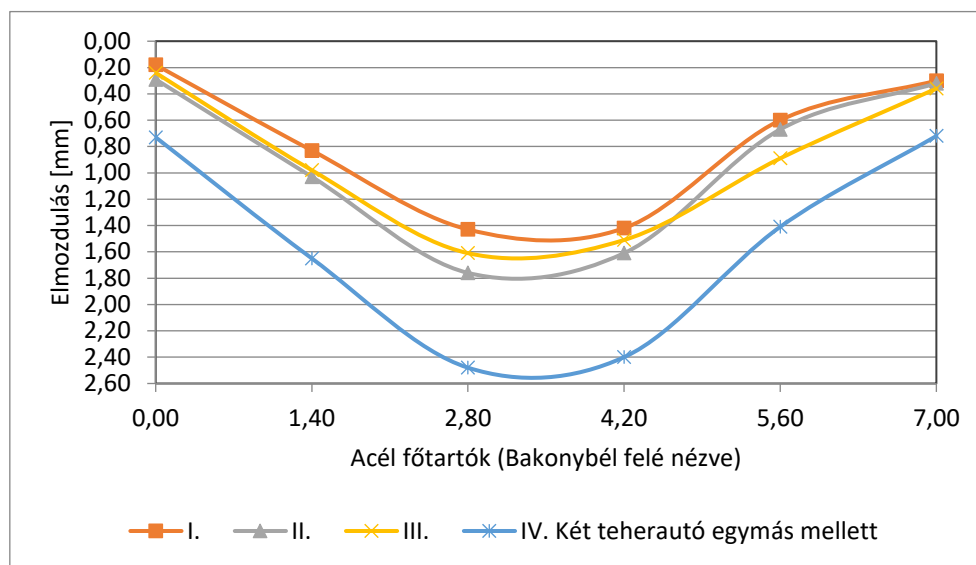
8. táblázat: Statikus teherállások mezőközépi lehajlásai [mm]²⁷³

Idő	Teherállás	Acél főtartók (kifolyás felől befolyás felé számozva)					
		1	2	3	4	5	6
13:39	Üresállás	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13:45	I. Egy jármű tengelyben	0,18	0,83	1,43	1,42	0,60	0,30
13:51	II. Két jármű hídtengetyben	0,29	1,03	1,76	1,61	0,67	0,32
13:55	III. Egy jármű közepén	0,24	0,98	1,61	1,51	0,89	0,36
14:07	IV. Két teherautó egymás mellett	0,73	1,65	2,48	2,40	1,41	0,72

A mértékadó, utolsó teherállásnál közúti közlekedési szempontból életszerűtlen elrendezéssel óvatosan egymás mellé helyeztem nyílasközépi legnagyobb terheléssel mindkét próbaterhelő járművet (28. ábra). Az ekkor mért legnagyobb lehajlás 2,48 mm volt, ami rendkívül kicsiny, a

²⁷³ Szerző szerkesztése. HAJÓS 2025f: 37.

támaszköz 3387-ed része. E teherállást is a híd sérülésmentesen és tökéletesen rugalmasan, maradó alakváltozás nélkül elviselte.



27. ábra: Statikus teherállások kereszteloszlási kiértékelése²⁷⁴



28. ábra: Híd próbaterhelés eredményeként felülvizsgált, bevonható korlátozás²⁷⁵

²⁷⁴ Szerző szerkesztése. HAJÓS 2025f: 38.

²⁷⁵ Szerző felvétele.

A próbaterhelés tapasztalataival, eredményeivel validált modellszámítással meghatározott lehajlásértékek lényegében megegyeznek a mért értékekkel, egyúttal igazolják a hídnyilvántartásnál lényegesen nagyobb hasznos teherbírást.

Megállapítottam, hogy a jelenlegi 22 tonnás korlátozás a hídon felülvizsgálható, a korlátozás feloldható, a statikus terhelés tapasztalatai alapján 40 tonnás teherbírás igazolható.

3.6 Részösszefoglalás

A STANAG 2021 új kiadásában megjelent szabályozás további módosítását javaslom, a 2a hídértékelési módszer elfogadását állandó MLC értékek meghatározásához, amennyiben a korrelációs módszerhez rendelkezésre áll megbízható forrásból a híd tervezési teherbírása és az nem csupán feltételezés.

Továbbra is javaslom a STANAG 2021 következő kiadásának készítésekor, szakmai konszenzus esetén, a katonai hídteherbírásra javasolt jelölésrendszer szabványosítását.

Megfogalmaztam a biztonsági tényezők (parciális tényezők) katonai hídértékelésnél alkalmazható értékeit, ami jelentősen növelheti a katonai mobilitást a hidakon biztosítható magasabb teherbírási osztályok miatt.

Részletes számításokat készítettem egyedüli katonai járműközlekedésre vonatkozóan, valamint többtámaszú gerenda modellre, ami segítheti a többtámaszú gerendás hidak STANAG 2021 szerinti katonai hídértékelését.

4 KÖZÚTI HIDAK DINAMIKUS TÖBBLET TERHELÉSÉNEK KÍSÉRLETI VIZSGÁLATA

4.1 Dinamikus hatás számításának problémái

4.1.1 A dinamikus tényező története és szabványos értékei

Egyetlen hídtervezési szabályzat különbözteti meg a kerekes járművekkel szemben a láncalpas járműveket. A láncalpas járművek és a túlsúlyos járművek hidakat terhelő többlet dinamikus hatása lényegesen eltér a normál, nem túlsúlyos polgári forgalom okozta dinamikus hatástól, ezért érdemes ennek részletes vizsgálata.²⁷⁶

A hatályos magyar polgári hídtervezési ÚME²⁷⁷ a hasznos járműterheknél dinamikus többlet figyelembevételét írja elő, hasonlóan korábbi korok hídszabályzataihoz és számos más ország gyakorlatához.

Az első magyarországi hídszabályzatban is, ami 1910-ben jogszabályként jelent meg, szerepelt már dinamikus tényező, amivel a járműterheket kellett felszorozni, de igen egyszerűen, a támaszoktól függetlenül ennek nagyságát az előírás vas- és acélszerkezet esetében $\mu = 1,4$ tényezővel, vasbeton szerkezet esetében pedig $\mu = 1,3$ tényezővel rögzítette.

1935-ben jelent meg a második magyar közúti hídszabályzat „ideiglenes” jelzővel. Ekkor vették be a támaszoktól függő dinamikus tényezőt.

$$\mu = 1,20 + \frac{10}{30 + l} \quad (1)$$

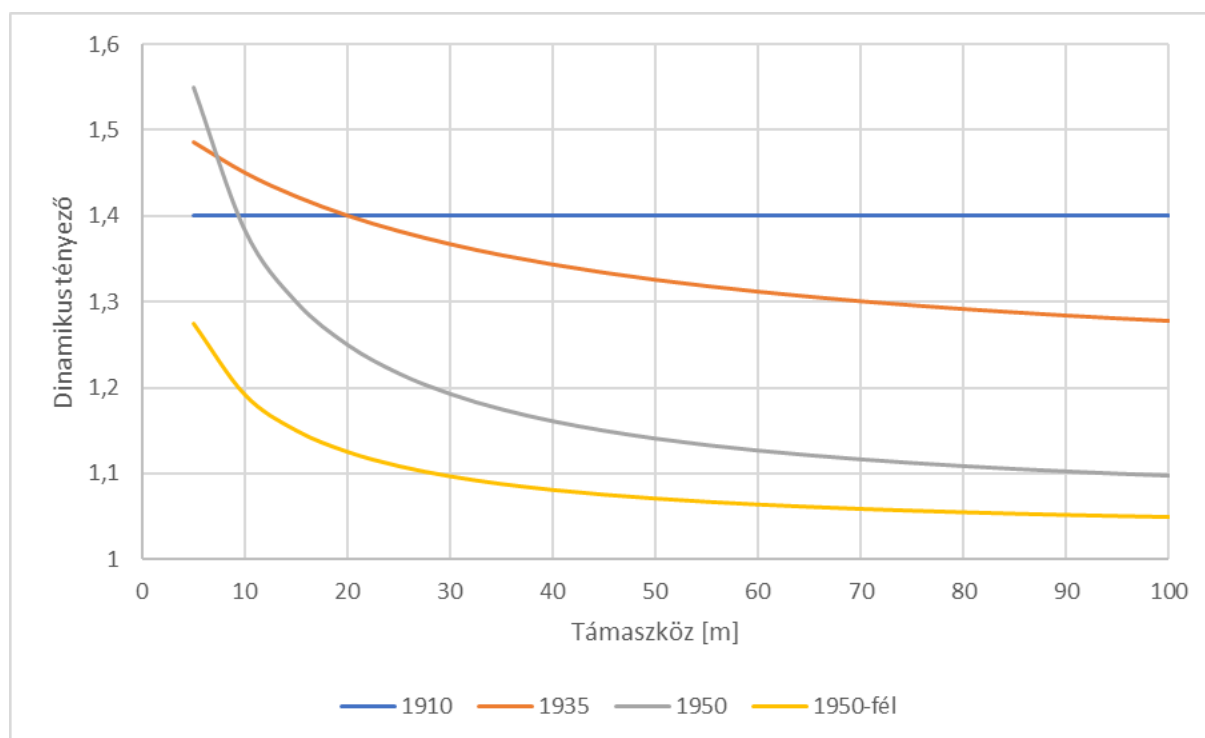
Ahol μ a dinamikus tényező, l a híd támaszköze méterben.

²⁷⁶ Doktori kutatásom e fejezetébe foglaltakat HAJÓS 2024d és HAJÓS 2024g publikációm alapján tárgyalom.

²⁷⁷ e-UT 07.01.12:2011.

A következő, sorrendben harmadik közúti hídszabályzat, szintén „ideiglenes” jelzővel már a II. világháború után, 1950-ben jelent meg. Ebben csökkentették a dinamikus tényező értékét. Az akkor megállapított tényező a mai napig változatlanul érvényes (29. ábra).

$$\mu = 1,05 + \frac{5}{5+l} \quad (2)$$



29. ábra: Közúti hidak dinamikus tényezői az eddigi magyar előírásokban ²⁷⁸

A hatályos magyar Útügyi Műszaki Előírással²⁷⁹ jelenleg párhuzamosan érvényes és használható az Eurocode²⁸⁰ is a közúti hidak méretezéséhez. Napjainkban megjelenés előtt van a közúti hidak erőtanai számítását tartalmazó új Útügyi Műszaki Előírás, ami – több szempontból is paradigmaváltásként – lényegében átveszi a hatályos Eurocode szerinti méretezési módszertant, attól csak néhány, tárgyi vizsgálatunk szempontjából nem releváns ponton eltérve.²⁸¹

Az Eurocode, és így a megjelenés előtt álló új Útügyi Műszaki Előírás tervezet szövege sem tartalmaz alapesetben dinamikus tényezőt. Természetesen dinamikus hatás változatlanul terheli a hidakat, azonban az Eurocode szerinti ideális járműterhek intenzitását (sávonként

²⁷⁸ HAJÓS 2024g: 29.

²⁷⁹ e-UT 07.01.12:2011.

²⁸⁰ MSZ EN 1990:2011.

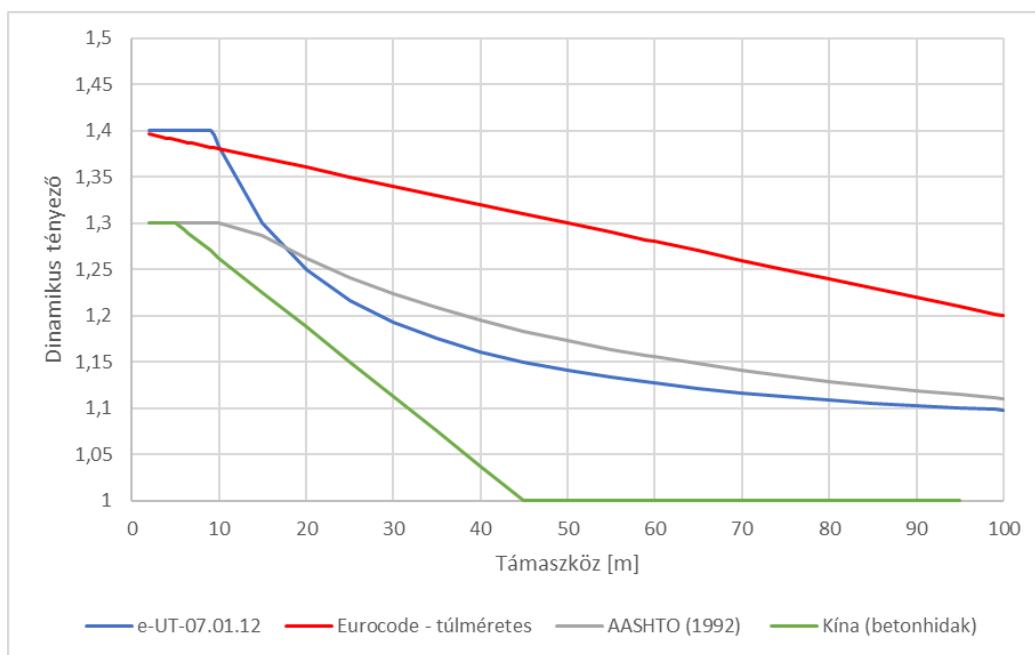
²⁸¹ BARTUS–KÖVÁRI–NÉMETH 2023; HAJÓS 2023.

alkalmazandó ikertengelyeket és ezekkel egyidejű megoszló terheléseket) úgy határozták meg, hogy azok már tartalmazzák a dinamikus többletet, ezért külön dinamikus tényezővel való növelés már nem szükséges.

Az Eurocode ezzel kétség kívül lényegesen egyszerűsíti a dinamikus hatás felvételét, mégpedig a támaszköztől, szerkezeti rendszertől, főtartó alapanyagtól függetlenül. Ennek következménye, hogy a hatályos szabályozáshoz képest, mikor nagyobb támaszközhöz kisebb dinamikus többlet tartozik, a globális biztonság a nagyobb támaszközök esetében magasabb lesz, mint kicsiny támaszközök esetén.

Az Eurocode-ban különleges tehereset a túlsúlyos járművek számítása. Mivel a túlsúlyos jármű alapértéke (mérlegelés, vagy rakodási terv alapján) nem tartalmaz dinamikus hatást, az Eurocode a túlsúlyos járművekhez ad csak meg dinamikus tényezőt, ami a támaszköz függvényében 1,4 és 1,2 között változik (30. ábra).

Példának a 30. ábrában megadtuk az Egyesült Államok előírását (AASHTO) is: a dinamikus tényező hasonló a magyar előíráshoz, a legnagyobb értéke 1,4 helyett 1,3, viszont nagyobb nyílásoknál 1-3%-kal nagyobb értéket ad meg.²⁸²



30. ábra: Közúti hidak dinamikus tényezői egyes előírásokban²⁸³

²⁸² AASHTO 1992.

²⁸³ HAJÓS 2024g: 30.

Vannak országok, ahol külön előírás érvényes az acél- és a vasbeton hidakra. Erre példa a kínai hídtervezési előírás. Kínában az acélhidak dinamikus tényezője lényegében azonos az amerikaival, de a vasbeton hidak dinamikus tényezője (30. ábra) sokkal kisebb, 45 m fölött pedig nem kell a dinamikus hatást figyelembe venni.²⁸⁴

Kanadában a dinamikus tényezőt a híd sajátfrekvenciájának függvényében kell meghatározni 1,2 és 1,4 között.²⁸⁵

4.1.2 A hidak és járművek dinamikus kölcsönhatása

A mozgó közúti jármű és a híd kölcsönhatása a statikus terheléshez képest többletterhelést okoz, mint láttuk, jellemzően önálló dinamikus tényezővel vagy a járműteher felvett alapértékének növelésével vesszük számításba. A dinamikus hatást a valóságban természetesen sok tényező befolyásolja, a híd és a jármű együttes dinamikus modellezése sokparaméteres rendszerekkel közelíthető. A hídszerkezetet terhelő dinamikus hatás függ a jármű rugózásától, csillapításától, kerekeinek számától, a jármű sebességétől, a jármű tömegétől, a jármű hosszától és szélességétől, a jármű aktuális műszaki állapotától, a híd támaszközétől, a híd sajátfrekvenciájától, a híd csillapításától, a híd önsúlyától, a kocsipálya hibáitól – s e sort még lehetne folytatni.

A hídtervezési előírásokban a dinamikus hatást hasonlóan minden más számított hatáshoz, egyszerűsítik. Mint bemutattam, számos tervezési előírásban a dinamikus tényező egyszerűen a támaszköz függvénye, nagyobb támaszközhöz kisebb dinamikus tényező tartozik. A dinamikus hatást befolyásoló többi tényezőt az előírások nem veszik figyelembe.²⁸⁶

Minél nagyobb a hasznos jármű tömege, számszerűsítve, annál nagyobb a dinamikus többlet hatás értéke, ezért érdemes megvizsgálni azt, hogy a normál járművek esetében figyelmen kívül hagyott paraméterek közül van-e olyan, ami a különleges, túlsúlyos járművek vizsgálatakor, ideértve a katonai járműveket is, felértékelődik.

²⁸⁴ EVERITT 2019: 16.

²⁸⁵ OHBDC 1983.

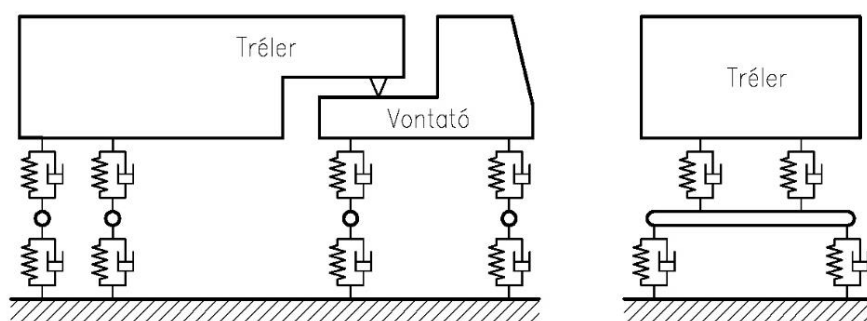
²⁸⁶ MACDONALD 2014; MACDONALD–BARTLETT–WIGHT 2020.

A dinamikus hatás pontos számítása igen összetett modellezést követelne, továbbá ilyen elemzés során már csak korlátozottan alkalmazható Hook törvénye, a jármű és a híd is nem lineárisan rugalmasan viselkedik, viszkóelasztikus modellezést kellene használni.

A dinamikus hatást befolyásoló egyik legjelentősebb paraméter a jármű „rugózása”. A híd ellenőrzését civil forgalomban nem végezhetjük el különféle járműtípusokra (például más legyen a híd teherbírása mezőgazdasági traktorra és más nyergesvontatóra), viszont civil különleges, túlsúlyos járművek és katonai terhelés esetén lehetséges ilyen szempontú differenciálás is.

A járműrugózás hatására egy egyszerű példának tekintsük a mezőgazdasági traktort (például MTZ-80, önsúly 3600 kg). Empirikus megfigyeléssel könnyen igazolható, hogy egyetlen könnyű mezőgazdasági traktor képes belengetni egy 100 m nyílású acélhidat. Ennek oka, hogy az amúgy könnyű, kéttengelyes MTZ-80 rugózása adott esetben hatékonyan gerjeszti a vizsgált acélhidat.

Megfigyelhetjük a jármű felfüggesztésének típusából eredő különbségeket is. A hagyományos teherautóknak lérugózása van, s az abroncs is érdemi, csillapított rugózásra képest (31. ábra).



31. ábra: Hagományos jármű felfüggesztés több-test-rendszerű dinamikai modellezése²⁸⁷

A 31. ábrán lévő dinamikai modellben látható oldalnézetben és keresztmetszetben az egyes tengelyeket a jármű alvázához kapcsoló csillapított rugók, valamint a tengelyeken lévő kerekek, mint önálló csillapított rugók.

²⁸⁷ HAJÓS 2024g: 31.

Ha egy közúti járműnek a normál teherautókhoz képest (40 tonna) lényegesen nagyobb a tömege (100 tonna felett), akkor annak jellemzően több tengelye is van, melyek egy közös merev alvázhoz kapcsolódnak. Ez már önmagában kedvezőbb, azaz kisebb dinamikus többletet eredményez, mivel a több független csillapított rugózás óhatatlanul részben egymást is csillapítja azáltal, hogy a közös merev felépítményt alátámasztó, több tengely megtámasztottsága közvetett módon kölcsönösen egymásra kihat.

A dinamikus hatás szempontjából további jelentős előnnyel jár a túlsúlyos szállításokhoz kifejlesztett, soktengelyes járműveknek különleges, közös olajhidraulikus felfüggesztési rendszere. A civil és a katonai nehéz közúti szállítójárművek ma már többségükben már ilyenekkel vannak felszerelve (32. ábra).



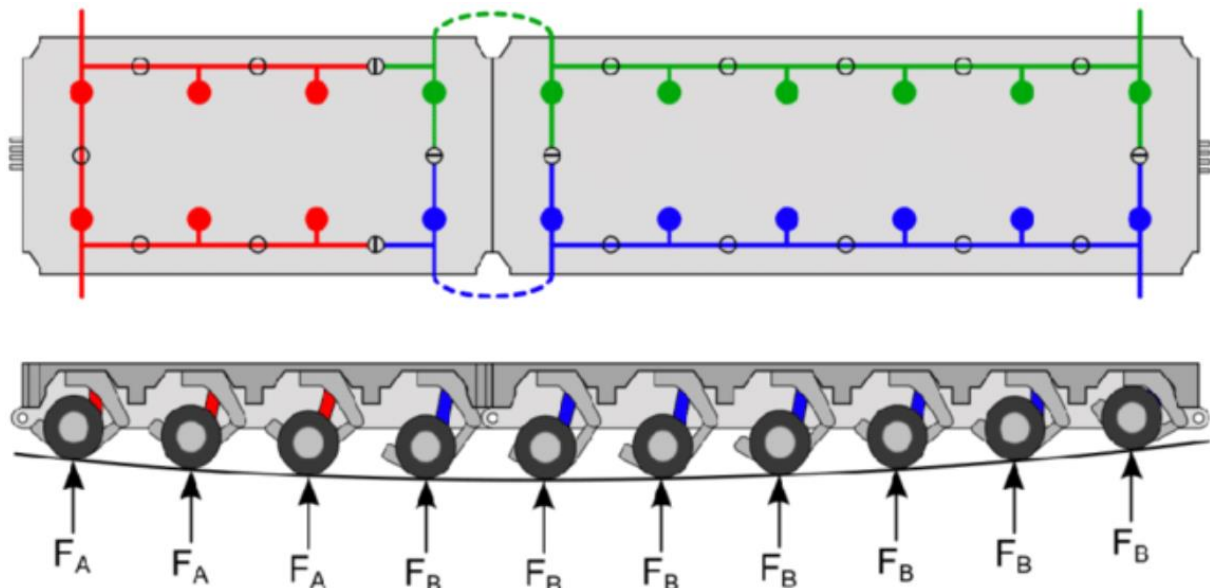
32. ábra: Olajhidraulikus felfüggesztésű rövidtengely²⁸⁸

A 32. ábrán lévő jelölések: 1. rövidtengely mechanikus kormányrúdja; 2. kormányzást biztosító forgórész; 3. olajhidraulika; 4. kerék helye; 5. fékhenger.

Az olajhidraulikus felfüggesztés esetén a tengelyeket egy-egy olajhidraulika kapcsolja az alvázhoz, amelyek közös hidraulikakörre vannak kapcsolva. Ha az egyik hidraulika összenyomódik, akkor az onnan távozó hidraulikaolaj megjelenik többi hidraulikánál többlet lökethosszt eredményezve. Ezáltal az összekapcsolt tengelyek terhelése kiegyenlítődik.

²⁸⁸ HAJÓS 2024g: 32.

A Heavy-Duty Modules²⁸⁹ tréler modulárisan egymáshoz sorolható tengelyeit legtöbbször három, egyes esetekben négy hidraulikus körbe szerelik (33. ábra). Egy-egy hidraulikus körön belül a tengelyek terhelése egyenlő.



33. ábra: Háromkörös, olajhidraulikus felfüggesztésű moduláris tréler²⁹⁰

Három hidraulikakör esetén a három kör egy-egy függőleges eredővel helyettesíthető, amelyek így határozott rendszert képeznek a jármű terhelésének felvételében.

Minél nagyobb egy jármű teljes tömege, annál több tengelye van. Például, ha a jármű össztömege 250 tonna, akkor tipikusan van 22 tengelye. Az ilyen jármű hosszú is, például 35 m. Belátható, hogy egy ilyen jármű és a híd együttes dinamikai modellje, kölcsönhatása teljesen más, mint a kéttengelyes könnyű mezőgazdasági traktoré. Egyrészt a tengelyeknek a rugózása is eltérő a légrugós tengelyektől, másrészt sok tengely rugózása egymást kölcsönösen csillapítja. Kimondható, hogy minél nagyobb egy jármű teljes tömege, annál kisebb lesz a dinamikus hatása.²⁹¹

A hidraulikus felfüggesztésű járműveknek nincsen „hintázó” mozgása, ugyanakkor rugózásuk keményebb, kedvező tulajdonságaik elsősorban kis sebességnél jelentősek.

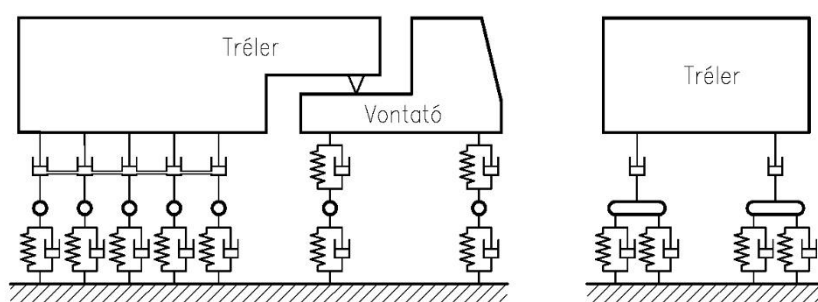
²⁸⁹ Nagy teherbírású modulok. Kifejezetten nehéz eszközök szállítására kifejlesztett moduláris tréler, amelynek tengelycsoportjai egymáshoz sorolhatóak és közbenső távtartókkal is kombinálhatóak. A tréler egyes tengelyei jellemzően önállóan szabályozható és kormányozható, egyes típusoknál hajtható, illetve vontató jármű nélkül is mozgatható.

²⁹⁰ HAJÓS 2024g: 32.

²⁹¹ LENNER 2014: 79.

A hagyományos jármű 31. ábrán szereplő dinamikai modelljének mintájára az olajhidraulikus körbe rendezett nehézgépszállító tréler dinamikai modelljét szemlélteti a 34. ábra.

Kisebb dinamikus többletet eredményez, hogy a túlsúlyos járműveknek sok tengelye van. További előnyökkel jár, hogy a nehézgépszállító tréler két oldali kerekei önálló felfüggesztésű rövidtengellyel kapcsolódnak az alvázhoz. A dinamikai modellben szereplő kerekek csillapított rugózása is kedvezőbb, mert keresztirányban négy vagy nyolc gumibroncs közel egyenletesen támasztja alá a járművet, így az úthibákból származó hatások is kisebbek lesznek, mert a jármű nagyobb felületen érintkezik az útburkolattal.



34. ábra: Olajhidraulikakörös nehézgépszállító tréler több-test-rendszerű dinamikai modellezése ²⁹²

A katonai járművek jelentős része nem kerekes, hanem lánc talpas. Egyetlen hídtervezési szabályzat sem ad eltérő tényezőket a lánc talpas járművekhez. A magyar előírásokban sincs lánc talpas jármű méretezésére vonatkozó hídtervezési szabályozás. Külön vizsgálat nélkül az Egyesült Államokban és Kanadában a katonai járművekhez 1,15-ös dinamikus tényezőt javasolnak.

A katonai járművekre egységesen 1,15-ös dinamikus tényezőt javasol egy 2005-ben készített német-angol-amerikai tanulmány a hidak katonai teherbírás besorolásához.²⁹³

²⁹² DENG et al 2015. alapján a szerző szerkesztése, HAJÓS 2024g: 33.

²⁹³ HORNBECK et al 2005: 18

4.1.3 A dinamikus hatás kísérleti vizsgálata

A katonai láncaltalpas járművek hídszerkezetre ható terhelésének kísérleti vizsgálata eddig viszonylag kis figyelmet kapott.²⁹⁴ Ilyen célú híd próbaterhelést Kanadában végeztek egy kétnyílású, öszvér felszerkezetű hídon²⁹⁵ és egy moduláris katonai acélhídon²⁹⁶. Ezen kívül kifejezetten láncaltalpas terheléses tesztet készítettek két kis nyílású kompozit katonai hídrendszeren²⁹⁷.

Az eddig publikált katonai híd próbaterhelések során elsősorban elektromos nyúlásmérő bélyegekkel, az acéltartó feszültségmérésével határozták meg az egyes terhelésekhez tartozó statikus és dinamikus értékeket, számítva ezekből a dinamikus többletet.

A láncaltalpas járművek kísérleti vizsgálatának jelentőségét igazolja, hogy az eddigi vizsgálatok mind megerősítették, hogy a láncaltalpas járműveknél a kerekes járműveknél alkalmazott dinamikus többlethatás 50%-ával elegendő számolni²⁹⁸ a lényegesen kedvezőbb híd–jármű dinamikai kölcsönhatás miatt.

A láncaltalpas járművek dinamikus többlethatását Antonty Everitt szakdolgozatában²⁹⁹ kísérleti mérésekkel elemezte. Összehasonlította négy katonai jármű dinamikus hatását ugyanazon a hídszerkezeten. A kísérletet Kanadában, 29,6+32,9 m támaszközü közúti hídon végezték. Három különböző kerekes járművet (50,4 tonna össztömegű, öttengelyes nehézgépszállító tréler, 27,5 tonna össztömegű, négytengelyes és 26,1 tonna össztömegű háromtengelyes katonai jármű) és egy 63,2 tonna össztömegű Leopard 2 harckocsit használtak a mérésekhez.³⁰⁰

Everitt az útpálya esetleges egyenetlenségét az útpályára helyezett fapalló akadályokkal modellezte. Összesen 90 különféle áthaladási esetet mértek meg a négy járművel. Ezek között volt hibátlan útpályával készített mérés és a fapalló akadályokkal modellezett sérült útpályával készített mérés is. A méréseket 10, 20, 30, 40 és 50 km/h sebességgel végezték.

²⁹⁴ MACDONALD–BARTLETT–WIGHT 2017.

²⁹⁵ EVERITT–WIGHT–DAGENAIS 2019.

²⁹⁶ PINKNEY et al 2022.

²⁹⁷ KOSMATKA 2011; ROBINSON–KOSMATKA 2011.

²⁹⁸ EVERITT et al 2023.

²⁹⁹ EVERITT 2019.

³⁰⁰ EVERITT 2019: 33-34.

A vizsgálat eredménye azt mutatta, hogy a kerekes járművek dinamikus hatása hibátlan útfelület esetén másfélszerese³⁰¹ a lánc talpas járműnek. Ugyan ezen különbség a kétféle jármű között, a pallóakadályokkal modellezett sérült útpálya esetében ötszörös volt.³⁰²

Lenner doktori disszertációjában a lánc talpas járművek dinamikus tényezőjét részletesen vizsgálja.³⁰³ Közli Homberg ajánlását, aki kutatását 1970-ben végezte. A dinamikus tényezőt lánc talpas járművek esetében 1,1-értékben maximálta.³⁰⁴

Vizsgálatunk szempontjából kedvező, hogy a jelenleg használatos, nagy tömegű katonai járművek (Leopárd harcokcsi) felfüggesztése és így dinamikus hatása a híd szempontjából a legkedvezőbbek közé tartozik.³⁰⁵ Régebbi típusú, híd szempontjából kedvezőtlenebb rugózású katonai járművek száma lényegesen kisebb és ezek tömege is kisebb, így nem okoznak mértékadó terhelést.

Érdemes megemlíteni, hogy a lánc talpas járművek teherátadását a felfekvési felületen egyenletesen megoszlónak tekintjük, bár tudjuk, hogy ez a valóságban nem minden esetben igaz. Mivel jellemzően a lánc talp felfekvési hosszúsága rövid (például 5 m), a lánc talpon belül meglévő egyenetlenségek globális hatása nem jelentős, ezért ez elhanyagolható. Érdemi hatása csak kis nyílású hidaknál és lokális vizsgálatoknál lehetne, de ezekben az esetekben bizonyosan a szülő tengely lesz a mértékadó terhelés és nem a lánc talp, így a lánc talpon belüli egyenetlenségek a híd szempontjából elhanyagolhatók.

4.1.4 Katonai jármű sebességére vonatkozó szabályozásról

A hatályos STANAG 2021 a H. mellékletben szabályozza a katonai járművek sebességét. Az Óvatos (Caution) átkelési esetre vonatkozóan a hatályos műszaki előírás 5 km/h sebességhatározást ír elő.³⁰⁶ A sebesség fontos paraméter a katonai szállításban, s a rögzített sebességhatározás különösen hosszabb hidak esetében jelentősen akadályozza a katonai mobilitást.³⁰⁷

³⁰¹ EVERITT 2019: 50.

³⁰² EVERITT 2019: 75.

³⁰³ LENNER 2014.

³⁰⁴ HOMBERG 1970a; HOMBERG 1970b.

³⁰⁵ A lánc talpas járművek fejlődéstörténetét és sokféleségét részletesen bemutatta Farkas Zoltán nyolcrészes cikksorozatában, ami a Haditechnika szakmai folyóiratban jelent meg 2017 és 2020 között.

³⁰⁶ AEP-3.12.1.5 2024: H.1. pont.

³⁰⁷ Vegyünk egy egyszerű példát egy átlagos hazai Duna- vagy Tisza-hídról, amelynek szerkezeti hosszúsága legyen példánkban 500 m. 5 km/h sebesség esetén az egymás követő járműveknél 5 másodperc indítási

A modern járművek nagyobb sebességre képesek. A jármű sebessége befolyásolja a dinamikai hatást. Számos tanulmány vizsgálta a katonai járművek dinamikai hatásait.³⁰⁸ A dinamikai együtttható csökkenthető a polgári járművekre vonatkozó előírásokhoz képest lánctalpas járművek és a nehéz teherszállító pótkocsik esetében. Kimutattam, hogy a dinamikai hatás a jármű tömegének növekedésével is arányosan csökken.³⁰⁹

Összességében a sebességkorlátozás kissé javítja a híd teherbíró képességét, de jelentősen lassítja a katonai forgalmat. A katonai forgalom sebességkorlátozása nem kívánatos. Összességében a hidak teherbírása szempontjából megállapítható, hogy a sebességkorlátozással elérhető többlet teherbírási haszon elenyésző a kisebb sebességből származó korlátozott mobilitással (kisebb átbocsátó képesség) és nagyobb védelmi kockázattal.

Javaslom a STANAG 2021 H. mellékletben szereplő „Caution” (Óvatos) átkelési feltételhez rendelt sebességkorlátozás eltörlését. E javaslatot alátámasztja, hogy a katonai szabvány előző változatában a K. mellékletben a jármű tömegének függvényében, $MLC \leq 30$ esetén 25 km/h, míg $MLC > 30$ esetén 15 km/h sebességkorlátozást javasolt.³¹⁰ A dinamikus próbaterhelési méréseimmel is alátámasztható, hogy a vizsgált átkelési esetben a sebességkorlátozás teljesen eltörölhető.

A Veszélyes (Risk) átkelési esetben az 5 km/h sebességkorlátozás felülvizsgálata nem szükséges.

4.2 Kísérleti próbaterhelés katonai járművekkel Kecskéden (2024)

4.2.1 Elöljáróban a kecskédi kísérleti próbaterheléshez

Kutatási témámhoz, a meglévő közúti hidak katonai teherbírásértékeléséhez kétségtávol leg-
egyértelműbb eredményeket adó és egyben demonstratív módszer egy katonai járművel végzett

reakcióidőt feltételezve a híd átbocsátó képessége 9,7 jármű/óra, ugyanez sebességkorlátozás nélkül (50 km/h átlagsebességgel számítva) nyolcszorosa, 78 jármű/óra.

³⁰⁸ EVERITT 2019; HORNBECK–KLICK–CONNOR 2005.

³⁰⁹ HAJÓS 2024g.

³¹⁰ E korábbi szabályozáshoz tartozik, hogy a törölt K. melléklet ellentmondásban volt a H. melléklettel, ami változatlan tartalommal ma is hatályos. Megemlíthető, hogy a nagyobb teherhez rendelt kisebb sebesség ugyanakkor pont ellentétes szabályozás volt a ténylegesen jelentkező dinamikus többlethatáshoz képest. Ennek eltörlését javasoltam (HAJÓS 2024f: 18), de az új, hatályos előírásban ez már nem szerepel.

híd próbaterhelés. Ennek különös jelentőséget ad, hogy a katonai járművek okozta dinamikus hatás, amint azt bemutattam, jelentősen eltér a civil járművektől.

Kezdeményezésemet támogatta a Honvédelmi Minisztérium,³¹¹ aminek köszönhetően a szakminisztérium kérésére a Honvéd Vezérkar engedélyezte a próbaterhelést, annak végrehajtását az Magyar Honvédség Klapka György 1. Páncélosdandárnak adva ki feladatul.

A vizsgálandó hídszerkezet kiválasztása során három szempontot vettem figyelembe. Legyen lehetőleg minél közelebb Tatához,³¹² csökkentve a katonai szállítási távolságot, ezáltal a szállítási időt és költséget is. Legyen minél nagyobb nyílású a hídszerkezet, hogy a terhelt híd le-
hajlásai könnyebben mérhetők legyenek, továbbá a hídon elférjenek és többféle pozícióban elhelyezhetőek legyenek a terhelő járművek. Utolsó szempont pedig az volt, hogy a híd ne legyen túl frekventált helyen, a híd környezete, az áthidalt akadály legyen alkalmas a szükséges mérés-
réstechnika elhelyezésére. A három kritérium alapján választásom a Komárom–Esztergom vármegyei, Kecskéd határában álló Által-ér-hídra esett (35. ábra).



35. ábra: A kecskédi Által-ér-híd látképe³¹³

³¹¹ Ezúttal is köszönöm Sárkány István Róbert alezredes támogatását segítségét a próbaterhelés minisztériumi ügyintézésében.

³¹² A kiválasztott híd 18 km messze van Tata várostól.

³¹³ Kapin Benedek felvétele. HAJÓS 2025b: 5.

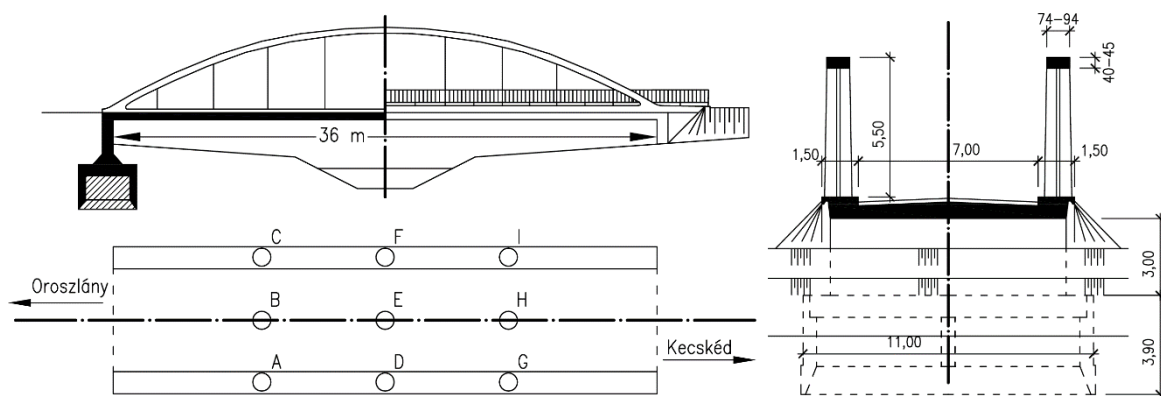
A teherbírás ellenőrzése szempontjából közepes (max, 40 tonna) teherbírású hidat kerestem. Így a vizsgált katonai terhelés a híd teherbírásához képest jelentősebb nagyobb lehetett, növelve a kísérlet demonstratív jellegét. A híd kiválasztásakor végezetül szempont volt az is, hogy lehetőleg vasbeton hídszerkezet legyen, szemben a korábbi, hasonló katonai tesztelések acélszerkezeteivel.

A 2024. november 27-én irányítással, katonai járművekkel elvégzett kísérleti célú közúti híd próbaterhelésről a szakirodalomban részletesen beszámoltam.³¹⁴

4.2.2 A próbaterhelésre kiválasztott hídszerkezet bemutatása

A méréshez a kecskédi Által-ér-hidat választottam ki. Szerkezete innovatív, hazánkban egyetlen felső keresztkötés nélkül tervezett, egyynyílású monolit vasbeton alsópályás ívhídja, utófe-szített vasbeton pályalemezzel.

Az Által-ér feletti közúti híd 1965-ben épült (a közút jele 8155, a híd szelvéyszáma: 0+118 km), Dr. Lipták Pál tervezte (35. és 36. ábra).



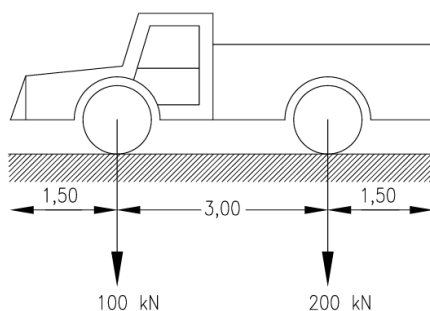
36. ábra: A kecskédi Által-ér-híd hosszszelvénytoldaldalnézete és felülnézete a próbaterhelés mérési pontjaival és keresztmetszete³¹⁵

A híd támaszköze 37 m. A kocsipálya 7,00 m széles. A hídnak nincsen saruja (36. ábra). Megjelenése elegáns, tiszta.

³¹⁴ A fejezetet e három publikációm alapján állítottam össze: HAJÓS 2025a; HAJÓS 2025b; HAJÓS 2025c.

³¹⁵ Szerző szerkesztése.

A híd tervei az 1956. évi magyar hídszabályzat szerint készültek, B-jelű hasznos teherrel.³¹⁶ Az előírt teher egy darab 30 tonnás teherautó (37. ábra) és vele egyszerre 300 kg/m² felületi megoszló terhelés volt.



37. ábra: Az 1956. évi közúti hídszabályzat szerinti 30 tonnás B-jelű ideális teher³¹⁷

A híd átadásakor, 1966-ban próbaterhelést végeztek, ennek eredményeit az előzetes számításokhoz figyelembe tudtam venni.

A hídon 1988-ban szigeteléscsere, 2011-ben teljes felújítás volt. 2011-ben elbontották a régi pályaburkolatot és szigetelést, új kiegyenlítő rétegre új szigetelés és aszfaltburkolat épült, valamint a látható vasbeton felületeket javították és korszerű korrózióvédelemmel látták el.³¹⁸

Legutolsó fővizsgálata³¹⁹ a felújítás után 10 esztendővel, 2021-ben volt, eszerint a híd állapota megfelelő. A felülvizsgálat nem talált jelentős hibát a hídon. Ezt megerősítette a próbaterhelést megelőző saját hídellenőrzésem is. Szemrevételezéses vizsgálatom szerint a híd jó állapotban van. A hatályos előírások szerint próbaterhelés előtt és után is részletes szemrevételezéses vizsgálatot tartottam. Károsodást utána sem tapasztaltam.

Az 1956. évi magyar szabványban szereplő tényezők szerint a híd civil teherbírása 40 tonna. Ez azt jelenti, hogy a hidat használhatja minden normál teherautó 40 tonna tömegig. Ennél nehezebb jármű, így a Leopard harckocsi (63 t) és nehézgépszállító (105 t) a hídon nem közlekedhet, csak egyedi elbírálás, útvonalengedély szerint.

³¹⁶ KHSZ 1956.

³¹⁷ KHSZ 1956.

³¹⁸ Kecskédi Által-ér-híd felújítása (2008).

³¹⁹ 1/1999. (I. 14.) KHVM rendelet szerint kötelező hídszakértői vizsgálat. Ilyen részletes és műszeres vizsgálat Magyarországon 10 évente kötelező.

4.2.3 Próbaterhelési terv: terhelő járművek, mérési program

A hatályos jogszabályok és civil szakmai normák szerint elkészítettem a próbaterhelési tervet.³²⁰

A próbaterheléshez négyféle járművet használtam. A telepített mérőrendszer tesztelésére, ellenőrzésére és a katonai járművekkel való összehasonlíthatósághoz 22 tonna össztömegű mezőgazdasági traktort használtam.

A katonai próbaterhelést háromféle járművel végeztem. Össztömegük sorrendjében: tíztengelyes, üres nehézgépszállító trélerrel (42 tonna), láncalpas harcjárművel (63 tonna) és a harcjárművel megrakott trélerrel ($42 + 63 = 105$ tonna). A négy tesztjármű jellegrajzát és terhelési adatait mutatja a 38. ábra.

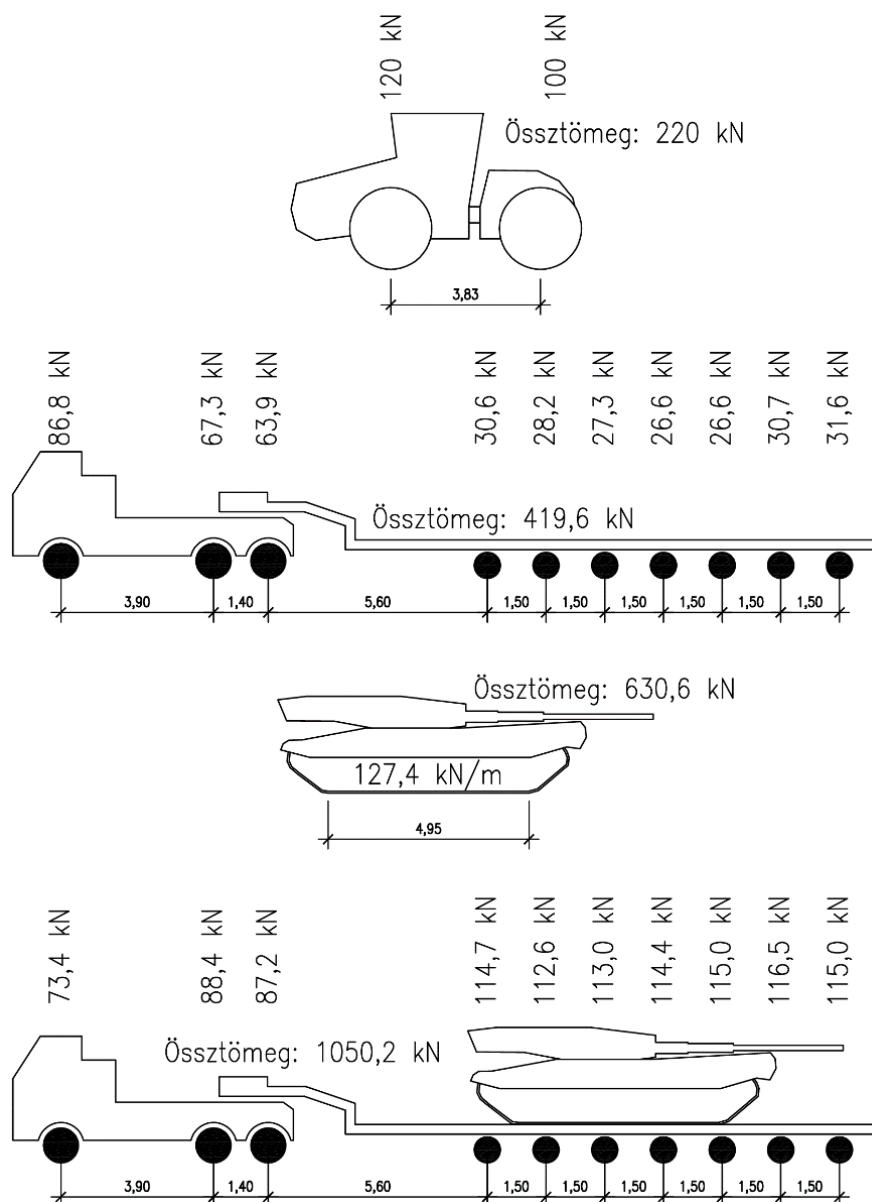
A próbaterheléshez alkalmazott láncalpas harcjármű egy magyar Leopard 2A7HU típusú harckocsi volt, amely a teljes vizsgálat idején szállítási pozícióban lévő lövegtoronnyal közlekedett. A jellegrajzát (38. ábra) ennek megfelelően ábrázoltam.

A hatályos jogszabályok szerint a próbaterhelésről részletes tervet kellett készíteni, ami tartalmazta a tervezett terheléseket, méréstechnikát és a várható alakváltozásokat. Mivel a híd civil nyilvántartott teherbírását (40 tonna) lényegesen meghaladta a tervezett próbateher (63 és 105 tonna), a részletes erőtani számítás is csatoltam a próbaterhelési tervekhez.

A híd szükséges teherbírását és a várható alakváltozásokat a biztonság javára két független módszerrel is kiszámítottam. Igazoltam a híd teherbírását a műtárgy eredeti, kézi számítású erőtani számítása alapján (a hasznos terhet a katonai teherrel helyettesítve) és ettől teljesen függetlenül a napjainkban használatos háromdimenziós térbeli végeselemes modellszámítással is, számítógéppel AXIS VM X5 szoftver segítségével, a tervezésben szokásos kiviteli terv részletességével.

Mindkét számítást összehasonlítottam a híd építésének befejezésekor, 1966-ban végzett próbaterheléssel. Akkor három teherautóval terheltek a hidat kilenc teherállásban. Az alkalmazott terhelés összesen 39,3 t volt.

³²⁰ HAJÓS 2024i.



38. ábra: A próbaterheléshez igénybe vett négyféle jármű jellegrajza és terhelései³²¹

A ma érvényes hídtervezési szabványokban található biztonsági tényezőkkel a részletes számítás a legnagyobb tervezett terhelésnél 9% túllépést mutatott ki. Ezt megengedhetőnek ítélttem, tekintettel a próbaterheléshez kapcsolódó szigorú körülményekre, ezek közül a legfontosabbak: részletes hídvizsgálat előtte és utána, szakértői helyszíni felügyelet, híd alakváltozásának mérése fokozatos terhelés mellett, a jármű előzetes mérlegelése.

A mérési helyeket és módszereket az építéskori próbaterheléssel azonosan határoztam meg, biztosítva az összehasonlítás lehetőségét is. Kilenc pontban mértem a híd pályalemezének

³²¹ HAJÓS 2025c.

függőleges elmozdulását: nyílások negyedeiben és a nyílás közepén, mindkét főtartó ív síkjában és a híd tengelyvonalában (36. ábra). A hídnak nincsenek sarui, így a saruk elmozdulását, összenyomódást nem kellett vizsgálni.

A kiválasztott mérés technika számítógéppel vezérelt induktív elmozdulásmérő rendszer volt, ami biztosította az építéskori mikrométerórás méréssel azonos pontosságot. A kalibrált mérőrendszer érzékenysége 0,06 mm volt. A mérési helyeken a vasbeton pályalemez alsó felületére kis acéllapokat ragasztottunk fel, aminek függőleges elmozdulását mágnessel rögzített huzal továbbította a híd alatti tartóállványon fixen rögzített elektronikus szenzorhoz. Az előzetesen számított mozgásokhoz igazodóan 50 mm mérési tartományú szenzorokat használtunk. A kilenc érzékelő egy központi adatgyűjtőhöz volt csatlakoztatva. Az alkalmazott mintavételi sebesség a dinamikus mérések során 60,1 Hz volt.

A próbaterhelés során csak a kilenc pont függőleges lehajlását mértük, de a lehajlásból lehetett számítani a dinamikus viselkedés paramétereit is (lengések frekvenciája, csillapítás mértéke, dinamikus lehajlás többlet). Ez eltér a korábbi, szakirodalomban publikált³²² lánctalpas katonai próbaterhelésektől, ahol a dinamikus viselkedést az acélszerkezetre ragasztott elektromos nyúlásmérő bélyegekkel vizsgálták. Vizsgálatomban a vasbeton szerkezeten nyúlásmérő bélyeg alkalmazása nehezen lett volna kivitelezhető, ezért döntöttem a lehajlásmérés mellett.

A teljes próbaterhelési programban összesen 37 féle teherállás volt (15 statikus, 22 dinamikus). A teherállások végrehajtási sorrendjét úgy állítottam össze, hogy azok fokozatosan okozzanak egyre nagyobb igénybevételt, terhelést a hídnak, így a legutolsó teherállás volt a legnagyobb (105 tonnával). Ennek a sorrendnek köszönhetően a teherállások között azonnal ellenőrizni tudtam a híd alakváltozásait, összehasonlítva a mért és számított értékeket. Ezek a teherállások közötti ellenőrzések igazolták a számítások helyességét, ezért a próbaterhelést terv szerint tudtam folytatni, egészen a legnagyobb, tervezett terhelésig.

A 37 féle teherállást tematikus csoportosítással, de a mérés időpontjával táblázatba foglaltam, a köztes üresállások nélkül (9. táblázat). Az első három járművel (22, 42 és 63 tonna) végeztem statikus és dinamikus méréseket is, a negyedik, legnehezebb tesztjárművel (105 tonna) csak egyetlen dinamikus mérést készítettem.

³²² EVERITT–WIGHT–DAGENAIS 2019.

9. táblázat: A próbaterhelés teherállásai tematikus sorrendben ³²³

Ssz.	Teher	Típus	Teherállás	Idő
1	Traktor 220 kN	statikus	Üresállás	18:54
2		statikus	1/4-ben traktor	18:55
3		statikus	1/2-ben traktor	18:58
4		statikus	3/4-ben traktor	19:02
5		dinamikus	Traktor 5 km/h visszafelé	19:06
6		dinamikus	Traktor 10 km/h odafele	19:10
7		dinamikus	Traktor 20 km/h visszafelé	19:14
8		dinamikus	Traktor vegyes odafele	19:16
9		dinamikus	Traktor 30 km/h visszafelé	19:17
10		dinamikus	Traktor 5 km/h PADLÓVAL odafele	19:21
11		dinamikus	Traktor 10 km/h PADLÓVAL visszafelé	19:25
12		dinamikus	Traktor 20 km/h PADLÓVAL odafele	19:27
13	Üres tréler 420 kN	statikus	Üresállás	21:07
14		statikus	1/4-ben üres tréler tengelyben	21:08
15		statikus	1/2-ben üres tréler tengelyben	21:10
16		statikus	3/4-ben üres tréler tengelyben	21:12
17		dinamikus	Üres tréler 5 km/h visszafelé	22:24
18		dinamikus	Üres tréler 5 km/h odafele (tolatva)	22:28
19		dinamikus	Üres tréler 10 km/h visszafelé	22:30
20		dinamikus	Üres tréler 20 km/h visszafelé	22:37
21		dinamikus	Üres tréler 30 km/h visszafelé	22:42
22		dinamikus	Üres tréler 40 km/h visszafelé	22:54
23		dinamikus	Üres tréler 5 km/h PADLÓVAL visszafelé	23:00
24	Leopard 630 kN	statikus	Üresállás	21:36
25		statikus	1/4-ben Leopard tengelyben	21:37
26		statikus	1/2-ben Leopard tengelyben	21:39
27		statikus	3/4-ben Leopard tengelyben	21:41
28		statikus	Üresállás	21:48
29		statikus	3/4-ben Leopard befolyási oldalon	21:46
30		statikus	1/2-ben Leopard befolyási oldalon	21:48
31		statikus	1/4-ben Leopard befolyási oldalon	21:49
32		statikus	Üresállás	21:53
33		statikus	1/4-ben Leopard kifolyási oldalon	21:54
34		statikus	1/2-ben Leopard kifolyási oldalon	21:57
35		statikus	3/4-ben Leopard kifolyási oldalon	21:59
36		dinamikus	Leopard 5 km/h visszafelé (tolatva)	22:06
37		dinamikus	Leopard 5 km/h odafele	22:09
38		dinamikus	Leopard 5 km/h visszafelé (tolatva)	22:20
39		dinamikus	Leopard 5 km/h odafele	23:16
40		dinamikus	Leopard 5 km/h PADLÓVAL visszafelé (tolatva)	22:13
41		dinamikus	Leopard 5 km/h PADLÓVAL odafele	22:16
42	1050 kN	dinamikus	Rakott tréler Leoparddal 5 km/h visszafelé	23:37

³²³ Szerző szerkesztése. Továbbiakban az itt megadott sorszámmal azonosan hivatkozunk az egyes teherállásokra. HAJÓS 2025c.

Az első három jármű dinamikus mérési programjában szerepelt egyenetlen útburkolatot modellező pallóakadályos vizsgálat is. Kanadai katonai próbaterhelés metodikájával azonosan, Everitt³²⁴ 2019. évi mérési módszerét követve, ami jelentősen megnövelte az áthaladó járművek okozta dinamikus terhelést. Korábbi kanadai próbaterheléssel azonos pallóakadályt alkalmaztam. A hídközépre szimmetrikusan a kocsi pályára helyeztem a 5x20 cm keresztmetszetű pallókat, az egymást követő öt palló távolsága egymástól rendre 3-3 m volt (39. ábra).



39. ábra: Pallóakadályok a kecskédi kísérleti próbaterhelésen³²⁵

A próbaterhelési tervre kiadta a híd kezelője³²⁶ a közútkezelői hozzájárulását, illetve az illetékes közlekedéscsökkentési hatóság³²⁷ a jóváhagyását. A próbaterhelési terv alapján a Honvédelmi Minisztérium döntött a katonai részvétel biztosításáról. A Klapka György 1. Páncélosdandár a Honvéd Vezérkartól megkapta a feladatelrendelést, ami nélkül a kísérleti célú vizsgálat nem valósulhatott volna meg.

4.2.4 A próbaterhelés végrehajtása – 2024. november 27.

A szükséges helyszíni előkészítő munkákat még nappali világosságban végeztük el. A terv szerinti mérőrendszer telepítéséhez a híd alatt segédállványzatot építettünk. A híd környezetében

³²⁴ EVERITT 2019.

³²⁵ Kapin Benedek felvétele.

³²⁶ Magyar Közút Nonprofit Zrt. Komárom–Esztergom Vármegyei Igazgatósága

³²⁷ Budapest, Főváros Kormányhivatala, Országos Közúti és Hajózási Hatósági Főosztály Hídügyi Osztály

és a híd alatt reflektoros világítást telepítettünk szükséges energia-ellátással a biztonságos munkavégzés és a próbaterhelés dokumentálása (fénykép, video, drónfelvétel³²⁸) érdekében.

A próbaterhelés előtt, még a délelőtti órákban a Magyar Közút Nonprofit Zrt. mobil tengelysúlymérő gépkocsival elvégezte Tatán, az indulásra előkészített üres tréler, majd rakodás után a menetkész terhelt tréler szabatos mérlegelését (40. ábra). A terhelési adatokat ezen mérlegelés³²⁹ szerint vettem számításba.



40. ábra: A Magyar Közút Nonprofit Zrt. mobil tengelysúlymérő szőnyege mérésre előkészítve a tatai laktanyában (balra) és a megrakott tréler leghátsó tengelyének mérlegelése (jobbra)³³⁰

A mérések idejére szükséges volt a híd teljes lezárása. A hídon átvezetett országos közút forgalma napközben közepes, éjszakai órában minimális, ezért a teljes próbaterhelést az éjszakai órákra ütemeztem, hogy a lehető legkisebb legyen a lakosság zavartatása. A mérések kezdetét úgy időzítettem, hogy az utolsó menetrendszerinti autóbusz a lezárás előtt áthaladhasson a hídon. Az egyes mérések között néhány alkalommal a két irányból várakozó civil járműveket átengedtük.

³²⁸ <https://www.youtube.com/watch?v=Smt1yQMnsWM> (letöltve: 2025. 04. 02)

<https://www.youtube.com/watch?v=oDGcl3HyZFU> (letöltve: 2025. 04. 02)

³²⁹ A mérlegelés esetleges bizonytalansága miatt szokásos, fuvarozónak kedvező tengelyenkénti mínusz 200 kg mérési korrekciót nem alkalmaztuk.

³³⁰ Keresztes Gábor felvétele.

A koraesti órákban, még a katonai járművek érkezése előtt teszteltem a mérőrendszert a 22 tonna össztömegű mezőgazdasági traktor segítségével. Ez a vizsgálat a mérési kalibráció mellett a civil és katonai terhelések összehasonlítását is lehetővé tette.

A 22 tonna össztömegű mezőgazdasági járművel statikus és dinamikus referencia-méréseket készítettem, a dinamikus gyorspróbákat a dinamikus többlet méréséhez pallóakadályos méréssel kiegészítve.



41. ábra: Leopard 2A7HU harckocsi a kecskédi hídon szegély melletti pozícióban³³¹

A próbaterhelő Leopard 2A7HU harckocsi terv szerint, katonai biztosítás mellett este 20 óra után érkezett a helyszínre.

A katonai járművekkel a próbaterhelést az üres, 42 tonna össztömegű, 10 tengelyes szállítótér-lerrel kezdtük meg, mértékadó helyeken mérve a hídtengelyben a statikus lehajlásokat. Később az üres járművel dinamikus gyorspróbákat is végeztünk különböző áthaladási sebességekkel, sima útburkolaton és pallóakadályokkal is.

A próbaterhelés leglátványosabb része a 63 tonna össztömegű Leopard 2A7HU harckocsival végzett teherállások voltak (41. ábra). A mérési programban kilenc pozícióban vizsgáltuk a híd statikus alakváltozását: negyedekben és a híd közepén mértékadóan elhelyezett harckocsival. Keresztirányban háromféle helyzetben terheltük a hidat, először a híd szempontjából legkedvezőbb hídtengelyben lévő teherrel, majd a harckocsit teljesen a kifolyási oldali (északi) szegélyhez helyezve, végül a befolyási (déli) szegély melletti pozícióban.

³³¹ Kapin Benedek felvétele, HAJÓS 2025b.

A harckocsival végzett méréseket a dinamikus gyorspróbával folytattuk, amikor megállás nélkül haladt át a katonai jármű a hídon. A gyorspróbák között volt sima útburkolaton való áthaladás és pallóakadályokkal nehezített.

A próbaterhelés eredetileg úgy terveztem, hogy a láncalpas harckocsival tudunk különböző sebességű dinamikus méréseket készíteni, amennyiben a híd előtti rövid nekifutási távolság lehetővé teszi, akár 40 km/h sebességgel is. Sajnos a mérés idején műszaki okokból, a próbaterheléstől függetlenül a Leopard 2A7HU harckocsi sebességét 5 km/h-ban korlátozták, így a nagyobb sebességgel tervezett láncalpas terhelések elmaradtak.

A mérési program befejező mérése a megrakott katonai szállító jármű áthaladása volt, 105 tonna össztömeggel. Az átbocsátott 105 tonna lényegesen meghaladta a híd nyilvántartási teherbírási értékét (40 tonna). A teherbírás igazolása mégis lehetséges volt a civil és katonai szabványok szerint alkalmazható különleges feltételekre tekintettel, amit előzetesen a részletes erőtani számításokkal igazoltam. A befejező, legnagyobb terhelés előtt az addig elvégzett mérési eredmények gyors kiértékelésével ellenőrizni tudtam a hídszerkezet feltételezett viselkedését. Mivel a kisebb terhelésekkel végzett mérések igazolták a számítások helyességét, el tudtam végezni a befejező, 105 tonnás dinamikus mérést is.

4.2.5 A kísérleti célú katonai próbaterhelés statikus eredményei

A próbaterhelés nyers mérési eredményei már a helyszínen is az adatgyűjtő számítógépből folyamatosan ellenőrizhetőek voltak. Ez lehetővé tette a mért és számított lehajlások azonnali ellenőrzését. A mért értékek minden esetben az előzetes számított alatt maradtak, sok esetben 50% körüli mértékben. A híd lényegesen merevebben viselkedett az előzetes várakozásainkhoz képest.

A mért statikus lehajlásértékeket mutatja a 10. táblázat. A kilenc mérési pont (A–I) elhelyezkedését az 36. ábra szemlélteti.

A mérési eredmények rendre kisebbek a számítottnál, mezőközepen annak 56-82%-a. A szignifikánsan kisebb lehajlás tipikus jelenség a vasbeton hidak próbaterhelésekor. Ennek egyik legfontosabb oka az egyes anyagtulajdonságok figyelembevételéből származik. A híd későbbi felújításainak kiegyenlítő betonrétegei is bizonyosan növelték a híd merevségét. Továbbá érdemben csökkentik az effektív lehajlást a támaszok befogási nyomatóka is, amit az erőtani

számításnál nem vettem figyelembe. A nagyobb merevség egyúttal nagyobb globális teherbírást is jelent.

10. táblázat: Statikus teherállások részletes lehajlás értékei³³²

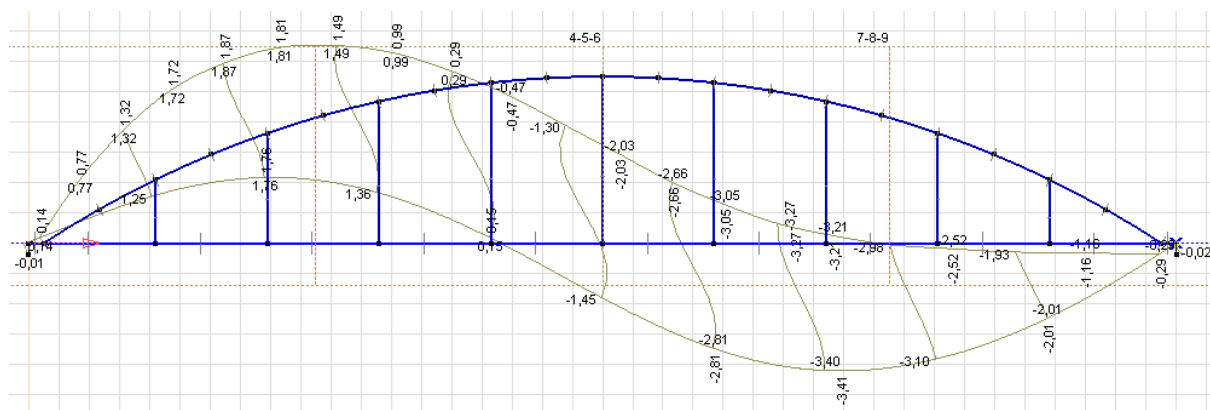
Ssz.	Teherállás	Lehajlások [mm]								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
2	1/4-ben traktor	0,86	1,05	0,97	0,14	0,25	0,15	-0,37	-0,25	-0,33
3	1/2-ben traktor	0,61	0,70	0,61	1,15	1,49	1,09	-0,05	-0,09	-0,05
4	3/4-ben traktor	-0,30	-0,24	-0,25	0,52	0,70	0,52	0,99	1,24	0,96
14	1/4-ben üres tréler tengelyben	0,91	1,1	0,97	0,89	1,16	0,92	-0,25	-0,24	-0,25
15	1/2-ben üres tréler tengelyben	0,33	0,59	0,33	1,13	1,47	1,16	0,73	0,97	0,73
16	3/4-ben üres tréler tengelyben	-0,14	0,01	-0,11	0,92	1,27	0,96	0,89	1,1	0,85
25	1/4-ben Leopard tengelyben	2,92	3,62	2,85	0,82	1,06	0,77	-1,03	-0,89	-1,04
26	1/2-ben Leopard tengelyben	0,95	1,34	0,87	3,46	4,39	3,32	0,66	1,01	0,61
27	3/4-ben Leopard tengelyben	-1,13	-0,86	-1,1	1,09	1,49	1,03	3,04	3,72	2,99
30	1/4-ben Leopard befolyási oldalon	3,57	3,32	2,2	0,86	0,95	0,52	-1,18	-0,8	-0,94
29	1/2-ben Leopard befolyási oldalon	1,11	1,1	0,59	4,27	4,25	2,48	0,81	1,08	0,44
31	3/4-ben Leopard befolyási oldalon	-1,35	-1,08	-1,05	1,29	1,35	0,71	3,9	3,78	2,25
33	1/4-ben Leopard kifolyási oldalon	2,29	3,75	3,72	0,61	1,06	1,03	-1,09	-1,04	-1,34
34	1/2-ben Leopard kifolyási oldalon	0,53	1,1	0,95	2,53	4,06	4,14	0,48	0,97	0,89
35	3/4-ben Leopard kifolyási oldalon	-1,01	-0,86	-1,16	0,71	1,19	1,1	2,25	3,37	3,59

Az egyes mérési értékek jól korrelálnak egymáshoz, ami igazolja az alkalmazott méréstechnika megfelelő működését is és a hídszerkezet jó állapotát is. Bár a híd szimmetrikus mind hossz-, mind keresztirányban, az egyes értékpárok között kisebb különbségek láthatók. Ezek meg-egyeznek más próbaterhelések tapasztalataival, a különbségek nem jelentősek.

Előzetes várakozásom és erőtani számításom ellenére lényegesen kisebb volt az ívszerkezetekre igen jellemző féloldalas terheléskor megfigyelhető szinusz-hullám lehajlási alak (42. ábra). Tiszta ívekre jellemző, hogy a legnagyobb függőleges lehajlások nem a nyílásközépen, hanem a statikai szempontból is mértékadó féloldalas terheléskor az ívnegyedekben jelentkeznek. A kocsipálya szélén álló harcokosi terhelésre számított legnagyobb nyílásközépi lehajlás 7,15 mm; ívnegyedben 10,63 mm volt. Ezzel szemben a mért érték a híd nyílásközén 4,21 mm (59%), a negyedben csak 3,70 mm (35%) volt. Az ívnegyedek kisebb elmozdulásai azt mutatják, hogy a vasbeton pályalemez (gerenda-hatás) jelentősen merevíti a főtartó íveket (ív-hatás). A felszerkezet mint Langer-tartó viselkedik, a pályalemez felhajlások értékei is ennek megfelelően

³³² Szerző szerkesztése. HAJÓS 2025c.

kisebbség. A legnagyobb pályalemez felhajlás a statikus mérés során 1,35 mm volt (31. sz. terhelésben).



42. ábra: Szinusz-hullám jellegű számított lehajlások féloldalas üres katonai szállítóréler hatására³³³

A merev pályalemez viselkedés megfigyelhető a mérési keresztmetszetek keresztirányú lehajlásain is. A 63 tonnás harckocsi terhelésre az egymástól 8,90 m-re fekvő két főtartó közötti keresztirányú lehajlás a híd középső keresztmetszetében statikus mérésnél 1,00 mm, dinamikus mérések során 0,95–1,01 mm volt. A legnehezebb terhelésnél (dinamikus mérés, 105 tonna) észlelt legnagyobb keresztirányú lehajlás 1,12 mm volt.

4.2.6 A kísérleti célú katonai próbaterhelés dinamikus eredményei

Az alkalmazott, számítógép vezérelt elektronikus mérőrendszer lehetővé tette dinamikus gyorsmérések készítését is, amire hagyományos mechanikus mérőórák nem alkalmasak.

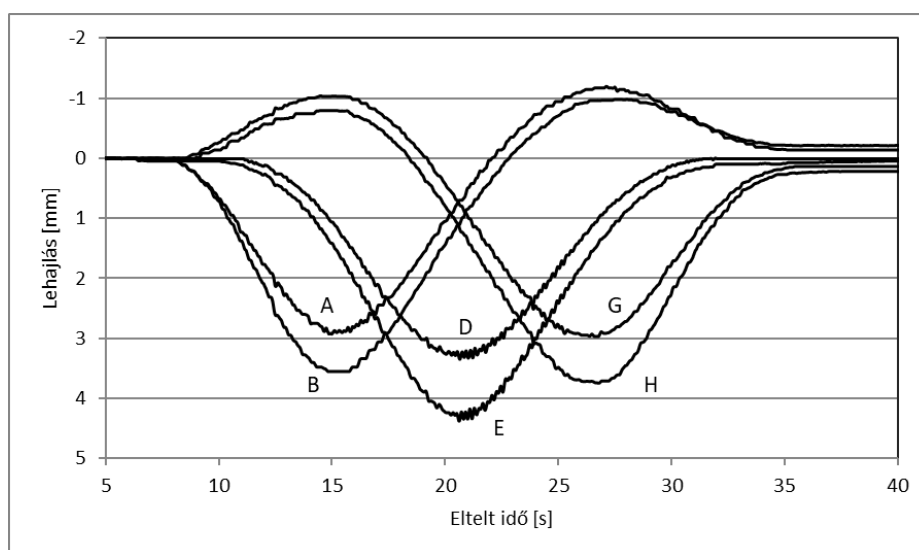
A nyers dinamikus adatok elemzése során jól szétválasztható a lehajlás kvázi statikus komponense és az erre rakódó dinamikus oszcilláció. Bevett gyakorlat a kis dinamikus hatások elkülönítése szűrő alkalmazásával (pl. mozgóátlag). Az adatok értékelésekor ilyen szűrést nem alkalmaztam, így a mért lehajlás vizsgált szélsőértékei tartalmazzák a dinamikus oszcilláció többlet értékét is. Szűrővel a legnagyobb lehajlásokra kisebb értékeket kaptam volna eredményül.

³³³ Próbaterheléshez készített erőtanai számítások kézirat.

A kvázi statikus lehajlásra rakódó oszcilláció függ a jármű gerjesztési paramétereitől, a kocsi-pálya felületének simaságától, a jármű felfüggesztési rendszerétől, futómű típusától (láncalpas vagy kerekes), tengelyek számától, össztömegtől és a jármű sebességétől.

Leopard harcocsival végzett dinamikus méréseknél a lehajlásra rakódó oszcilláció frekvenciája az áthaladások során mindegyik teherállásban 5 Hz körül volt (4,8 – 5,4 Hz). A mezőgazdasági traktornál is ehhez hasonló, 5,2 Hz értéket számítottam. A tréler áthaladásakor a járulékos oszcillációnak nem volt számítható szignifikáns frekvenciája.

A lehajlás két komponensét, a kvázi statikus részt és az oszcillációs részt szemlélteti a 43. és 44. ábra. A 43. ábra egy áthaladás teljes mérési adatsorát tartalmazza, áttekinthetőség érdekében a kifolyási főtartó alatti mérőpontok (C, F, I) nélkül.



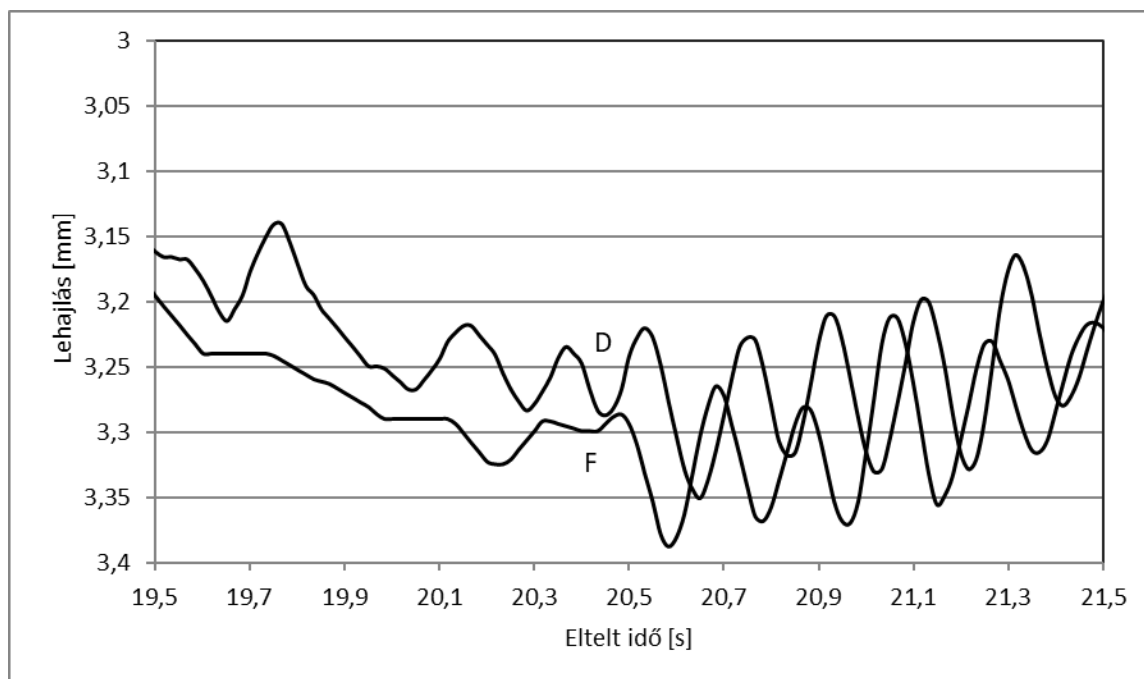
43. ábra: A 37. teherállás – Leopard 2A7HU harckocsi 5 km/h sebességgel, lehajlások³³⁴

A mérési eredményekről leolvasható (hasonlóan a többi teherállás tapasztalataival):

- A negyedek lehajlásai kisebbek, mint a hídközépé (A és G < D; B és H < E).
- A haladási iránynak megfelelően az először érintett hídnegyed lehajlása kisebb, mint a másodszor érintett hídnegyed (¾) lehajlása (Kecskéd irányába való áthaladás esetén A < G; B < H).
- Hídnegyedek lehajlása látszólagos maradó alakváltozást mutat az áthaladás után.
- Arányosak a kereszttartó lehajlások (A–B; D–E; G–H).
- A kvázi statikus lehajlásra rakódó oszcilláció kicsiny.

³³⁴ Szerző szerkesztése. HAJÓS 2025c.

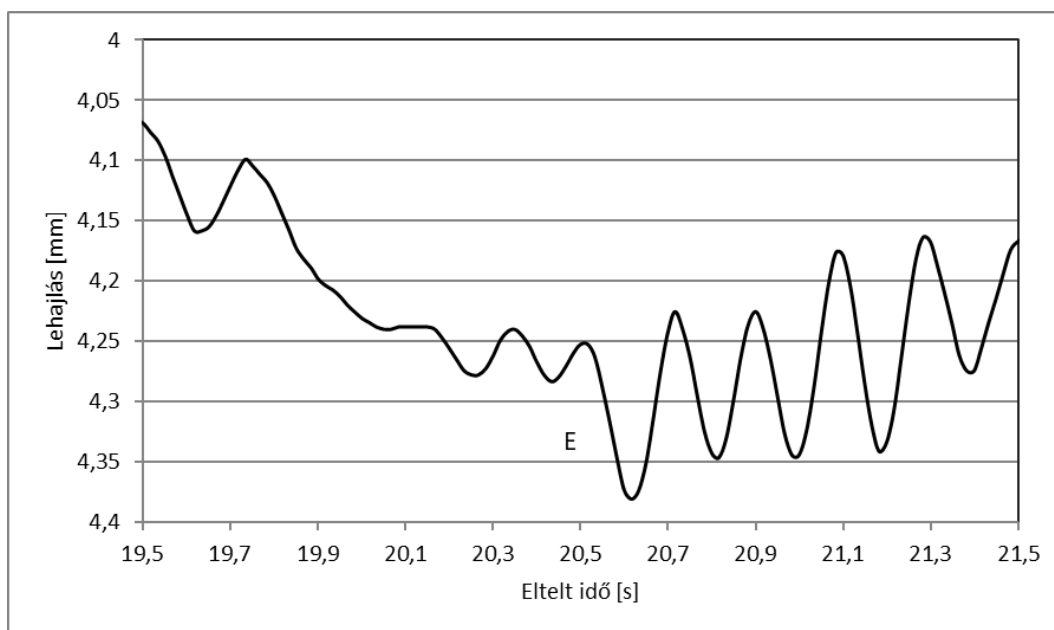
A 44. ábrán a 43. ábra kicsi részletének nagyítása látható. A 2 másodpercnyi adatsor a nyílás-középi keresztmetszet két főtartó síkban lévő mérési pontjának (D és F) lehajlására rakódó oszcillációját mutatja. A dinamikus oszcilláció amplitúdója a befolyási oldali főtartó hídközépi keresztmetszetében (D jelű mérési pont) 0,12 mm volt. A kis rezgés a kvázi statikus lehajláson +1,9% lehajlás többletet okozott.



44. ábra: A 37. teherállás – Leopard 2A7HU harckocsi 5 km/h sebességgel, mezőközépi befolyási és kifolyási főtartó lehajlás-maximum részlete³³⁵

Megállapítottam, hogy a hídtengelyben lévő mérési ponton (E) a dinamikus oszcilláció amplitúdója nagyobb, mint a két főtartó síkjában, a szerkezet kisebb merevsége miatt. Ugyanazon, 37. teherállásnál (Leopard 2A7HU harckocsi 5 km/h sebességgel előre felé) a lengési amplitúdó maximuma itt 0,17 mm volt (45. ábra), közel másfélszerese, mint a főtartó síkjában, de e többletnek a kvázi statikus lehajláshoz viszonyított aránya is igen kicsi (+1,6%).

³³⁵ Szerző szerkesztése. HAJÓS 2025c.



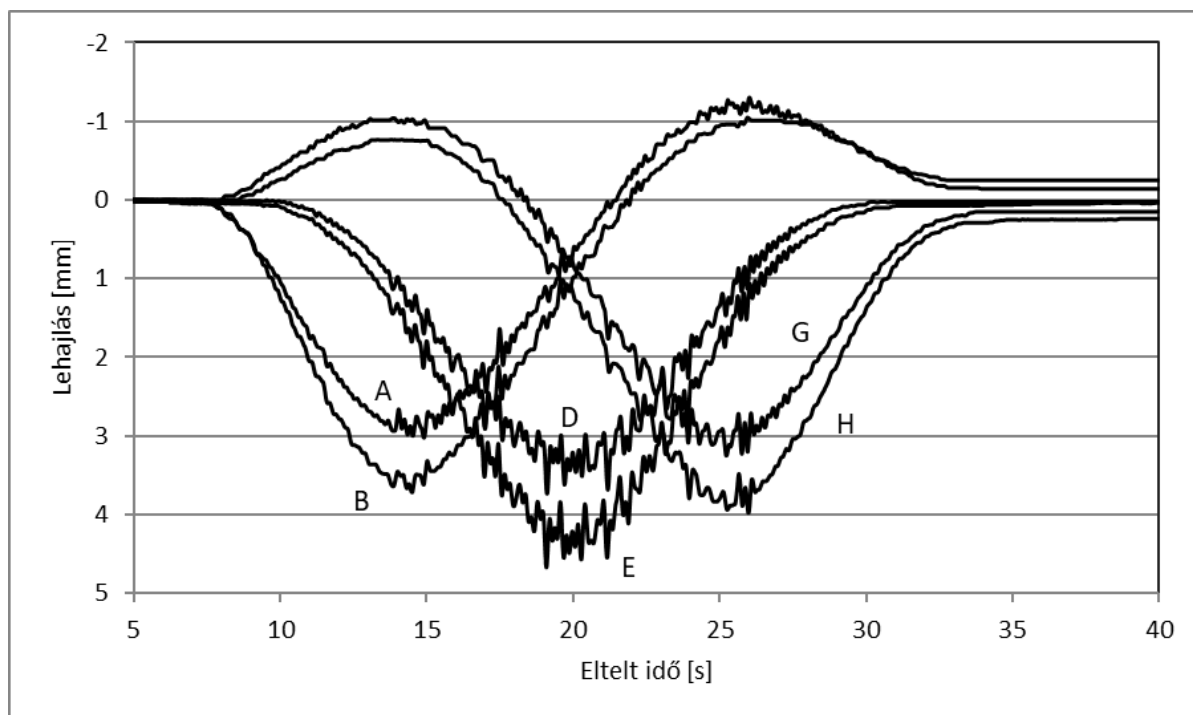
45. ábra: A 37. teherállás – Leopard 2A7HU harckocsi 5 km/h sebességgel, hídtengety-nyílásközép lehajlás-maximum részlete³³⁶

Megállapítottam, hogy a lánc talpas harckocsi hátramenetben jobban gerjeszti a hidat és nagyobb oszcillációk mérhetők, mint előremenetben (37. és 39. teherállások, szemben a 36. és 38. teherállásokkal). Ennek oka a gerjesztő hatás markáns különbsége, azaz a harckocsi hátramenetben nagyobb dinamikus terhelést okoz, mint előre menetben. E különbség számszerűsítéséhez nagyobb számú mérések szükségesek, ugyanakkor ennek jelentősége kicsi.

Az extra dinamikus többletet eredményező egyenetlen kocsi pályát a kanadai katonai kísérleti méréssel azonos módon,³³⁷ palló akadályokkal modelleztem. Ez rendkívüli többlet dinamikus terhelést eredményezett (46. ábra).

³³⁶ Szerző szerkesztése. HAJÓS 2025c.

³³⁷ EVERITT 2019.



46. ábra: Leopard 2A7HU 5 km/h sebességgel, palló akadályokkal³³⁸

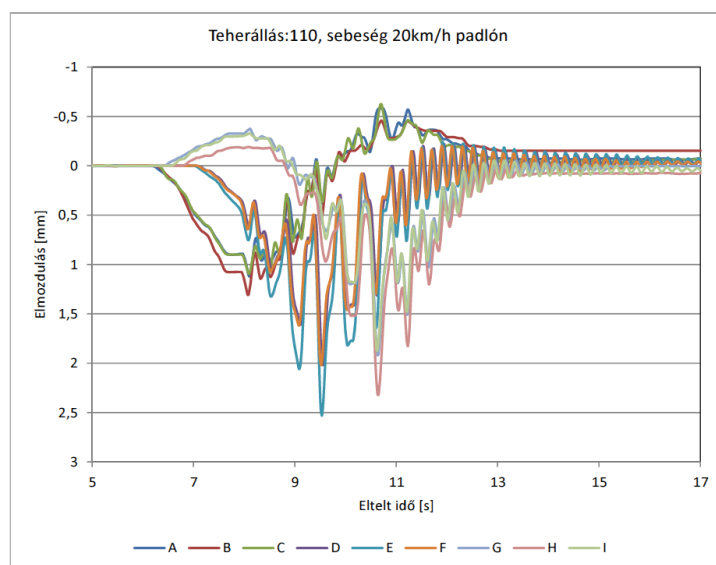
Összehasonlítva a pallókkal (46. ábra) és pallók nélkül (43. ábra) végzett lánc talpas méréseket az eltérések látványosak: a kvázi statikus lehajlásértékek nem változtak, ugyanakkor az erre rakódó dinamikus oszcilláció közel ötszörösére növekedett, ezáltal a legnagyobb lehajlások átlagosan 7%-kal nőttek.

A palló akadályokkal végzett mérések közül (11. táblázat) a mezőgazdasági traktornál volt a legnagyobb a mért dinamikus többlet (+81%) a palló nélküli mérésekhez viszonyítva. Ennél a teherállásnál a dinamikus oszcilláció amplitúdója meghaladta a 2 mm-t, 2,5 mm-es legnagyobb lehajlás mellett (47. ábra). Az áthaladás közben a híd lengése a járdán állva meglehetősen zavaró volt, bizonytalanság érzetét okozva.

³³⁸ Szerző szerkesztése. HAJÓS 2025c.

11. táblázat: Egyenetlen útpálya (pallóval) többlet dinamikus lehajlása hídközépen³³⁹

Ssz.	Teherállás	Mérési pont	
		D [mm]	F [mm]
5	Traktor 5 km/h visszafelé	1,22	1,15
10	Traktor 5 km/h PADLÓVAL odafelé	1,43	1,38
	Dinamikus többlet	117%	120%
6	Traktor 10 km/h odafelé	1,17	1,13
11	Traktor 10 km/h PADLÓVAL visszafelé	1,75	1,67
	Dinamikus többlet	150%	148%
7	Traktor 20 km/h visszafelé	1,22	1,11
12	Traktor 20 km/h PADLÓVAL odafelé	2,02	2,02
	Dinamikus többlet	166%	181%
17	Üres tréler 5 km/h visszafelé	1,16	1,09
23	Üres tréler 5 km/h PADLÓVAL visszafelé	1,84	1,74
	Dinamikus többlet	158%	159%
36	Leopard 5 km/h visszafelé (tolatva)	3,40	3,35
37	Leopard 5 km/h odafelé	3,35	3,39
38	Leopard 5 km/h visszafelé (tolatva)	3,48	3,44
39	Leopard 5 km/h odafelé	3,12	3,51
	Leopard 5 km/h átlag érték	3,34	3,42
40	Leopard 5 km/h PADLÓVAL visszafelé (tolatva)	3,52	3,62
41	Leopard 5 km/h PADLÓVAL odafelé	3,73	3,58
	Leopard 5 km/h PADLÓVAL átlag érték	3,63	3,60
	Dinamikus többlet (átlag értékekből számítva)	109%	105%

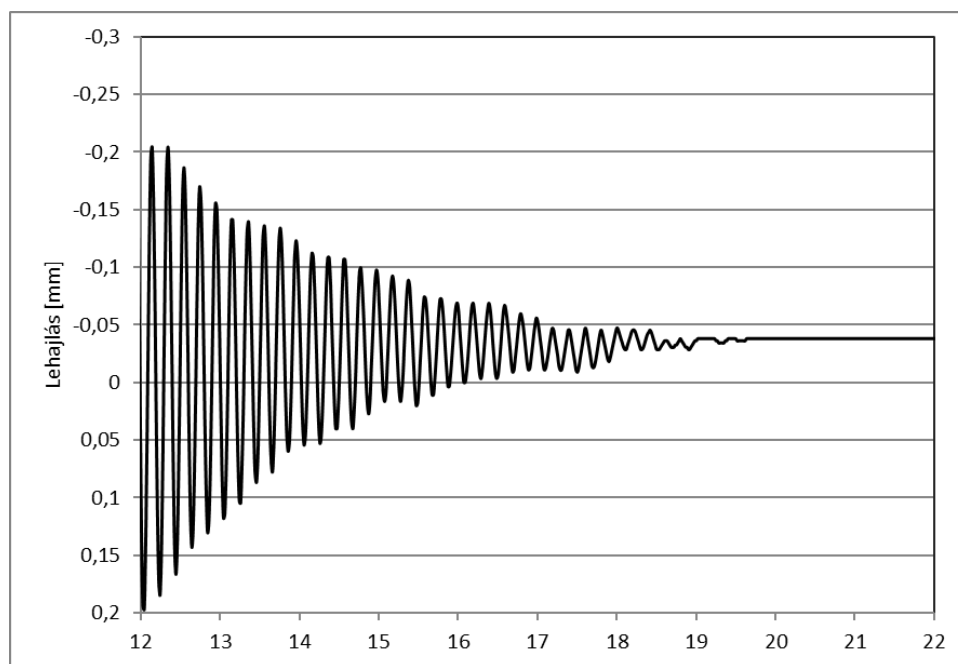


47. ábra: Mezőgazdasági traktor 20 km/h sebességgel, palló akadályokkal³⁴⁰

³³⁹ Szerző szerkesztése. HAJÓS 2025c.

³⁴⁰ Szerző szerkesztése.

A legnagyobb hídlengéseket a mezőgazdasági traktorral végzett, 20 km/h sebességű, pallóakadályokkal végzett 12. teherállás okozta. A belengetett híd tehermentesülés utáni főtartó lengését és annak időbeli csillapítását szemlélteti a 48. ábra. A lengés e hosszabb referenciamintából számított frekvenciája 4,83 Hz volt, ami a híd sajátfrekvenciájának tekinthető.



48. ábra: Mezőgazdasági traktor egyenetlen kocsipályán való 20 km/h sebességű áthaladását követő főtartó mezőközépi lengés csillapodási szakasza terheletlen hídon³⁴¹

A kvázi statikus lehajlásra rakódó dinamikus lengésből származó lehajlástöbblet üres tréler esetén +58-59% volt, lánctalpas harckocsi esetén pedig csupán +9% (0,6 mm amplitúdóval). Tréler esetén a nagy dinamikus többlet hozzájárult, hogy az úthibákat modellező, a kanadai minta szerint egymástól 3-3 m-re fektetett pallók távolsága pontosan megegyeztek a tréler hátsó tengelytávolságának kétszeresével, így a pallóakadályokon egyszerre akadtak meg váltakozva a tengelysor páratlan, majd páros tengelyei, nem érvényesülhetett a tengelyek közötti öncsillapítás.

A lánctalpas terhelésnél a legnagyobb dinamikus lehajlások és a statikus teherállások hányadosából számított többletet a 12. táblázat tartalmazza. Ennek részletes vizsgálatához hiányoznak

³⁴¹ Szerző szerkesztése. HAJÓS 2025c.

a nagyobb sebességgel való tesztelések, ami műszaki okok miatt esetünkben elmaradt. Kis sebességnél a dinamikus többlet legnagyobb mért értéke 1,08 volt.

12. táblázat: Mért lánc talpas dinamikus tényező a hídközép keresztmetszetében ³⁴²

Ssz.	Teherállás		Sebesség	Dinamikus többlet	
				átlag	max
26	S	1/2-ben Leopard tengelyben	0 km/h	100%	100%
36-39	D	Leopard 5 km/h átlag	5 km/h	101%	108%
40-41	D	Leopard 5 km/h PADLÓVAL átlag	5 km/h + padló	107%	114%

A hatályos magyar műszaki előírások ³⁴³ a híd tervezésekor alkalmazott szabvánnyal azonosan a dinamikus tényezőt (μ) a támaszköz (l) függvényében definiálja, így a kecskédi vizsgált híd esetében a dinamikus tényező civil szabvány szerinti értéke:

$$\mu = 1,05 + \frac{5}{5+l} = 1,05 + \frac{5}{5+37} = 1,169 \quad (3)$$

A próbaterhelésen mért dinamikus tényező (1,08) ennek fele volt. A rendkívüli úthibákat modellező allóakadályokkal mért dinamikus hatás (1,14) is alatta maradt a szabványos értéknek, míg ugyanez a traktor esetében a statikus alapértékre számítva 1,85, az üres tréler esetében pedig 1,63 volt. Mindkettő kerekes jármű lényegesen túllépte a szabványban szereplő értéket, ami érthető, mivel a szabvány normál simaságú útburkolatra vonatkozik. A pallóakadályokkal mért szabványos dinamikus tényezőnek lényegesen nagyobb többlete mutatja, hogy a pallóakadályok milyen extrém dinamikus terhelésnek minősülnek. A pallók ugyanakkor nagyon jól megmutatják, illetve kiemelik az egyes járművek közötti dinamikus különbségeket.

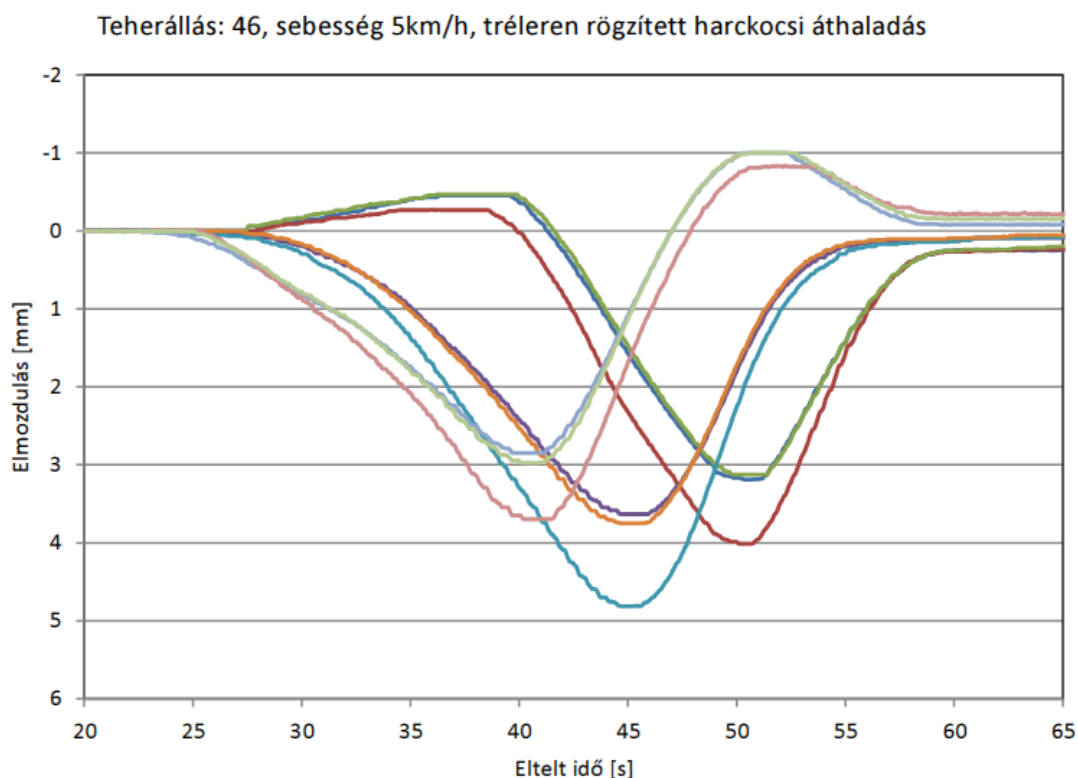
A teljes kísérleti próbaterhelés leglátványosabb teherállása a legnagyobb terhelést okozó, 105 tonna össztömegű, harckocsival megrakott katonai tréler átvonulása volt. E teherállás végrehajtását lehetővé tette, hogy valamennyi megelőzően elvégzett teherállás igazolta a híd feltételezett teherbírását, a mért lehajlások minden esetben a számított értékek alatt maradtak.

A legnagyobb terheléshez tartozó lehajlás számított értéke statikus terheléssel 6,65 mm volt. A híd nyílásának közepén, a főtartó ív vonalában a legnagyobb teher alatti lehajlás mért értéke

³⁴² Szerző szerkesztése. HAJÓS 2025c.

³⁴³ e-UT 07.01.12:2011

dinamikus méréssel (6 km/h egyenletes sebességgel) 3,75 mm volt (49. ábra). A mért érték aránya a próbaterheléseknél szokásos tapasztalatoknál kisebb (56%) volt. A kisebb lehajlás igazolja a híd teherbírasi tartalékát. A 49. ábrán látható legnagyobb lehajlás a híd középső pontjához tartozik: 4,81 mm. Itt a főtartók lehajlásához hozzáadódik a keresztmetszet többlet lehajlása (1,06 mm).



49. ábra: Lehajlások a 105 t katonai teher alatt³⁴⁴

Próbaterheléseknél minden esetben kiemelt figyelmet kap a maradó alakváltozás. A műszaki előírások erre vonatkozóan korlátozást is tartalmaznak a legnagyobb lehajlás függvényében. Maradó alakváltozásnak klasszikusan azt a lehajlást tekintjük, amit jellemzően egy új szerkezetet érő nagyobb terhelés hatására lejátszódó feszültség átrendeződések, esetleg végleges megcsúszások és egyéb hatások okoznak és tartósan a terheletlen tartóalak megváltozását eredményezi. Ezzel szemben megkülönböztetjük a látszólagos maradó alakváltozást, aminek oka, hogy a terheletlen tartó alakját befolyásolja az előzetes terheléstörténet (terhelő hatások mozgási iránya, terhelések változásának sebessége). Látszólagos maradó alakváltozás esetén a szerkezetben maradék sajátfeszültségek vannak, amelyek azonban nem elegendően nagyok ahhoz, hogy

³⁴⁴ Szerző szerkesztése.

önmaguk kiegyenlítése lejátszódjon, de ismételt terhelések hatására ezek reverzibilis módon leépülnek.

Jellemzően minden áthaladás után, elsősorban a nyílásnegyedekben látszólagos maradó alakváltozás volt, az áthaladás irányának megfelelően az egyik negyedben maradó lehajlás, a másik negyedben maradó felhajlás. Ezek a maradó alakváltozások ismételt terhelés hatására (újabb teherállás, vagy civil forgalom) azonban gyorsan leépültek. Megfigyelésem alapján, további kutatás során ez a zavaró hatás minimalizálható, ha minden dinamikus teherállás azonos paraméterű oda és vissza áthaladásból áll.

Ugyan ez a hatás figyelhető meg a hídnegyedek alakváltozásainak aszimmetriájában, a negyedek lehajlását kis mértékben befolyásolja a terhelő jármű áthaladási iránya is. Haladási irányban a mértékadó teherállás szempontjából először érintett nyílásnegyed lehajlása jellemzően kisebb, mint a másodszorra érintett. Ennek oka, hogy a másodszorra érintett negyed keresztmetszete a lehajlás előtt felhajlást szenved, így könnyebben kiépülhet a nagyobb lehajlás érték.

A mérési eredmények igazolták az előzetes várakozásokat, a lánc talpas jármű dinamikus többlet hatása töredéke volt a gumikerekes járművékének.

4.3 Részösszefoglalás

A Leopard harckocsival végzett civil közúti híd kísérleti célú próbaterhelése sikeresen illusztrálta a STANAG 2021 szerinti MLC besorolással biztosítható, a civil nyilvántartásánál kedvezőbb katonai teherbírás besorolást, ami hatékonyan segíti a katonai mobilitást. Ez különösen fontos annak fényében, hogy az új beszerzésű, nehéz haditechnikai eszközök lényegesen nehezebbek, mint a régebben alkalmazott szovjet harcjárművek.

A mérési program jól szolgálta a tervezett célt, a lánc talpas járművek dinamikus hatásának pontosabb, teherbírás szempontjából kedvezőbb meghatározását. A dinamikus tényező felvételét szolgáló kísérleti mérések elsősorban a nehéz haditechnikai eszközök szempontjából lesz előnyös, adott esetben akár 20-30%-kal is növelve az adott hídon megengedhető katonai hasznos terhelést, a STANAG 2021 szerinti MLC besorolást.

A katonai járművekkel végrehajtott kecskédi híd próbaterhelés a közúti hidak katonai teherbírásértékeléséhez hasznos adatokat, eredményeket nyújtott. Újdonságnak számít a vizsgált híd-szerkezet típusa (vasbeton, ívhíd) és az alkalmazott mérés technika is (elmozdulás-mérés).

Az elvégzett számítással igazoltam, hogy a 36 m nyílású híd, 40 tonna civil teherbírással biztonságosan használható megfelelő körülmények esetén 105 tonna katonai terhelésre is (50. ábra). Az elvégzett számítás helyességét próbaterheléssel demonstráltuk. A próbaterhelés igazolta a számítás jóságát és kimutatta a híd teherbírásában meglévő további tartalékokat is.



50. ábra: Legnagyobb teher, 105 tonna össztömeg a kecskédi hídon³⁴⁵

A vizsgálatokkal igazoltam vasbeton ívhidakra is a lánc talpas járművek kedvező dinamikus viselkedését, ami lehetővé teszi kisebb dinamikus tényezők használatát. Ez növeli a meglévő közúti hidak igazolható hasznos teherbírását, ezáltal a katonai mobilitást.

A próbaterheléssel bizonyítottam, hogy a kerekes járműveknél alkalmazott dinamikus tényezőnél lényegesen kisebb értékkel lehet számolni lánc talpas járművek ellenőrzése során.

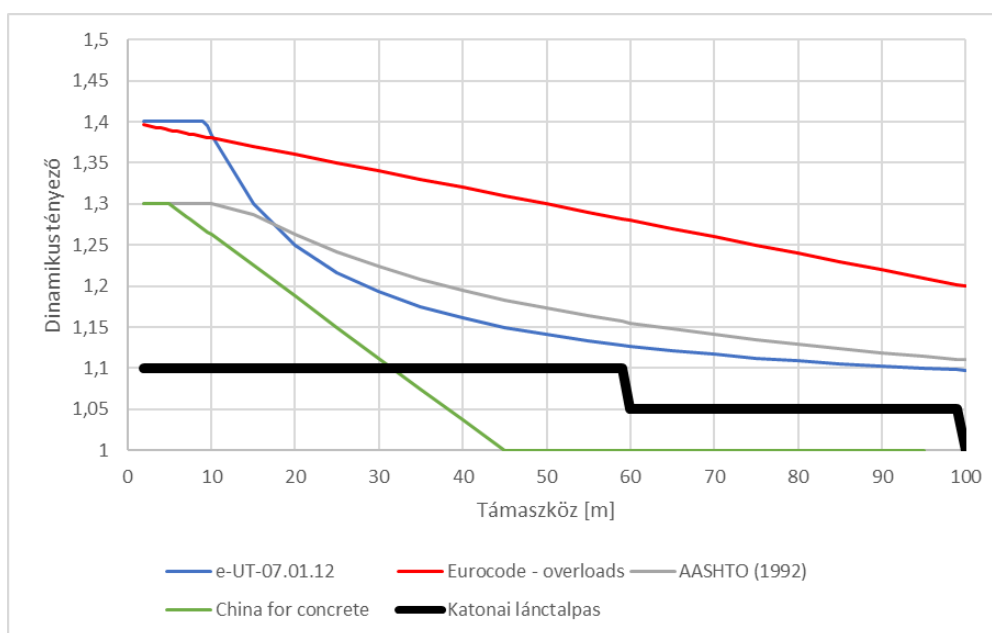
Javaslom a különleges túlsúlyos katonai és civil járművek dinamikus tényezőjének csökkentését. A bemutatott szakirodalom és az elvégzett kísérleti próbaterhelés eredményei alapján

³⁴⁵ Mák Dominik felvétele.

javaslom a lánctalpas járművek, valamint a 80 tonnánál nagyobb össztömegű kerekes katonai járművek dinamikus tényezőjét 1,1 értékben maximálni.³⁴⁶

Javaslom 60 m támaszköz felett a lánctalpas járművek, valamint a 80 tonnánál nagyobb össztömegű kerekes katonai járművek dinamikus tényezőjét 1,05 értékben maximálni. 100 m támaszköz felett pedig a dinamikus tényező elhagyható (1,00).

A javasolt értéket a 30. ábrába integrálva ábrázolja a 51. ábra.



51. ábra: Javasolt katonai lánctalpas és 80 tonna feletti, katonai kerekes járművekre alkalmazható csökkentett dinamikus tényezőre³⁴⁷

A kísérleti célú katonai próbaterheléssel vizsgált, hatvanéves kecskédi hídszerkezet lényegesen merevebben viselkedett, mint az előzetes számítások szerint az várható volt. A merevebb hídnek ez többlet teherbírás tartalékot jelent, ami további mérésekkel validált számításokkal beépíthető a teherbírás ellenőrzésbe is.

A híd alakváltozásai tökéletesen rugalmasak voltak, tartós, maradó alakváltozás nem volt, az egyes teherállások után visszamaradó, látszólagos maradó alakváltozások a híd újabb terhelésével mind leépültek.

³⁴⁶ HAJÓS 2024d: 111.

³⁴⁷ Szerző szerkesztése.

A hasonló próbaterhelések számos további tapasztalattal és eredménnyel tudnak szolgálni a katonai hídteherírás értékeléshez.

Javaslom a megkezdett kutatás folytatását, elsősorban különböző sebességekkel való lánc talpas dinamikus mérések elvégzését. Indokolt a kutatás kiterjesztése más felszerkezeti rendszerekre (pl. előregyártott előfeszített hídgerendák) és konvojban közlekedő katonai járművekre is.

5 ÖSSZEGZÉS

5.1 Új tudományos eredmények

1. **Bizonyítottam**, hogy a meglévő közúti hidak katonai teherbírásértékelése nem választható szét a magyar közúti hídállomány építéstörténetének, fejlődésének részletes megismeretétől, **javaslatot tettem** a hídnyilvántartásban a kritikus és érzékeny erőjátékú hidak jelölésére, részletesen kidolgozott szempontrendszer alapján, ami elősegíti a katonai hídertékelés során ezen hidak könnyű és gyors beazonosítását.
2. A közúti hidak tervezésére vonatkozó, új civil szabványtervezet paradigmaváltást eredményez az előírt hasznos teherszint vonatkozásában, áttérve a korábbi katonai célú teherbírásról a civil statisztikai alapú teherbírasi követelményekre, ezért próbaszámításokkal alátámasztott **javaslatot tettem** a katonai mobilitáshoz szükséges katonai hídteherbírás minimálisan megkívánt célértékére.
3. **Bizonyítottam**, hogy önmagában nem elégséges a katonai hídteherbírás jelölésére az MLC-érték. Kidolgoztam a katonai hídteherbírás egységes jelölésrendszerét és **javaslatot tettem** ennek szabványosítására.
4. **Javaslatokat fogalmaztam** meg a katonai hídteherbírás értékeléséhez használható dinamikus- és biztonsági tényezőkre vonatkozóan, melyekkel kedvezőbb katonai teherbírás igazolható, azonos biztonsági szint mellett.
5. Gyors katonai hídteherbírás értékelést lehetővé tevő **eljárást dolgoztam ki** Óvatos és Veszélyes átkelési esetekre, valamint többtámaszú gerendahidakra vonatkozóan. **Bizonyítottam** a gerendamodell alkalmazhatóságát boltozatok, ívszerkezetek és keretek közelítő teherbírasi besorolásához.

Az új tudományos eredményekben megfogalmazott javaslatokon felül az alábbi javaslatokat fogalmaztam meg:

- Javaslom a közúti hídnyilvántartást kiegészíteni: új adatmezővel jelölni a híd szerkezeti rendszere szempontjából és általános állapota miatt a hidakat, segítve a katonai értékelést.
- Javaslom a STANAG 2021-ben a 2a hídértékelési módszer elfogadását, mint állandó MLC értékek meghatározására alkalmas eljárást.
- Javaslom a katonai közlekedéshez rendelt biztonsági tényezők egyszerűsítését, a különböző tervezési élettartamok összevonását.
- Javaslom kellő jártassággal bíró hídszakértők részére az Óvatos (Caution) és Veszélyes (Risk) átkelési esetekhez rendelhető katonai teherbírásérték normál átkelési esethez meghatározott értékből való százalékos származtatását.
- Javaslom az egyetlen jármű okozta igénybevételi hatásokkal kiegészített nyomatéki és nyíróerő táblázatok és grafikonok használatát katonai teherbírásértékeléshez.
- Javaslom a STANAG 2021 H. mellékletben szereplő Óvatos (Caution) átkelési feltételhez rendelt sebességkorlátozás (5 km/h) eltörlését.

5.2 A kutatási eredmények gyakorlati felhasználhatósága

Doktori értekezésemben bemutatott új tudományos eredmények a katonai hídteherbírás értékelés során való gyakorlati felhasználhatóságát az alábbiakban foglalom össze:

1. Támogatja a civil és katonai hídmérnökök közötti hatékony szakmai párbeszédet, hozzájárulhat a meglévő civil hídadatbázis pontosításához, katonai célú kiegészítéséhez, ami előnnyel járhat a katonai hídteherbírás értékelés folyamatában.
2. Számításokkal alátámasztottam a katonai mobilitáshoz szükséges teherbírási osztályt, ami meglévő hidak megerősítéséhez és új hidak építéséhez használható.
3. Az eredmények alapul szolgálhatnak a katonai hídteherbírás értékelési szabvány további fejlesztéséhez, különösen az egységes jelölésrendszer használatával.
4. Kutatási eredményeim alapul szolgálhatnak a magyarországi közúti hidak katonai teherbírásértékelésének elvégzéséhez, hálózati szintű katonai teherbírási adatbázis létrehozásához.
5. Eredményeim felhasználhatóak a katonai hídépítés oktatásához, elsősorban a STANAG 2021 gyakorlati alkalmazásához kapcsolódóan.

5.3 Ajánlások

1. Kutatási eredményeim felhasználását, alkalmazását különösen ajánlom:
 - a. A Magyar Honvédség Logisztikai Támogató Parancsnokság hídteherbírással foglalkozó kollégáinak.
 - b. A Magyar Honvédség II. Rákóczi Ferenc 14. Műszaki Ezred hídteherbírással foglalkozó kollégáinak.
 - c. A katonai felsőfokú oktatásban a Hídépítéstan előadóinak.
 - d. Civil hídüzemeltetéssel foglalkozó mérnököknek, különösen az Országos Közúti Hídadatbázist kezelő Magyar Közút Nonprofit Zrt. Hídosztályának.
 - e. A NATO Szabványosítási Hivatalának (Standardization Office, NSO) hídteherbírás értékeléssel foglalkozó szakértő csoportjainak (Military Committee Land Standardization Board; Military Engineer Working Group).

- f. Közúti hídvizsgálattal, katonai teherbírásértékeléssel foglalkozó hídszakértőknek.
2. Javaslom a katonai járművek által okozott, közúti hidakat terhelő dinamikus hatás további kísérleti vizsgálatát több és többféle katonai jármű együttes hatásával, különböző sebességgel.

5.4 További kutatási javaslatok

Értekezésem folytatásaként az alábbi témák kutatását javaslom:

1. A STANAG 2021 szerinti, különösen nagy tengelyterhelés magyarországi és európai figyelembevételének korlátozási lehetőségei és az ezzel elérhető teherbírási előnyök mértékének kutatása.
2. A kutatás kiterjesztése a katonai hídszerkezetekre.
3. Katonai járművek dinamikus hatásának további kísérleti vizsgálata próbaterhelésekkel, más szerkezeti rendszerű hidakon, konvojós közlekedéssel és magas sebességgel is.
4. A katonai teherbírásértékelés ideiglenes és végleges jellegének elemzése a lehetséges hídértékelési módok tükrében, elősegítve a nagyobb arányú, végleges jellegű besorolást.
5. Az 1910. évi hídszabályzati teherbírással jelölt műtárgyak tényleges méretezési terhelésének további levéltári, tervtári kutatása, a nagyobb teherbírás próbaterheléses igazolása, tekintettel a vélhetően előforduló magasabb teherbírás értékekre.
6. A kecskédi kísérleti próbaterhelés mérési adatainak további elemzése, feldolgozása.
7. Látszólagos maradó alakváltozással kapcsolatos kutatások elvégzése.

6 A TÉMAKÖRÖBŐL KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓIM

Külföldi katonai szakmai folyóiratban

HAJÓS Bence (2024f): Some additional aspects for the regulation of the military load classification of existing road bridges (STANAG 2021). *Science & Military*, (19)2 14-19
<https://doi.org/10.52651/sam.a.2024.2.14-19>

HAJÓS Bence (2025b): What is the exact load capacity of the existing road bridges? Example static calculation for military transport verified by test load. *Science & Military*, 20(1), 5-10
<https://doi.org/10.52651/sam.a.2025.1.5-10>

Magyar katonai szakmai folyóiratokban

HAJÓS Bence (2024a): Movement of overload military and civil vehicles on road bridges. *Katonai Logisztika*, 32(1-2), 230-247
<https://doi.org/10.30583/2024-1-2-230>

HAJÓS Bence (2024b): A STANAG 2021 szerinti katonai járműteherosztályok a polgári hídszabályzatok tükrében. *Hadmérnök*, 19(1), 5-20
<https://doi.org/10.32567/hm.2024.1.1>

HAJÓS Bence (2024c): Paradigmaváltás a közúti hídtervezésben a hasznos járműterhek vonatkozásában, *Katonai alapterhek helyett polgári járműterhek bevezetéséről. Műszaki Katonai Közlöny*, 34(2), 5-16.

<https://doi.org/10.32567/hm.2024.1.110.32562/mkk.2024.2.1>

HAJÓS Bence (2024d): Safety and dynamic factors for determining the military load capacity of road bridges. *Hadtudomány*, 34(2), 101-113.

<https://doi.org/10.17047/HADTUD.2024.34.2.101>

- HAJÓS Bence (2024e): Közúti hidak katonai és polgári terhelési osztályairól. *Hadmérnök*, 19(2), 49-62 <https://doi.org/10.32567/hm.2024.2.4>
- HAJÓS Bence (2025a): Kísérleti célú közúti híd próbaterhelés Leopard 2A7HU harckocsival. *Haditechnika*, 59(3), 52-55 <https://doi.org/10.23713/HT.59.3.10>
- HAJÓS Bence (2025c): Vasbeton közúti híd kísérleti célú terheléses vizsgálata katonai járművekkel. *Hadtudomány*, megjelenés alatt
- HAJÓS Bence (2025d): Új STANAG 2021 egyezmény a közúti hidak teherbírás-értékeléséhez. *Katonai logisztika*, 33(1-2), 188-202 <https://doi.org/10.30583/2025-1-2-188>
- HAJÓS Bence (2025e): Megemlékezés az 1999-ben lerombolt újvidéki Szabadság hídról. *Haditechnika*, 59(4) 20-24 <https://doi.org/10.23713/HT.59.4.04>
- KOVÁCS Ferenc – HAJÓS Bence (2025): A meglévő közúti hidak teherbírasi megfelelőségének értékelése honvédelmi szempontból a katonai célú közlekedésfejlesztési feladatok tükrében. *Műszaki Katonai Közlöny*, megjelenés alatt

Külföldi civil szakmai konferencia

- HAJÓS Bence – GOSZTOLA Dániel (2024): Proposals for the Military Load Capacity Assessment of Existing Road Bridges. In 11th International Conference on Bridges in the Danube Basin (ICBDB2024) Technical University of Munich, 20th to 21st November 2024 – In: Oliver Fischer (szerk.) The 11th International Conference on BRIDGES IN DANUBE BASIN : New trends in design, construction, assessment, monitoring and rehabilitation of large and medium span bridges Konferencia helye, ideje: München, Németország 2024.11.20. - 2024.11.21. : pp 307-317 (2024) <https://doi.org/10.14459/icbdb24.28>
- BOROS Vazul – KÖVÁRI 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, Ghent, Belgium 2025.08.27-29. pp. 2193-2200

Hazai civil szakirodalmi megjelenések

- HAJÓS Bence (2008): Bevezető a vásárosnaményi II. Rákóczi Ferenc Tisza-híd pályaszerkezetének átépítéséhez. In HAJÓS Bence (szerk.): *49. Hidmérnöki konferencia előadásainak gyűjteménye*. Lánchíd füzetek 10. Biri: Első Lánchíd Bt., 83–95. Online: https://hidak.hu/konyvek/Lanchid_10_hidkonf.pdf
- HAJÓS Bence (2022): *Első Lánchíd eredeti erőtani számítása – Detail calculation of the Suspension Bridge between Pesth and Buda*. Lánchíd füzetek 32. Biri: Első Lánchíd Bt.
- HAJÓS Bence (2023): Szempontok és javaslatok a közúti hídtervezés hasznos ideális jármű teherszintjének meghatározásához a készülő új Útügyi Műszaki Előírásban. *Útügyi lapok*, 11(18), 30-43 <https://doi.org/10.36246/UL.2023.2.03>
- HAJÓS Bence (2024g): A közúti hidak dinamikus tényezőjének csökkentési lehetőségei túlsúlyos civil járművek és nehéz katonai szállítások esetén. *Útügyi lapok*, 12(19), <https://doi.org/10.36246/UL.2024.1.03>
- HAJÓS Bence (2024h): Polgári és katonai hídteherbírási előírások változásáról – problémafelvetés. In HAJÓS Bence (szerk.): *Hidász napok 2024 előadásainak gyűjteménye*, Lánchíd füzetek 40. Biri: Első Lánchíd Bt. 409-411.
https://hidak.hu/konyvek/Lanchid_40_HN2024.pdf
- HAJÓS Bence (2025g): Rekord méretű túlsúlyos, túlméretes szállítás hidász feladatairól. In HAJÓS Bence (szerk.): *Hidász napok 2025 előadásainak gyűjteménye*, Lánchíd füzetek 42. Biri: Első Lánchíd Bt. 293-303.
- HAJÓS Bence (2025h): A kecskédi Által-ér-híd katonai próbaterheléséről. In HAJÓS Bence (szerk.): *Hidász napok 2025 előadásainak gyűjteménye*, Lánchíd füzetek 42. Biri: Első Lánchíd Bt. 355-360.

Tervdokumentációk

- HAIÓS Bence (2013a): Próbaterhelési szakvélemény a mérki Kraszna-ártéri-hídról a 49138 sz. út 1+262 km szelvényében (törzsszám: P7463). tervszám: B196/2013, 2013. december 5. Biri: Első Lánchíd Bt.
- HAIÓS Bence (2013b): Próbaterhelési szakvélemény a kemecsei öreg Lónyay-főcsatorna-híd próbaterheléséről a 3825 sz. út 2+926 km szelvényben (törzsszám: P4112). tervszám: B194-2/2013, 2013. november 18. Biri: Első Lánchíd Bt.
- HAIÓS Bence (2013c): Próbaterhelési terv tiszakóródi Túr-csatorna-híd próbaterheléséhez a 4129 sz. út 14+803 km szelvényben (törzsszám: P4159). tervszám: B180/2013, 2013. június 4. Biri: Első Lánchíd Bt.
- HAIÓS Bence (2013d): Próbaterhelési szakvélemény a tiszakóródi Túr-csatorna-híd próbaterheléséről a 4129 j. út 14+803 km szelvényben (törzsszám: P4159). kézirat.
- HAIÓS Bence (2019): Hídvizsgálati zárójelentés Bodrogkeresztúr–Kazincbarcika túlsúlyos szállításról (250 tonna), 2025. április 17. tervszám: B277-0/2019, Debrecen: Első Lánchíd Bt.
- HAIÓS Bence. (2024i): Próbaterhelési terv a kecskédi Által-ér-híd próbaterheléséről a 8155 j. út 0+118 km szelvényében (törzsszám: P5613). Első Lánchíd Bt. tervszám: G014-P-1/2024.
- HAIÓS Bence (2025f): 8301 jelű Zirc-Bakonybél-Nagygyimót összekötő út 29+217 km szelvényében lévő, 5698-os törzsszámú Bakonykoppány utáni Gerence-patak-híd 2025. évi statikai célvizsgálata és próbaterhelése. tervszám: B636-B/2025), 2025. augusztus, Debrecen: Első Lánchíd Bt.

Szakmai előadásaim a doktori kutatásommal kapcsolatban

- | | |
|------------------|--|
| 2024. június 13. | Hidászokért Egyesült, Hidász napok – 2025. Előadásom címe: Polgári és katonai teherbírasi előírások változásáról. |
| 2024. október 9. | Magyar Közút Nonprofit Zrt. Útvonalengedélyezők Országos Értekezlete. Előadásom címe: Túlsúlyos-túlméretes járművek közlekedése hidakon (STANAG 2021 szerinti katonai teherbírás értékelés). |

2024. november 20. 11th International Conference on Bridges in the Danube Basin (IC-BDB2024) Technical University of Munich. Angol nyelvű előadásom címe: Proposals for the Military Load Capacity Assessment of Existing Road Bridges.
2025. március 17. A Haza Szolgálatában Konferencia – 2025 Nemzeti Közszerológati Egyetem, Budapest, Előadásom címe: Próbaterheléssel validált híd teherbíráértékelés előnyei a katonai mobilitáshoz.
2025. április 15. Magyar Közút Nonprofit Zrt. Útvonalengedélyezők Országos Értekezlete. Előadásom címe: Túlsúlyos-túlméretes járművek közlekedése hidakon (esettanulmányok, kecskédi katonai próbaterhelés).
2025. április 30. Magyar Hadtudományi Társaság – Védelmi Infrastruktúra Szakosztály ülése. Előadásom címe: Meglévő közúti hidak katonai teherbíráértékelése
2025. június 5. Hidászokért Egyesült, Hidász napok – 2025. Előadásom címe: A kecskédi Által-ér katonai próbaterheléséről.

7 FELHASZNÁLT IRODALOM

7.1 Felhasznált szakirodalom

ANDRIĆ, Ivo (2023): Híd a Drinán. Lánchíd füzetek 36. Első Lánchíd Bt. Biri.

APÁTHY Árpád (1968a): Az 1967. évi új Közúti Hídszabályzat. Ankét a Közlekedéstudományi Egyesületekben. *Mélyépítéstudományi Szemle*, 18(4), 169.

APÁTHY Árpád (1968b): Alapelvek az új Közúti Hídszabályzat előírásainak kialakítása során. *Mélyépítéstudományi Szemle*, 18(11), 485–489. Online: https://hidak.hu/konyvek/apathy_1968_11.pdf (letöltve: 2025. március 3.)

APÁTHY Árpád – TÓTH Ernő (1990): A közúti hidak megfelelőségének értékelése. *Közlekedésépítés- és Mélyépítéstudományi Szemle*, 40(9), 321–326.

ARNDT, Rob [é. n.]: Panzerkampfwagen VIII Maus (1943–1945). Online: <https://web.archive.org/web/20130629194425/http://strangevehicles.greyfal-con.us/PANZERKAMPFWAGEN%20VIII%20MAUS.htm> (letöltve: 2025. március 3.)

Az állami közúthálózatról (2025) Online: <https://internet.kozut.hu/kozerdeku-adatok/orszagos-kozuti-adatbank/az-allami-kozuthalozatrol/> (letöltve: 2025.09.18.)

BĂDULESCU, Ioan-Vladimir (2020): Consideration regarding the NATO concept of „Military Load Classification”. In International Scientific Conference "Strategies XXI", kieg. Global Security and National Defence, Bucharest, pp. 11-14.

BAKHT, B. – PINJARKAR, S. G.: Dynamic Testing of Highway Bridges – A Review. In Transportation Research Record 1223 pp. 93-100. <https://doi.org/10.3141/1770-09>

BALÁZS György – KOVÁCS Károly – TÓTH Ernő (1991): Közúti vasbetonhidak tartóssága a hídszabályzatok tükrében. *Közlekedésépítés- és Mélyépítéstudományi Szemle*, 41(6), 205–211.

- BALLA Tibor – PADÁNYI József (2021): Műszaki kiválóságok: Feimer László. *Műszaki Katonai Közlöny*, 31(4), 35–44 <https://doi.org/10.32562/mkk.2021.4.3>
- BARTUS Róbert – KÖVÁRI Ákos – NÉMETH Gábor (2023): Észrevételek és javaslatok a készülő új e-UT 07.01.12 közúti hidak erőtani számítása – Ütügyi Műszaki Előíráshoz. *Ütügyi lapok*, 11(18), 19 <https://doi.org/10.36246/UL.2023.2.01>
- BENDA, Martin – SOBOTKA, Jan – COUFAL, Dalibor (2019): The Current Way of Assessing Bridges According to STANAG 2021. In International Conference on Military Technologies (ICMT) 2019 May 30 – 31, 2019, Brno, Czech Republic <https://doi.org/10.1109/MILTECHS.2019.8870026>
- BOROS Vazul – KÖVÁRI 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, Ghent, Belgium 2025.08.27-29. pp. 2193-2200
- BÖDŐCS András (2020): Paradigmaváltás a római utak kutatásában? : A lelőhely-diagnosztika új lehetőségei az utak kutatásában Pannóniában. *Magyar Régészet*, 9. 1-12. <https://doi.org/10.36245/mr.2020.3.2>.
- BRANDT, Bernd (1990): Zur Einstufung und Bemessung von Brücken nach STANAG 2021. In Beton- und Stahlbetonbau Heft 4 pp. 3-10.
- CAESAR Caius Julius (1964): *Commentarii de bello Gallico*. A gall háború; kieg. Aulus Hirtius Pansa, ford. Szepessy Tibor, jegyz. Boronkay Iván; Európa, Bp.
- CLARK, William Tierney (2022): Első Lánchíd eredeti erőtani számítása – Detail Calculation of the Suspension Bridge between Pesth and Buda. Lánchíd füzetek 32. Biri: Első Lánchíd Bt. Online: https://hidak.hu/konyvek/Lanchid_32_statika.pdf (letöltve: 2025. március 3.)
- Crimean Bridge (Rail) Online: <https://structurae.net/en/structures/crimean-bridge-rail> (letöltve: 2025. április 30.)

- Crimean Bridge (Road) Online: <https://structurae.net/en/structures/crimean-bridge-road> (letöltve: 2025. április 30.)
- CSERÉNYI-ZSITNYÁNYI Ildikó (2012): A közlekedési szabotázs-elhárítás szervezete 1956–1962 között. *Betekintő*, 4, 1–18. Online: https://betekinto.hu/sites/default/files/betekinto-szamok/2012_4_cserenyi_zsitnyanyi.pdf (letöltve: 2025. március 3.)
- DEÁK Ferenc – HAVASI Zoltán – NAGY Zsolt (2001): A magyar katonai hídszabályzat kidolgozásának története és a vonatkozó NATO STANAG rövid bemutatása. *Közúti és Mélyépítési Szemle*, 51(5), 180–186.
- DENG, Lu – YU, Yang – ZOU, Qiling and CAI, C. S. (2015): State-of-the-Art Review of Dynamic Impact Factors of Highway Bridges. *Journal of Bridge Engineering*, 20(5), 04014080-1 – 04014080-14. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)BE.1943-5592.0000672](https://doi.org/10.1061/(ASCE)BE.1943-5592.0000672)
- DOMANOVSKY Sándor et al. (2009): Duna-hídjaink. Budapest: Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központ Online: <https://hidak.hu/konyvek/Duna%20hidjaink.pdf> (letöltve: 2025. március 3.)
- EVERITT, Antony (2019): *Dynamic load effects of tracked and wheeled military vehicles from bridge load testing*. A Thesis Submitted to the Division of Graduate Studies of the Royal Military College of Canada, MSc Thesis Document.
- EVERITT, Anthony – DAGENAI, Marc-André – WIGHT, Gordon – MACDONALD, Andrew (2023): Comparative Dynamic Load Effects of Tracked and Wheeled Military Vehicles on Bridges. *Journal of Bridge Engineering*, 2023, 28(11): 04023085 : <https://doi.org/10.1061/JBENF2.BEENG-6394>
- EVERITT, Anthony – WIGHT, Gordon – DAGENAI, Marc-André (2019): Dynamic Load Allowance for Military Tracked and Wheeled Vehicles: Experimental Results. International Conference on Military Technologies (ICMT) 2019 May 30-31, Brno <https://doi.org/10.1109/MILTECHS.2019.8870083>
- FARKAS József (2013): *Építményeink alapozásának világtörténete az őskortól a középkorig*. Budapest: Romanika Kiadó.

- FARKAS Zoltán (2020): Új típusú nehézgépszállító szerelvények. *Haditechnika*, 54(5) 62-69
<https://doi.org/10.23713/HT.54.5.13>
- FLOREA Sabin – IONESCU Constantin (2012): Podul – creație, trăire și cunoaștere. Vol 1. Bucureș
- GULYÁS András (2002): Az érvényben lévő hídtervezési előírások és a hidak terhelési osztályba sorolása a STANAG 2021 szerint. *Műszaki Katonai Közlöny*, 12(1–2), pp. 53–68. 2002
 Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/3181/2428> (letöltve: 2025. március 3.)
- GULYÁS András (2003): STANAG 2021 bevezetésének feladatai az országos konferencia tapasztalatai alapján. *Műszaki Katonai Közlöny*, 13(1–4), 125–133. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/3086/2337> (letöltve: 2025. március 3.)
- GULYÁS András (2009): *Új építési technológiák alkalmazása a Magyar Honvédség béketámogató műveletei katonai építési gyakorlatában*. PhD-disszertáció. Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola. Online: <https://tudasportal.unike.hu/xmlui/handle/20.500.12944/12155> (letöltve: 2025. március 3.)
- GULYÁS András – HAVASI Zoltán (2003): Hidak terhelési osztályba sorolása. *Műszaki Katonai Közlöny*, 13(1–4), 105–124. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/3085/2336> (letöltve: 2025. március 3.)
- HAJÓS Bence (2008): Bevezető a vásárosnaményi II. Rákóczi Ferenc Tisza-híd pályaszerkezetének átépítéséhez. In HAJÓS Bence (szerk.): *49. Hidmérnöki konferencia előadásainak gyűjteménye*. Lánchíd füzetek 10. Biri: Első Lánchíd Bt., 83–95. Online: https://hidak.hu/konyvek/Lanchid_10_hidkonf.pdf (letöltve: 2025. március 3.)
- HAJÓS Bence (2013a): Próbaterhelési szakvélemény a mérki Kraszna-ártéri-hídról a 49138 sz. út 1+262 km szelvényében (törzsszám: P7463). tervszám: B196/2013, 2013. december 5. Biri: Első Lánchíd Bt.
- HAJÓS Bence (2013b): Próbaterhelési szakvélemény a kemecsei öreg Lónyay-főcsatorna-híd próbaterheléséről a 3825 sz. út 2+926 km szelvényben (törzsszám: P4112). tervszám: B194-2/2013, 2013. november 18. Biri: Első Lánchíd Bt.

- HAIÓS Bence (2013c): Próbatelhelési terv tiszakóródi Túr-csatorna-híd próbatelheléséhez a 4129 sz. út 14+803 km szelvényben (törzsszám: P4159). tervszám: B180/2013, 2013. június 4. Biri: Első Lánchíd Bt.
- HAIÓS Bence (2013d): Próbatelhelési szakvélemény a tiszakóródi Túr-csatorna-híd próbatelheléséről a 4129 j. út 14+803 km szelvényben (törzsszám: P4159). kézirat.
- HAIÓS Bence (2019): Hídvizsgálati zárójelentés Bodrogkeresztúr–Kazincbarcika túlsúlyos szállításról (250 tonna), 2025. április 17. tervszám: B277-0/2019, Debrecen: Első Lánchíd Bt.
- HAIÓS Bence (2022): *Első Lánchíd eredeti erőtani számítása – Detail calculation of the Suspension Bridge between Pesth and Buda*. Lánchíd füzetek 32. Biri: Első Lánchíd Bt.
- HAIÓS Bence (2023): Szempontok és javaslatok a közúti hídtervezés hasznos ideális jármű teherszintjének meghatározásához a készülő új Útügyi Műszaki Előírásban. *Útügyi lapok*, 11(18), 30-43. <https://doi.org/10.36246/UL.2023.2.03>
- HAIÓS Bence (2024a): Movement of overload military and civil vehicles on road bridges. *Katonai Logisztika*, 32(1-2), 230-247 <https://doi.org/10.30583/2024-1-2-230>
- HAIÓS Bence (2024b): A STANAG 2021 szerinti katonai járműteherosztályok a polgári híd-szabályzatok tükrében. *Hadmérnök*, 19(1), 5-20 <https://doi.org/10.32567/hm.2024.1.1>
- HAIÓS Bence (2024c): Paradigmaváltás a közúti hídtervezésben a hasznos járműterhek vonatkozásában, Katonai alapterhek helyett polgári járműterhek bevezetéséről. *Műszaki Katonai Közlöny*, 34(2), 5-16. <https://doi.org/10.32562/mkk.2024.2.1>
- HAIÓS Bence (2024d): Safety and dynamic factors for determining the military load capacity of road bridges. *Hadtudomány*, 34(2), 101-113. <https://doi.org/10.17047/HAD-TUD.2024.34.2.101>
- HAIÓS Bence (2024e): Közúti hidak katonai és polgári terhelési osztályairól. *Hadmérnök*, 19(2), 49-62 <https://doi.org/10.32567/hm.2024.2.4>
- HAIÓS Bence (2024f): Some additional aspects for the regulation of the military load classification of existing road bridges (STANAG 2021). *Science & Military*, (19)2 14-19 <https://doi.org/10.52651/sam.a.2024.2.14-19>

- HAIÓS Bence (2024g): A közúti hidak dinamikus tényezőjének csökkentési lehetőségei túlsúlyos civil járművek és nehéz katonai szállítások esetén. *Útügyi lapok*, 12(19), <https://doi.org/10.36246/UL.2024.1.03>
- HAIÓS Bence (2024h): Polgári és katonai hídteherbírási előírások változásáról problémafelvétel. In HAIÓS Bence (szerk.): *Hídász napok 2024 előadásainak gyűjteménye*, Lánchíd füzetek 40. Biri: Első Lánchíd Bt. 409-411.
- HAIÓS Bence (2024i): Próbaterhelési terv a kecskédi Által-ér-híd próbaterheléséről a 8155 j. út 0+118 km szelvényében (törzsszám: P5613). Első Lánchíd Bt. tervszám: G014-P-1/2024.
- HAIÓS Bence (2025a): Kísérleti célú közúti híd próbaterhelés Leopard 2A7HU harckocsival. *Haditechnika*, 59(3), 52-55 <https://doi.org/10.23713/HT.59.3.10>
- HAIÓS Bence (2025b): What is the exact load capacity of the existing road bridges? Example static calculation for military transport verified by test load. *Science & Military*, 20(1), 5-10 <https://doi.org/10.52651/sam.a.2025.1.5-10>
- HAIÓS Bence (2025c): Vasbeton közúti híd kísérleti célú terheléses vizsgálata katonai járművekkel. *Hadtudomány*, megjelenés alatt
- HAIÓS Bence (2025d): Új STANAG 2021 egyezmény a közúti hidak teherbírás-értékeléséhez. *Katonai logisztika*, 33(1-2), 188-202. <https://doi.org/10.30583/2025-1-2-188>
- HAIÓS Bence (2025e): Megemlékezés az 1999-ben lerombolt újvidéki Szabadság hídról. *Haditechnika*, 59(4) 20-24. <https://doi.org/10.23713/HT.59.4.04>
- HAIÓS Bence (2025f): A 8301 jelű Zirc-Bakonybél-Nagygyimót összekötő út 29+217 km szelvényében lévő, 5698-os törzsszámú Bakonykoppány utáni Gerence-patak-híd 2025. évi statikai célvizsgálata és próbaterhelése. tervszám: B636-B/2025), 2025. augusztus, Debrecen: Első Lánchíd Bt.
- HAIÓS Bence (2025g): Rekord méretű túlsúlyos túlméretes szállítás hídász feladatairól. In HAIÓS Bence (szerk.): *Hídász napok 2025 előadásainak gyűjteménye*, Lánchíd füzetek 42. Biri: Első Lánchíd Bt. 293-303.

- HAJÓS Bence (2025h): A kecskédi Által-ér-híd katonai próbaterheléséről. In HAJÓS Bence (szerk.): *Hidász napok 2025 előadásainak gyűjteménye*, Lánchíd füzetek 42. Biri: Első Lánchíd Bt. 355-360.
- HAJÓS Bence – GOSZTOLA Dániel (2024): Proposals for the Military Load Capacity Assessment of Existing Road Bridges. In 11th International Conference on Bridges in the Danube Basin (ICBDB2024) Technical University of Munich, 20th to 21st November 2024 – In: Oliver Fischer (szerk.) *The 11th International Conference on BRIDGES IN DANUBE BASIN : New trends in design, construction, assessment, monitoring and rehabilitation of large and medium span bridges* Konferencia helye, ideje: München, Németország 2024.11.20. - 2024.11.21. : pp 307-317 (2024) <https://doi.org/10.14459/icbdb24.28>
- HANAK, Marek – MAŇAS, Pavel (2017): A Comparison of the MLC of Wheeled and Tracked Vehicle According to the STANAG 2021. In 2017 International Conference on Military Technologies (ICMT) May 31 – June 2, 2017, Brno, Czech Republic
- HAVASI Zoltán (2007): A Magyar Honvédség ideiglenes hídhelyreállítási képességeinek, lehetőségeinek vizsgálata. PhD-disszertáció. Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Hadtudományi Doktori Iskola.
- HAVASI Zoltán et al. (2000): *A hidellenőrzések szerepe a mozgásszabadság fenntartásában*. Nemzetvédelmi Egyetemi Közlemények 2. 115-123.
- HOMBERG, Helmut (1970a): *Berechnung von Brücken und Militärlasten, Band 1, STANAG 2021 Norm für militärische Fahrzeuge und Brückenbelastungen*. Düsseldorf: Werner-Verlag GmbH.
- HOMBERG, Helmut (1970b): *Berechnung von Brücken und Militärlasten, Band 2, Erhöhungsfaktoren zur Überführung militärischer Belastungen nach STANAG 2021 in vergrößerte Belastungen nach DIN 1072*. Düsseldorf: Werner-Verlag GmbH.
- HORNBECK, Brian – KLUCK, Johannes – CONNOR, Richard (2005): *Trilateral design and test code for military bridging and gap crossing equipment*. Report: Guide Specification, OMB No. 0704-0188.

- KAPÁS Viktor (2017): Új szállítóeszközöket kapott a Magyar Honvédség. Online: <https://honvedelem.hu/galeriak/uj-szallitoeszkozokat-kapott-a-magyar-honvedseg.html> (Letöltve: 2024. augusztus 31.)
- Kecskédi Átal-ér-híd felújítása (2008). Kiviteli terv, Főmterv Zrt. felelős tervező: Huszka Gábor, 31.08.186. Magyar Közút Nonprofit Zrt. tervtára.
- KIM, Yail J. (2012): Safety assessment of steel-plate girder bridges subjected to military load classification. *Engineering Structures*, 38 21-31. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2012.01.002>
- KIM, Yail J. – TANOVIĆ, Rusmir – WIGHT, R. Gordon (2013): A parametric study and rating of steel I-girder bridges subjected to military load classification trucks. *Engineering Structures*, 56 709-720. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2012.01.002>
- KOLOZSI Gyula (2009): Változások a Hídszabályzatban. In KARA Katalin (szerk.): 50. Hídmérnöki konferencia előadásainak gyűjteménye. Lánchíd füzetek 13. Biri: Első Lánchíd Bt., 316–321. Online: https://hidak.hu/konyvek/Lanchid_13_hidkonf.pdf (letöltve: 2025. március 3.)
- KOSMATKA J. B. (2011): Dynamic behaviour of the composite army bridge (CAB): Field testing. In ROECK, G. De –DEGRANDE, G. –LOMBAERT, G. –MULLER, G. (szerk.): Proceedings of the 8th International Conference on Structural Dynamics, EUROLYN 2011 Leuven, Belgium, 4-6 July 2011. pp. 1559-1565.
- KOVÁCS Ferenc (2001): *A NATO biztonsági beruházási program integrálása a magyar nemzetgazdaság, az országos és katonai infrastruktúra, valamint az államigazgatás rendszerébe*. PhD-értekezés; Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Budapest,
- KOVÁCS Ferenc (2004): *A közlekedési hálózat előkészítettségének helyzete a védelmi követelmények szempontjából*. Budapest, Gazdasági és Közlekedési Minisztérium (GKM) 164 p.
- KOVÁCS Ferenc (2005): *Az infrastruktúra kritikus elemeinek felmérése, védelmének és helyreállításának megszervezésére vonatkozó intézkedési javaslatok kidolgozása*. GKM Tanulmány. Budapest, 2005.

- KOVÁCS, Ferenc (2006): Defence of the critical infrastructure. In: New Challenges in the Field of Military Sciences 2006: 4th International Scientific Conference, Budapest, Magyarország: Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Bolyai János Katonai Műszaki Főiskolai Kar, 6, 10 p.
- KOVÁCS, Ferenc (2008): Safety aspects of critical infrastructures. *Bolyai Szemle*, 17(2)
- KOVÁCS Ferenc (2022): *A kritikus infrastruktúra védelme I.* NKE Katonai Műszaki Doktori Iskola, előadás kézirat.
- KOVÁCS Ferenc (2025): *A katonai műszaki infrastruktúra: a kritikus és katonai infrastruktúra és védelme.* NKE Katonai Műszaki Doktori Iskola, előadás kézirat.
- KOVÁCS Ferenc – HAJÓS Bence (2025): A meglévő közúti hidak teherbírási megfelelőségének értékelése honvédelmi szempontból a katonai célú közlekedésfejlesztési feladatok tükrében. *Műszaki Katonai Közlöny*, megjelenés alatt
- KRAJNC Zoltán főszerk. (2019): *Hadtudományi lexikon*. Budapest: Dialóg Campus.
- KURCZ Kristóf – VÉG Róbert – HEGEDŰS Ernő (2020): A Leopard 2 harcokocsicsalád és a Magyar Honvédség 2A4 és 2A7+ típusváltozatai I. rész. *Haditechnika*, 54(5) 2-7. <https://doi.org/10.23713/HT.54.5.01>
- LENNER, Roman (2014): *Safety Concept and Partial Factors for Military Assessment of Existing Concrete Bridges*. PhD dissertation, Universität Der Bundeswehr München, Fakultät für Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften.
- LENNER, Roman – KEUSER M. – SÝKORA Miroslav (2014): Safety Concept and Partial Factors for Bridge Assessment under Military Loading. In *Advances in Military Technology*, 9(2) 5-20.
- LENNER, Roman – MANAS, Pavel – SÝKORA, Miroslav (2017): Reliability Assessment of Existing Bridges for Military Use – Appropriate Values of Partial Factors for Traffic Loads. In 2017 International Conference on Military Technologies (ICMT) May 31 – June 2, 2017, Brno, Czech Republic

- LENNER, Roman – SÝKORA Miroslav (2016): Partial factors for loads due to special vehicles on road bridges. *Engineering Structures*, 106 137-146. <https://doi.org/10.1016/j.eng-struct.2015.10.024>
- LUKÁCS László (2003): Hidak terhelési osztályba sorolása – országos konferencia. *Műszaki Katonai Közlöny*, 13(1–4), 103–104. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/3084/2335> (letöltve: 2025. március 3.)
- MACDONALD, Andrew J. (2014): Applying Probabilistic Methods to the NATO Military Load Classification System for Bridges. PhD Disszertáció, The University of Western Ontario p.307.
- MACDONALD, A. J.– BARTLETT, F. Michael – WIGHT, R. Gordon (2017): Probabilistic Gross Vehicle Weights and Associated Axle Loads for Military Vehicles in Bridge Evaluation and Code Calibration. In *Advances in Military Technology*, 12(1) pp. 129-145. <https://doi.org/10.3849/aimt.01178>
- MACDONALD, Andrew J. – BARTLETT, F. Michael – WIGHT, R. Gordon (2020): Live load Factors for Military Traffic in Bridge Evaluation. In *Canadian Journal of Civil Engineering*, <https://doi.org/10.1139/cjce-2020-0479>
- MACDONALD, A. J. – WIGHT, R. Gordon – BARTLETT, F. Michael (2016): Acceptable Risk in Military Bridge Evaluation. In *Advances in Military Technology*, 11(2) pp. 197-209. <https://doi.org/10.3849/aimt.01106>
- MACDONALD, A. J. – WIGHT, R. Gordon – BARTLETT, F. Michael (2016): Acceptable Risk in Military Bridge Evaluation. In *Advances in Military Technology*, 11(2) pp. 197-209. <https://doi.org/10.3849/aimt.01106>
- Magyar Közút Általános tájékoztató (2025). Online: <https://www.kozut.hu/ugyfelszolgalat/ut-vonalengedely-uvr-e-office/altalanos-tajekoztato/> (letöltve: 03-03-2024)
- MISTÉTH Endre (2001) Méretezéselmélet. Akadémiai Kiadó, Budapest. ISBN 963-05-7778-X
- NAGY Zoltán (2020): *Hidavatás páncélossal (Kaposvár 1958-ban)*. Online: <https://kaposvar-most.hu/blog/esztendoknek-vandorutjan/2020/08/15/hidavatas-pancelossal-kaposvar-1958-ban.html> (letöltve: 2025.01.27.);

- PADÁNYI József (2004): A hídépítő kapacitás és képesség növelésének lehetőségei. *Műszaki Katonai Közlöny*, (14)1-4 185-194.
- PÁLL Gábor (2007): *A budapesti Duna-hidak története*. Lánchíd füzetek 6. Biri: Első Lánchíd Bt. Online: https://hidak.hu/konyvek/Lanchid_06_Danubius.pdf (letöltve: 2025. március 3.)
- PINKNEY, Brandon – DAGENAIS, Marc-André – WIGHT, Gordon (2022): Dynamic load testing of a modular truss bridge using military vehicles. *Engineering Structures*, 254 113822 <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.113822>
- POLÓNYI Tibor (2018): A közúti és vasúti hidak teherbírásának számítása és osztályozása katonai módszerekkel és az ilyen irányú fejlesztések jelenlegi helyzete. *Seregszemle*, 16(3–4), 46–56. Online: https://honvedelem.hu/files/files/116326/seregszemle_2018_34.pdf (letöltve: 2025. március 3.)
- ROBINSON, Mark J. – KOSMATKA, J. B. (2010): Experimental Dynamic Response of a Short-Span Composite Bridge to Military Vehicles, *Journal of Bridge Engineering*, January 2010 16(1) [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)BE.1943-5592.0000134](https://doi.org/10.1061/(ASCE)BE.1943-5592.0000134)
- SÁRKÁNY István Róbert (2019): *A polgári és katonai együttműködés aspektusai a katonai közlekedés műszak vonatkozásában*. Konferencia előadás, Siófok, 2019. február 22.
- SÝKORA, M. – HOLICKY, M. – LENNER, R. – MAÑAS, P. (2014): Target Reliability Levels for Existing Bridges Considering Emergency and Crisis Situations. In *Advances in Military Technology*, 9(1) 45-57.
- SZ. KÁRPÁTHY Kata (2025): *Híd épül Ukrajna és Románia között a Tiszán*. Online: <https://karpatalja.ma/karpatalja/kozelet/hid-epul-ukrajna-es-romania-kozott-a-tiszan/> (letöltve: 2025. április 05.)
- SZABÓ József főszerk. (1995): *Hadtudományi lexikon A-L*. Budapest: Magyar Hadtudományi Társaság.
- TÓTH András (2022): A Leopard harckocsi magyar típusváltozata: a Leopard 2A7HU. *Hadi-technika*, 56(6), 27–32. <https://doi.org/10.23713/HT.56.6.05>

- TÓTH Ernő – HAJÓS Bence (2022): II. világháborús hídpusztításról. In HAJÓS Bence (szerk.): *Közúti és vasúti hidász almanach 2011-2021*. Lánchíd füzetek 30. Biri: Első Lánchíd Bt.
- TÓTH Ernő – TRÄGER Herbert – VÉRTES Mária (2009): 50 Hídmérnöki konferencia 1962–2009. Budapest: Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központ. Online: <https://hidak.hu/konyvek/50%20hidmernoki.pdf> (letöltve: 2025. március 3.)
- TRÄGER Herbert (1968): *A közúti hídszabályzatban foglalt méretezési előírások 1967. évi módosításának műszaki-gazdasági elemzése*. Műszaki doktori értekezés. Budapest.
- VUCKOVIC, Mislav – VLAJIC, Ljubomir (1999): Destroyed and reconstructed bridges in Yugoslavia. In PERISIC, Zivota (szerk.): *International Conference Bridge rehabilitation and reconstruction Sava Center, December 16-17, 1999, Belgrade, Yugoslavia Proceedings*. Belgrade: Institute of Transportation CIP.
- ZIZI, Mattia – CHISARI, Corrado – DE MATTEIS, Gianfranco (2024): Effects of pre-existing damage on vertical load-bearing capacity of masonry arch bridges. In *Engineering Structures*, 300 117205; <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2023.117205>
- ZSÁMBOKI Gábor: *Acélszerkezetű közúti hidak építése hazánkban 1945–1969 között*. Lánchíd füzetek 3. Biri: Első Lánchíd Bt. Online: https://hidak.hu/konyvek/Lanchid_03_Zsamboki.pdf (letöltve: 2025. március 3.)
- ZSIZSMANN Erika (2025): Új híd épül Moldva Köztársaság és Románia között, 60 éve az első. Online: <https://transtex.ro/kozelet/2025/04/27/prut-hid-moldova-romania> (letöltve: 2025. április 27.)

7.2 Szabványok, katonai utasítások

Katonai előírások

- Mű/8 (1967): *Utasítás az alacsonyvízi hadihidak építésére*. Budapest: Honvédelmi Minisztérium.
- Mű/17 (1954): *Utasítás a hadihidak építésére. II. rész Magasvízi hidak*. Budapest: Honvédelmi Minisztérium.

AEP-3.12.1.5 (2017): *NATO Standard Military Load Classification of bridges, ferries, rafts and vehicles*. Edition A Version 1, September 2017; (hatályon kívül)

AEP-3.12.1.5 (2024): *NATO Standard Military Load Classification of bridges, ferries, rafts and vehicles*. Edition B Version 1, November 2024;

STANAG 2021 (2017): *Standardization Agreement, Military Load Classification of bridges, ferries, rafts and vehicles*. Edition 8, 14 September 2017 NSO/1074 (2017) MIL-LENG/2021; (hatályon kívül)

STANAG 2021 (2024): *Standardization Agreement, Military Load Classification of bridges, ferries, rafts and vehicles*. Edition 9, 26 November 2024 NSO(NAAG)1402 (2024) MIL-LENG/2021;

Polgári előírások

AASHTO (1992): *Standard Specification for Highway Bridges*.

33.034/1910 K. M. rendelet: Szabályrendelet a közúti hidak tervezéséről, forgalomba helyezéséről, próbaterheléséről, és időszakos megvizsgálásáról (Közúti hídszabályzat) Online: <https://hidak.hu/konyvek/KHSZ1910.pdf> (letöltve: 2025. március 3.)

KHSZ (1935). A közúti hídszerkezetekre vonatkozó ideiglenes feltételek. Budapest: M. Kir. Kereskedelemügyi Minisztérium. Online: <https://hidak.hu/konyvek/KHSZ1935ideiglenes.pdf> (letöltve: 2025. március 3.)

KHSZ (1950). Ideiglenes közúti hídszabályzat. Budapest: Magyar Közlekedés- és Postaügyi Minisztérium. Online: <https://hidak.hu/konyvek/KHSZ1950ideiglenes.pdf> (letöltve: 2025. március 3.)

KHSZ (1956) KPM Sz. HI/I-56 R – G 82 Szakmai Szabvány. Online: <https://hidak.hu/konyvek/KHSZ1956.pdf> (letöltve: 2025. március 3.)

KHSZ (1967). KPM SZ HI/1-67 – G 82 Szakmai Szabvány. Online: https://hidak.hu/konyvek/KHSZ1967_1r%C3%A9sz.pdf (letöltve: 2025. március 3.)

Meglévő hidak erőtani vizsgálatához figyelembe veendő teher és eljárás 1993. Budapest: Hídszabályzat Bizottság.

- e-UT 07.01.12:2011 Erőltatási számítás közúti hidak tervezése (KHT) 2. Ütőgyi Műszaki Előírás.
Online: <https://ume.kozut.hu/dokumentum/1365> (letöltve: 2025. március 3.)
- e-UT 08.01.25:2019/M1:2024 Ütőgyi Műszaki Előírás, Közúti hidak nyilvántartása és műszaki felügyelete. Online: <https://ume.kozut.hu/dokumentum/1492> (letöltve: 2025. március 3.)
- e-UT 08.01.52:2020 Műszaki biztonsági intézkedések csökkentett közúti űrszelvény és hídteherbírási esetén. Online: <https://ume.kozut.hu/dokumentum/1355> (letöltve: 2025. március 3.)
- e-UT 08.01.61:2002 Ütőgyi Műszaki Előírás, Hídvizsgálat I. Megépült közúti hidak teherbírási vizsgálata. Online: <https://ume.kozut.hu/dokumentum/1356> (letöltve: 2025. március 3.)
- H. 1. sz. (1951). *Vasúti Hídszabályzat*. Online: <https://hidak.hu/konyvek/VHSZ1951.pdf> (letöltve: 2025. március 3.)
- KHSZ (1956). KPM Sz. HI/1-56 R – G 82 Szakmai Szabvány. Online: <https://hidak.hu/konyvek/KHSZ1956.pdf> (letöltve: 2025. március 3.)
- MSZ EN 1990:2011 Eurocode: A tartószerkezetek tervezésének alapjai.
- OHBDK (1983): *Ontario Highway Bridge Design Code*.

7.3 Jogsabályok

Törvények

1988. évi I. törvény a közúti közlekedésről, Online: <https://njt.hu/jogsabaly/1988-1-00-00> (letöltve: 2025. március 3.)
2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról. Online: <https://njt.hu/jogsabaly/2011-128-00-00> (letöltve: 2025. március 3.)
2012. évi CLXVI. törvény A létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről. (hatályon kívül)

2021. évi XCIII. törvény a védelmi és biztonsági tevékenységek összehangolásáról. Online: <https://njt.hu/jogszabaly/2021-93-00-00> (letöltve: 2025. március 3.)

2021. évi CXL. törvény a honvédelemről és a Magyar Honvédségről. Online: <https://njt.hu/jogszabaly/2021-140-00-00> (letöltve: 2025. március 3.)

2024. évi LXIX. törvény Magyarország kiberbiztonságáról. Online: <https://njt.hu/jogszabaly/2024-69-00-00> (letöltve: 2025. március 3.)

2024. évi LXXXIV. törvény a kritikus szervezetek ellenálló képességéről. Online: <https://njt.hu/jogszabaly/2024-84-00-00> (letöltve: 2025. március 3.)

Kormányrendeletek

65/2013. (III. 8.) Korm. rendelet a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről szóló 2012. évi CLXVI. törvény végrehajtásáról. (hatályon kívül)

161/2019. (VII. 4.) Korm. rendelet a közlekedési létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről. (hatályon kívül)

246/2015. (IX. 8.) Korm. rendelet az egészségügyi létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről. (hatályon kívül)

249/2017. (IX. 5.) Korm. rendelet az infokommunikációs technológiák ágazathoz kapcsolódó létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről. (hatályon kívül)

330/2015. (XI. 10.) Korm. rendelet a pénzügyi ágazathoz tartozó létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről. (hatályon kívül)

359/2015. (XII. 2.) Korm. rendelet a honvédelmi létfontosságú rendszerelemek azonosításáról, kijelöléséről és védelméről. (hatályon kívül)

374/2020. (VII. 30.) Korm. rendelet az energetikai létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről. (hatályon kívül)

418/2024. (XII. 23.) Korm. rendelet Magyarország kiberbiztonságáról szóló törvény végrehajtásáról. Online: <https://njt.hu/jogszabaly/2024-418-20-22> (letöltve: 2025. március 3.)

474/2024. (XII. 31.) Korm. rendelet a kritikus szervezetek ellenálló képességéről szóló törvény végrehajtásáról. Online: <https://njt.hu/jogszabaly/2024-474-20-22> (letöltve: 2025. március 3.)

475/2024. (XII. 31.) Korm. rendelet az ország védelme és biztonsága szempontjából jelentős szervezetek ellenálló képességéről. Online: <https://njt.hu/jogszabaly/2024-475-20-22> (letöltve: 2025. március 3.)

531/2017. (XII. 29.) Korm. rendelet az egyes közérdeken alapuló kényszerítő indok alapján eljáró szakhatóságok kijelöléséről. Online: <https://njt.hu/jogszabaly/2017-531-20-22> (letöltve: 2025. március 3.)

512/2013. (XII. 29.) Korm. rendelet egyes rendvédelmi szervek létfontosságú rendszerei és létesítményei azonosításáról, kijelöléséről és védelméről, valamint a Rendőrség szerveiről és a Rendőrség szerveinek feladat- és hatásköréről szóló 329/2007. (XII. 13.) Korm. rendelet módosításáról. (hatályon kívül)

540/2013. (XII. 30.) Korm. rendelet a létfontosságú agrárgazdasági rendszerelemek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről. (hatályon kívül)

541/2013. (XII. 30.) Korm. rendelet a létfontosságú vízgazdálkodási rendszerelemek és vízellátási létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről. (hatályon kívül)

Miniszteri rendeletek

1/1975. (II. 5.) KPM–BM együttes rendelet a közúti közlekedés szabályairól. Online: <https://njt.hu/jogszabaly/1975-1-20-24> (letöltve: 2025. március 3.)

1/1999. (I. 14.) KHVM rendelet a közúti hidak nyilvántartásáról és műszaki felügyeletéről. Online: <https://njt.hu/jogszabaly/1999-1-20-6B> (letöltve: 2025. március 3.)

7/2024. (VI. 24.) MK rendelet a biztonsági osztályba sorolás követelményeiről, valamint az egyes biztonsági osztályok esetében alkalmazandó konkrét védelmi intézkedésekről. Online: <https://njt.hu/jogszabaly/2024-7-20-7G> (letöltve: 2025. március 3.)

18/2024. (VI. 10.) NGM rendelet a nemzetgazdasági miniszter feladat- és hatáskörét érintően a nemzetbiztonsági ellenőrzés alá eső munkakörök meghatározásáról. Online: <https://njt.hu/jogszabaly/2024-18-20-2X> (letöltve: 2025. március 3.)

- 32/2000. (XI. 22.) HM rendelet a meghatározott össztömeget, tengelyterhelést és méretet meghaladó honvédségi járművek közúti közlekedéséről. Online: <https://njt.hu/jogszabaly/2000-32-20-15> (letöltve: 2025. március 3.)
- 36/2017. (IX. 18.) NFM rendelet a meghatározott össztömeget, tengelyterhelést, tengelycsoport-terhelést és méretet meghaladó járművek közlekedéséről. Online: <https://njt.hu/jogszabaly/2017-36-20-2W> (letöltve: 2025. március 3.)
- 59/2024. (XII. 23.) BM rendelet a kritikus szervezet ellenálló képességéért felelős vezető rendszeres továbbképzésére vonatkozó szabályokról. Online: <https://njt.hu/jogszabaly/2024-59-20-0A> (letöltve: 2025. március 3.)

8 KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Mindenekelőtt köszönetet mondok a családomnak, elsősorban feleségemnek, Grétának minden támogatásért, amit megkaptam a munkám során.

Köszönetet mondok továbbá az értekezés elkészítésében nyújtott segítségért témavezetőmnek dr. Kovács Ferencnek.

Ezúttal is köszönöm a kísérleti célú, kecskédi katonai hídpróbaterheléshez kapcsolódóan a Magyar Honvédség Klapka György 1. Páncélosdandár (katonai terhelő járművek, katonai biztosítás), a Magyar Közút Nonprofit Zrt. (terhelő járművek szabványos mérlegelése), a FAÉK Méréstechnika Kft. (méréstechnika), a Cardium Kft. (segédszerkezetek) és Rák Tibor (mezőgazdasági terhelő jármű) önzetlen támogatását, segítségét a zökkenőmentes végrehajtásához.

9 FÜGGELÉK

9.1 Rövidítések

KGST	Kölcsönös Gazdasági Segítség Tanácsa
MHLTP	Magyar Honvédség Logisztikai Támogató Parancsnokság
MLC	Military Load Classification – Katonai teherbírasi osztály
NATO	North Atlantic Treaty Organisation – Észak-atlanti Szerződés Szervezete
STANAG	Standardization Agreement – Szabványosítási Egyezmény
TÜK	Titkos Ügykezelés
ÚME	Útügyi Műszaki Előírás

9.2 Ábrajegyzék

1. ábra: A kecskédi Által-ér-híd próbaterhelése Leopard 2A7HU harckocsival 2024. november 18-án.....	14
2. ábra: Közúti hidak az Infrastruktúra – Kritikus infrastruktúra – Katonai infrastruktúra – Kritikus katonai infrastruktúra halmazábrában	20
3. ábra: Az országos közúti hidak száma 1966-tól 2024-ig	24
4. ábra: Az országos közúti hidak átlagos felületének növekedése 1988-tól 2024-ig.....	25
5. ábra: Súlyosan károsodott monolit vasbeton főtartós közúti híd	30
6. ábra: Rekord méretű, 720 tonna gördülő össztömegű jármű Apátfalvánál.....	52
7. ábra: Leopard 2A7HU harckocsi MLC besorolási jelzete	55
8. ábra: A megbízhatósági index (β) a tervezési élettartam (t_{ref}) függvényében, különböző megbízhatósági osztályokra vonatkozóan	62
9. ábra: A dinamikus tényező csökkentéséből adódó teherbírás többlet és az egyszerű arányosításhoz javasolt többlet a támaszköz [m] függvényében.....	67
10. ábra: A parciális tényező és dinamikus tényező csökkentéséből adódó teherbírás többlet együttes értéke a támaszköz [m] függvényében.....	67
11. ábra: Javasolt jelölésrendszer az új szabványnak megfelelően	72
12. ábra: MLC100 – MLC150 osztályok fajlagos nyomatéki igénybevételei kerekes és láncaltalpas járműre.....	74

13. ábra: Lánctalpas jármű fajlagos nyomaték–támaszköz grafikonja 95 m támaszközű híd MLC100/T-One teherbírás megjelöléssel	76
14. ábra: Lánctalpas jármű nyíróerő–támaszköz grafikonja 95 m támaszközű híd MLC100/T-One teherbírás megjelöléssel	76
15. ábra: Hídtengelyben közlekedő járművel elérhető teherbírás többlet a támaszköz függvényében.....	78
16. ábra: 1910. évi polgári hídszabályzat szerinti két gőzekére méretezett híd és katonai ideális kerekes járművek nyíróerő–támaszköz grafikonja	84
17. ábra: Híd próbaterheléssel igazolt erőtanai számításával bevont korlátozás	89
18. ábra: Mértékadó teherállás (16. ssz. teherállás)	90
19. ábra: Mértékadó teherállás (16. ssz. teherállás)	91
20. ábra: A próbaterheléshez alkalmazott terhelő jármű.....	92
21. ábra: Mechanikus mérőórákkal mértem a vasbeton főtartó bordák lehajlását	93
22. ábra: A 2. sz. teherállás, két 31 tonnás, háromtengelyes teherautóval	94
23. ábra: Statikus teherállások elrendezése két 31 tonnás, háromtengelyes teherautóval.....	95
24. ábra: 250 tonna össztömegű szerelvény közel 16 tonna tengelyterheléssel	96
25. ábra: A legrosszabb állapotú híd a 34+982 km szelvényben	97
26. ábra: Mérési pontok a Gerence-patak-híd próbaterhelésekor	98
27. ábra: Statikus teherállások kereszteloszlási kiértékelése	100
28. ábra: Híd próbaterhelés eredményeként felülvizsgált, bevonható korlátozás	100
29. ábra: Közúti hidak dinamikus tényezői az eddigi magyar előírásokban	103
30. ábra: Közúti hidak dinamikus tényezői egyes előírásokban	104
31. ábra: Hagyományos jármű felfüggesztés több-test-rendszerű dinamikai modellezése....	106
32. ábra: Olajhidraulikus felfüggesztésű rövidtengely.....	107
33. ábra: Háromkörös, olajhidraulikus felfüggesztésű moduláris tréler	108
34. ábra: Olajhidraulikakörös nehézgépszállító tréler több-test-rendszerű dinamikai modellezése	109
35. ábra: A kecskédi Által-ér-híd látképe.....	113
36. ábra: A kecskédi Által-ér-híd hosszmeteszete-oldalnézete és felülnézete a próbaterhelés mérési pontjaival és keresztmeteszete	114
37. ábra: Az 1956. évi közúti hídszabályzat szerinti 30 tonnás B-jelű ideális teher.....	115
38. ábra: A próbaterheléshez igénybe vett négyféle jármű jellegrajza és terhelései.....	117
39. ábra: Pallóakadályok a kecskédi kísérleti próbaterhelésen	120
40. ábra: A Magyar Közút Nonprofit Zrt. mobil tengelysúlymérő szőnyege mérésre előkészítve a tatai laktanyában (balra) és a megrakott tréler leghátsó tengelyének mérlegelése (jobbra)	121
41. ábra: Leopard 2A7HU harckocsi a kecskédi hídon szegély melletti pozícióban.....	122
42. ábra: Szinuszhullám jellegű számított lehajlások féloldalas üres katonai szállítótréler hatására	125
43. ábra: A 37. teherállás – Leopard 2A7HU harckocsi 5 km/h sebességgel, lehajlások.....	126
44. ábra: A 37. teherállás – Leopard 2A7HU harckocsi 5 km/h sebességgel, mezőközépi befolyási és kifolyási főtartó lehajlás-maximum részlete	127
45. ábra: A 37. teherállás – Leopard 2A7HU harckocsi 5 km/h sebességgel, hídtengely-nyílásközép lehajlás-maximum részlete.....	128
46. ábra: Leopard 2A7HU 5 km/h sebességgel, palló akadályokkal	129
47. ábra: Mezőgazdasági traktor 20 km/h sebességgel, palló akadályokkal	130

48. ábra: Mezőgazdasági traktor egyenetlen kocsipályán való 20 km/h sebességű áthaladását követő főtartó mezőközépi lengés csillapodási szakasza terheletlen hídon	131
49. ábra: Lehajlások a 105 t katonai teher alatt.....	133
50. ábra: Legnagyobb teher, 105 tonna össztömeg a kecskédi hídon	135
51. ábra: Javasolt katonai lánc talpas és 80 tonna feletti, katonai kerekes járművekre alkalmazható csökkentett dinamikus tényezőre	136
52. ábra: Egyetlen kerekes jármű fajlagos nyomatéki igénybevétel–támaszköz grafikonja..	171
53. ábra: Egyetlen kerekes jármű nyíróerő igénybevétel–támaszköz grafikonja.....	172
54. ábra: Egyetlen lánc talpas jármű fajlagos nyomatéki igénybevétel–támaszköz grafikonja.....	173
55. ábra: Egyetlen lánc talpas jármű nyíróerő igénybevétel–támaszköz grafikonja	174
56. ábra: Konvojban és egyedül haladó lánc talpas jármű 1:1 arányú, háromtámaszú gerendamodellre számított mezőközépi fajlagos nyomaték igénybevétele–támaszköz grafikonja.....	180
57. ábra: Konvojban és egyedül haladó lánc talpas jármű 1:1 arányú, háromtámaszú gerendamodellre számított közbenső támasz feletti fajlagos negatív nyomaték igénybevétele–támaszköz grafikonja.....	181
58. ábra: Konvojban és egyedül haladó lánc talpas jármű 1:1 arányú, háromtámaszú gerendamodellre számított szélső támasz (híd fő) feletti, nyíróerő igénybevétel–támaszköz grafikonja	182
59. ábra: Konvojban és egyedül haladó lánc talpas jármű 1:1 arányú, háromtámaszú gerendamodellre számított közbenső támasz (pillér) feletti, nyíróerő igénybevétel–támaszköz grafikonja	183
60. ábra: Felmérési terv hosszmet szete	184
61. ábra: Mintaterv szerinti teherhordó szerkezet	185
62. ábra: Felmérési terv keresztmet szete.....	186

9.3 Táblázatok jegyzéke

1. táblázat: A teherbírást értékelési módszerek a régi és az új szabványban	42
2. táblázat: Jogszabályban megengedett legnagyobb össztömeg és tengelyterhelés	47
3. táblázat: A biztonsági tényezők CC3 kárhányad osztály esetén	61
4. táblázat: A biztonsági tényezők CC2 kárhányad osztály esetén	61
5. táblázat: Megbízhatósági indexek kárhányad osztályok és tervezési idő függvényében.....	63
6. táblázat: Javasolt biztonsági tényezők CC2 kárhányad osztály esetén	64
7. táblázat: Legnagyobb mezőközépi lehajlások.....	97
8. táblázat: Statikus teherállások mezőközépi lehajlásai [mm].....	99
9. táblázat: A próbaterhelés teherállásai tematikus sorrendben	119
10. táblázat: Statikus teherállások részletes lehajlás értékei	124
11. táblázat: Egyenetlen útpálya (pallóval) többlet dinamikus lehajlása hídközépen.....	130
12. táblázat: Mért lánc talpas dinamikus tényező a hídközép keresztmet szetében	132
13. táblázat: Egyetlen kerekes jármű fajlagos nyomatéki igénybevétele [kNm/m]	169

14. táblázat: Egyetlen kerekcs jármű nyíróerő igénybevétele [kN]	170
15. táblázat: Egyetlen lánctalpas jármű fajlagos nyomatéki igénybevétele [kNm/m]	170
16. táblázat: Egyetlen lánctalpas jármű nyíróerő igénybevétele [kN]	170
17. táblázat: Konvojban haladó lánctalpas járművek 1:1 arányú, háromtámaszú gerendamodellre számított mezőközépi fajlagos nyomaték igénybevétele [kNm/m]	175
18. táblázat: Egyetlen lánctalpas jármű 1:1 arányú, háromtámaszú gerendamodellre számított mezőközépi fajlagos nyomaték igénybevétele [kNm/m]	176
19. táblázat: Konvojban haladó lánctalpas járművek 1:1 arányú, háromtámaszú gerendamodellre számított támasz feletti, fajlagos negatív nyomaték igénybevétele [kNm/m]	176
20. táblázat: Egyetlen lánctalpas jármű 1:1 arányú, háromtámaszú gerendamodellre számított támasz feletti, fajlagos negatív nyomaték igénybevétele [kNm/m].....	177
21. táblázat: Konvojban haladó lánctalpas járművek 1:1 arányú, háromtámaszú gerendamodellre számított szélső támasz (hídfe) feletti, nyíróerő igénybevétele [kN]	177
22. táblázat: Egyetlen lánctalpas jármű 1:1 arányú, háromtámaszú gerendamodellre számított szélső támasz (hídfe) feletti, nyíróerő igénybevétele [kN].....	178
23. táblázat: Konvojban haladó lánctalpas járművek 1:1 arányú, háromtámaszú gerendamodellre számított közbenső támasz (pillér) feletti, nyíróerő igénybevétele [kN]	178
24. táblázat: Egyetlen lánctalpas jármű 1:1 arányú, háromtámaszú gerendamodellre számított közbenső támasz (pillér) feletti, nyíróerő igénybevétele [kN]	179

10 MELLÉKLET

10.1 Kiegészítés a STANAG 2021 szerinti teherbírési besorolási táblázatokhoz és grafikonokhoz

A disszertációm 3.4.2 fejezetében javasoltam a hatályos STANAG 2021 B. és C. mellékletének kiegészítését Óvatos (Caution) és Veszélyes (Risk) átkelési esetekhez tartozó nyomatéki és nyíróerő értékekkel. Jelen mellékletben közreadom a javasolt kiegészítő táblázatokat és grafikonokat.

Az erőtanai számításokat AXIS VM X5 vége-selemes tervező programmal készítettem rúdmodellen, automatikusan léptetett, koncentrált teher számítással. A táblázatokban és grafikonokon tízféle MLC értéket adtam meg (MLC30 – MLC 150), a köztes értékek és a kisebb MLC értékek hasonlóan számíthatók. Tekintettel arra, hogy kutatásom a túlsúlyos katonai járművekre korlátoztam, az MLC30 alatti terhelési osztályokat elhagytam.

A táblázatok a B. melléklet kiegészítéseként értelmezendők. A 60 m (nyomaték esetén), és a 40 m (nyíróerő esetén) támaszköz alatt a konvojós és egyedül közlekedő katonai járművek okozta igénybevételek azonosak, ezért ezen értékeket a táblázatból mellőztem.

13. táblázat: Egyetlen kerekes jármű fajlagos nyomatéki igénybevétele $[kNm/m]^{348}$

Támaszköz [m]	MLC									
	MLC30	MLC40	MLC50	MLC60	MLC70	MLC80	MLC90	MLC100	MLC120	MLC150
60	71,10	95,73	117,53	140,63	161,90	182,58	205,48	225,43	270,42	326,10
65	71,45	96,42	118,42	141,78	163,22	184,22	207,40	227,75	273,22	330,08
70	71,74	97,00	119,17	142,77	164,33	185,66	209,03	229,76	275,63	333,50
75	72,00	97,49	119,83	143,63	165,32	186,92	210,45	231,49	277,71	336,45
80	72,23	97,94	120,40	144,39	166,18	188,03	211,69	233,00	279,53	339,05
85	72,42	98,32	120,91	145,05	166,93	189,00	212,78	234,34	281,13	341,34
90	72,60	98,67	121,36	145,64	167,60	189,87	213,76	235,53	282,57	343,37
95	72,76	98,97	121,76	146,17	168,20	190,63	214,53	236,59	283,84	345,20
100	72,90	99,25	122,12	146,64	168,74	191,33	215,41	237,55	284,99	346,84

³⁴⁸ Szerző számítása és szerkesztése, kiegészítés a STANAG 2021 B-2 oldalához.

14. táblázat: Egyetlen kerekes jármű nyíróerő igénybevétele [kN]³⁴⁹

Támaszköz [m]	MLC									
	MLC30	MLC40	MLC50	MLC60	MLC70	MLC80	MLC90	MLC100	MLC120	MLC150
40	273	370	461	546	624	696	783	852	1023	1240
45	276	375	466	552	631	710	800	870	1045	1277
50	278	379	471	562	643	718	808	887	1064	1298
55	280	383	476	567	659	729	821	899	1080	1315
60	283	385	478	572	655	735	827	911	1094	1319
65	284	387	480	573	656	744	838	916	1099	1350
70	286	390	484	576	660	747	842	926	1112	1354
75	286	392	486	582	668	750	844	934	1121	1365
80	288	394	488	584	670	756	851	935	1123	1380
85	288	395	489	585	670	761	857	940	1126	1386
90	289	396	491	589	675	761	857	949	1140	1390
95	290	398	492	589	676	764	861	952	1143	1399
100	291	398	493	592	679	767	864	954	1146	1406

15. táblázat: Egyetlen lánc talpas jármű fajlagos nyomatéki igénybevétele [kNm/m]³⁵⁰

Támaszköz [m]	MLC									
	MLC30	MLC40	MLC50	MLC60	MLC70	MLC80	MLC90	MLC100	MLC120	MLC150
60	64,86	86,25	107,54	128,70	149,76	170,69	191,53	212,24	253,33	313,27
65	65,00	86,46	107,82	129,06	150,21	171,25	192,19	213,02	254,37	314,83
70	65,13	86,64	108,06	129,38	150,61	171,73	192,76	213,69	255,26	316,17
75	65,23	86,79	108,27	129,65	150,94	172,14	193,26	214,27	256,04	317,34
80	65,33	86,93	108,45	129,89	151,24	172,50	193,69	214,78	256,72	318,35
85	65,41	87,05	108,62	130,09	151,50	172,82	194,07	215,23	257,32	319,25
90	65,48	87,16	108,76	130,28	151,73	173,10	194,41	215,63	257,85	320,05
95	65,55	87,25	108,89	130,45	151,94	173,36	194,71	215,98	258,32	320,76
100	65,61	87,34	109,00	130,60	152,13	173,59	194,99	216,31	258,75	321,41

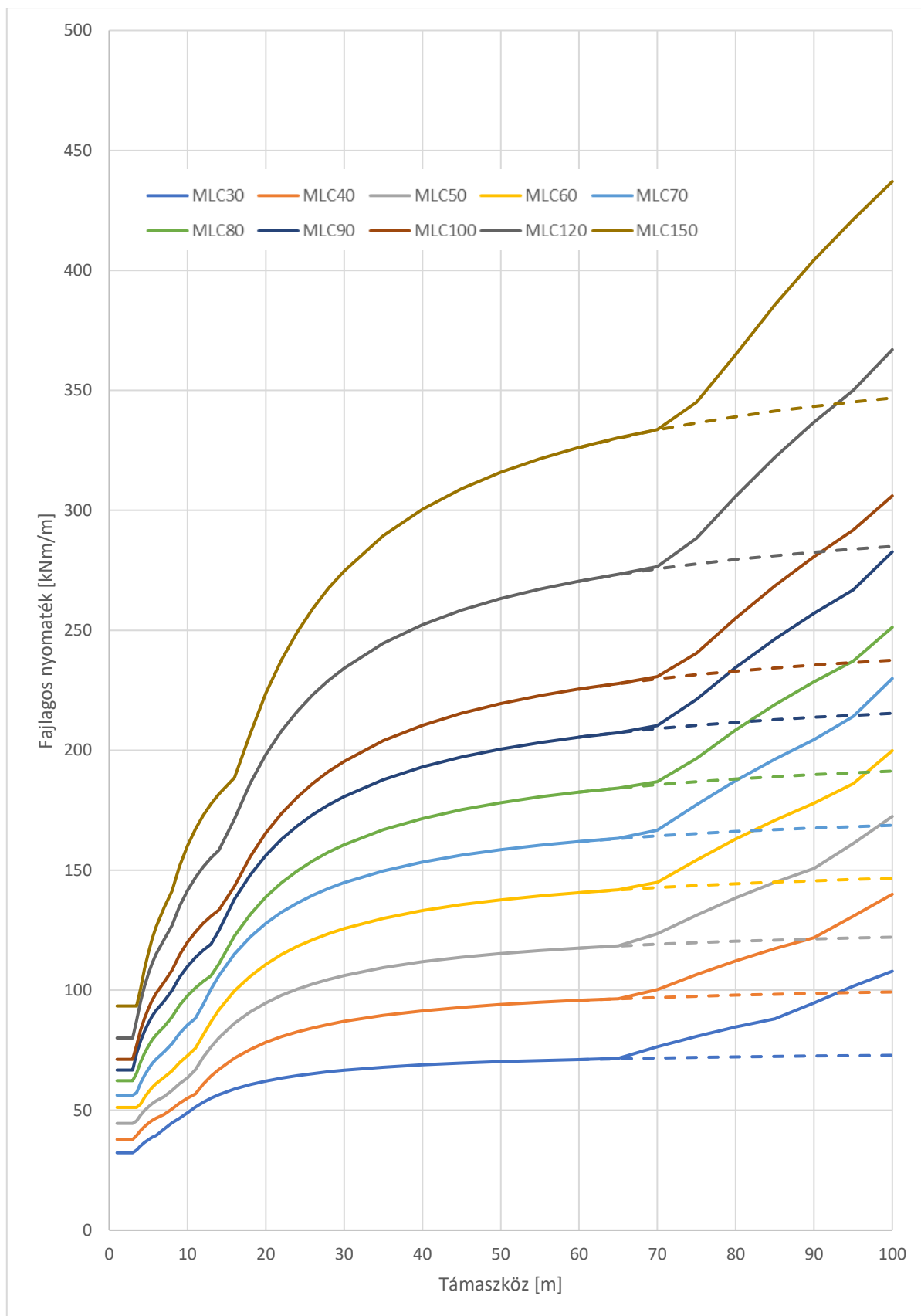
16. táblázat: Egyetlen lánc talpas jármű nyíróerő igénybevétele [kN]³⁵¹

Támaszköz [m]	MLC									
	MLC30	MLC40	MLC50	MLC60	MLC70	MLC80	MLC90	MLC100	MLC120	MLC150
40	255,7	339,6	422,8	505,3	587,2	668,3	748,8	828,6	986,2	1212,4
45	257,0	341,4	425,2	508,5	591,1	673,1	754,6	835,4	995,2	1225,9
50	258,0	342,8	427,2	511,0	594,3	677,0	759,2	840,8	1002,5	1236,8
55	258,8	344,0	428,8	513,1	596,9	680,1	763,0	845,2	1008,4	1245,7
60	259,4	345,0	430,1	514,8	599,0	682,8	766,1	848,9	1013,3	1253,1
65	260,0	345,8	431,3	516,3	600,9	685,0	768,8	852,1	1017,5	1259,3
70	260,5	346,6	432,2	517,5	602,4	686,9	771,1	854,8	1021,1	1264,7
75	260,9	347,2	433,1	518,6	603,8	688,6	773,0	857,1	1024,2	1269,3
80	261,3	347,7	433,8	519,5	605,0	690,0	774,8	859,1	1026,9	1273,4
85	261,6	348,2	434,5	520,4	606,0	691,3	776,3	860,9	1029,3	1277,0
90	261,9	348,6	435,0	521,1	606,9	692,4	777,6	862,5	1031,4	1280,2
95	262,2	349,0	435,6	521,8	607,8	693,4	778,9	863,9	1033,3	1283,1
100	262,4	349,3	436,0	522,4	608,5	694,3	779,9	865,2	1035,0	1285,6

³⁴⁹ Szerző számítása és szerkesztése, kiegészítés a STANAG 2021 B-3 oldalához.

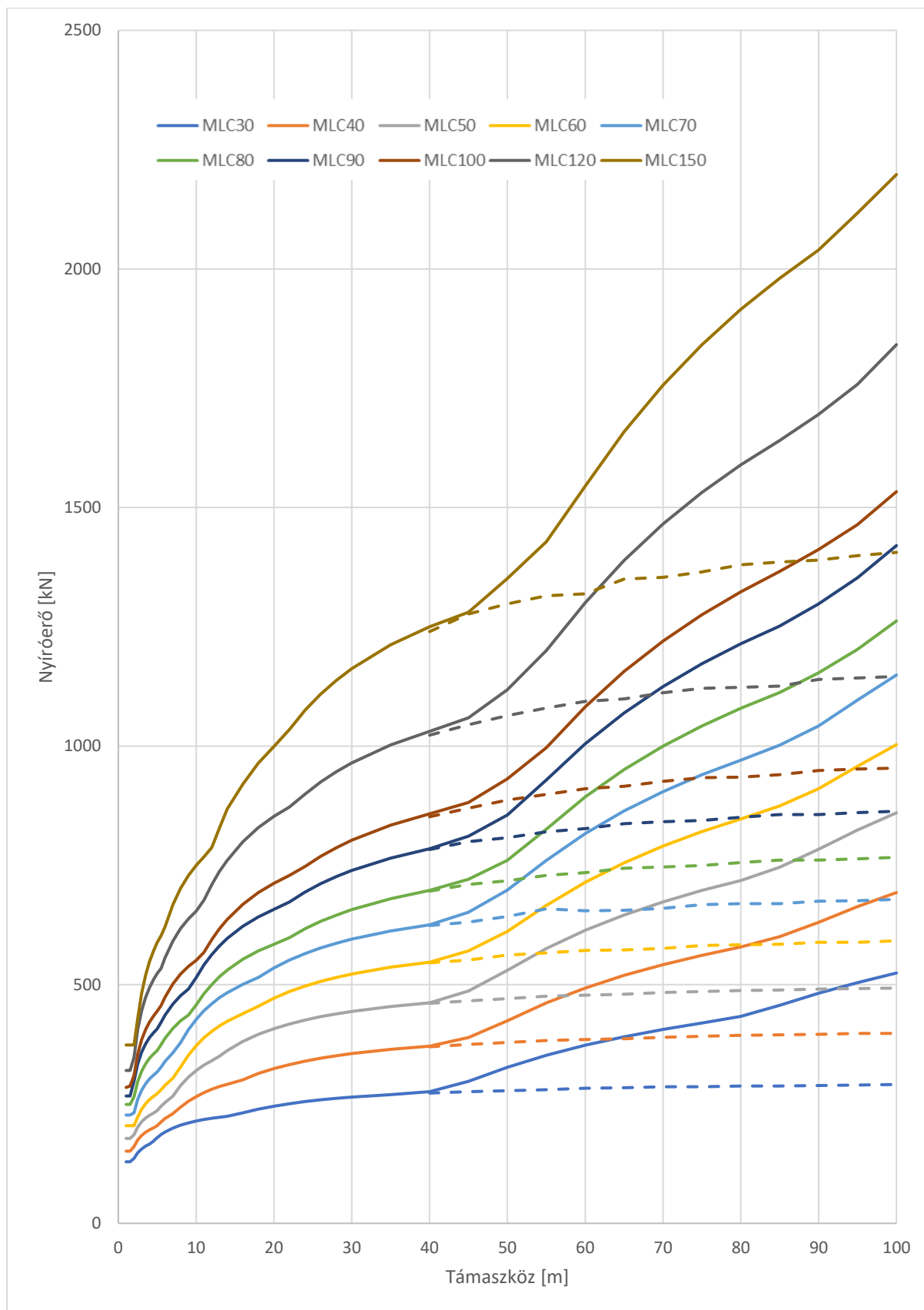
³⁵⁰ Szerző számítása és szerkesztése, kiegészítés a STANAG 2021 B-4 oldalához.

³⁵¹ Szerző számítása és szerkesztése, kiegészítés a STANAG 2021 B-5 oldalához.



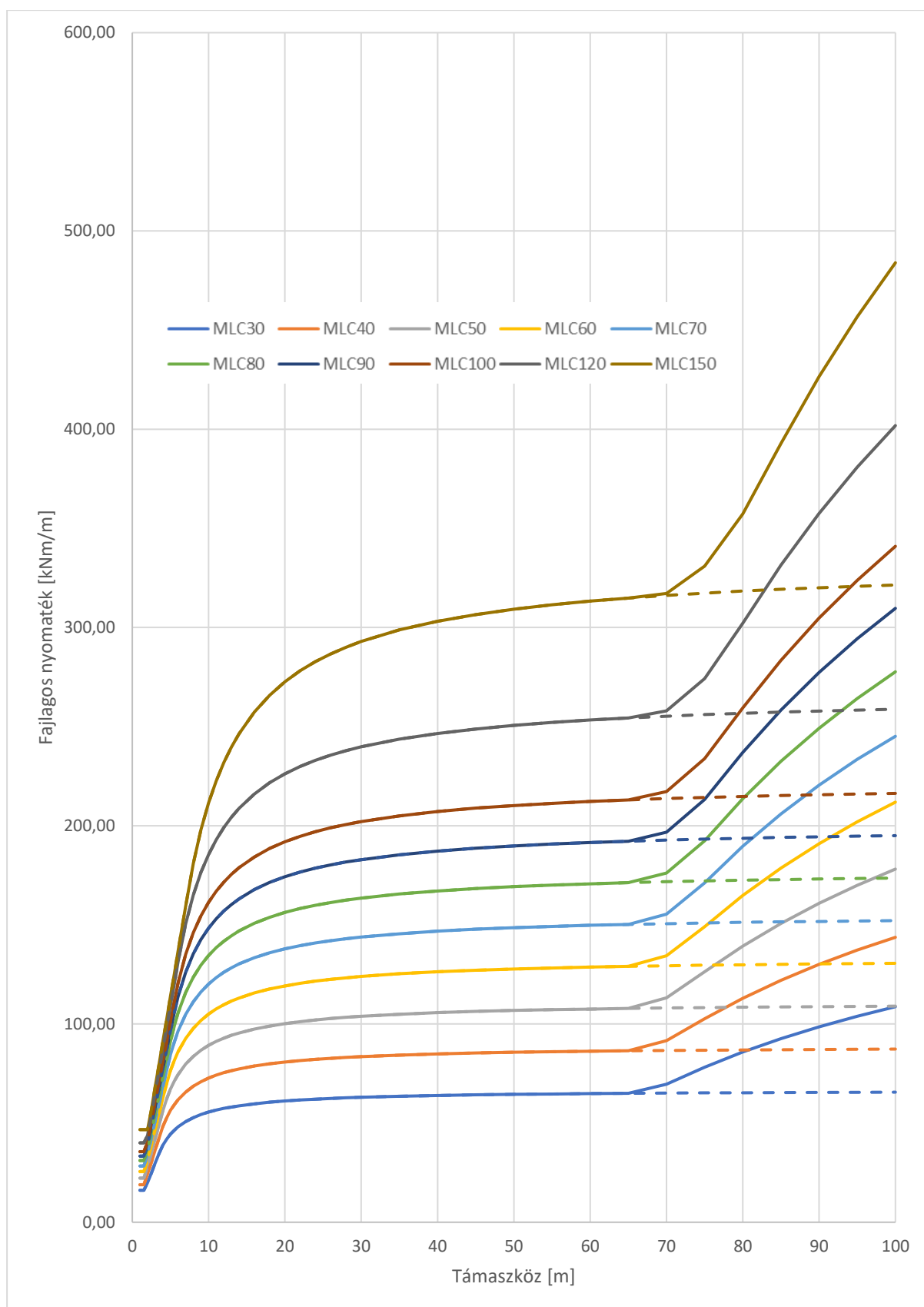
52. ábra: Egyetlen kerekű jármű fajlagos nyomatéki igénybevétel–támaszköz grafikonja³⁵²

³⁵² Szerző számítása és szerkesztése, a STANAG 2021 C-2 oldalának kiegészítése egyjármű okozta igénybevételekkel.



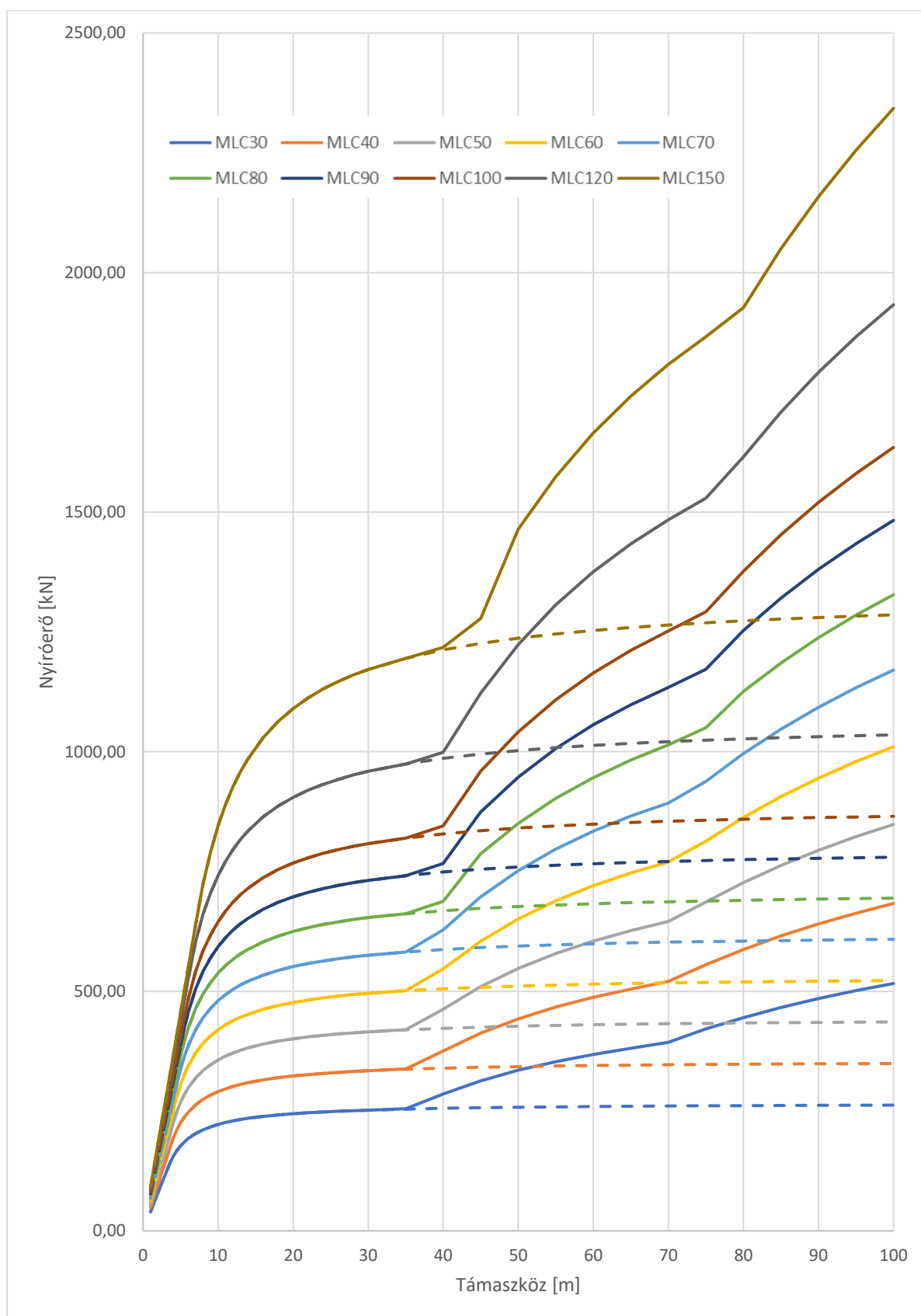
53. ábra: Egyetlen kerekes jármű nyíróerő igénybevétel–támaszköz grafikonja³⁵³

³⁵³ Szerző számítása és szerkesztése, a STANAG 2021 C-4 oldalának kiegészítése egyjármű okozta igénybevételekkel.



54. ábra: Egyetlen lánc talpas jármű fajlagos nyomatéki igénybevétel–támaszköz grafikonja³⁵⁴

³⁵⁴ Szerző számítása és szerkesztése, a STANAG 2021 C-6 oldalának kiegészítése egy jármű okozta igénybevételekkel.



55. ábra: Egyetlen lánc talpas jármű nyíróerő igénybevétel–támaszköz grafikonja³⁵⁵

³⁵⁵ Szerző számítása és szerkesztése, a STANAG 2021 C-8 oldalának kiegészítése egy jármű okozta igénybevételekkel.

10.2 Többtámaszú folytatólagos gerenda nyomatéki és nyíróerő igénybevételek

17. táblázat: Konvojban haladó láncalpas járművek 1:1 arányú, háromtámaszú gerendamodellre számított mezőközépi fajlagos nyomaték igénybevétele [kNm/m]³⁵⁶

Támaszköz [m]	MLC						
	MLC60	MLC70	MLC80	MLC90	MLC100	MLC120	MLC150
4	47,75	52,00	55,75	59,00	62,00	67,00	69,61
6	66,83	74,17	81,17	87,33	92,33	100,33	104,55
8	77,25	87,13	96,63	105,38	113,38	127,50	138,59
10	83,80	95,10	106,30	116,80	126,70	144,90	163,69
12	88,25	100,50	112,83	124,67	135,83	156,92	181,08
14	91,36	104,43	117,57	130,36	142,50	165,71	194,03
16	93,81	107,50	121,25	134,63	147,56	172,38	203,84
18	95,78	109,78	124,06	138,06	151,56	177,61	211,56
20	97,30	111,70	126,40	140,75	154,75	181,85	217,81
22	97,95	113,23	128,23	143,00	157,36	185,36	222,96
24	99,00	114,54	129,83	144,83	159,58	188,25	227,34
26	99,88	115,65	131,15	146,42	161,46	190,73	230,97
28	100,61	116,57	132,32	147,79	163,07	192,86	234,15
30	101,27	117,40	133,30	149,00	164,47	194,73	236,96
35	102,60	119,06	135,31	151,40	167,26	198,46	242,49
40	103,60	120,30	136,83	153,20	169,35	201,28	246,68
45	104,38	121,27	138,00	154,60	171,02	203,47	249,96
50	105,00	122,04	138,94	155,72	172,36	205,22	252,54
55	105,51	122,67	139,71	156,65	173,44	206,67	254,75
60	110,52	127,15	144,15	160,87	177,28	209,28	256,55

³⁵⁶ Szerző számítása és szerkesztése. Eredmények a 3.4.3 fejezethez kapcsolódóan.

18. táblázat: Egyetlen lánc talpas jármű 1:1 arányú, háromtámaszú gerendamodellre számított mezőközepi fajlagos nyomatek igénybevétele [kNm/m]³⁵⁷

Támaszköz [m]	MLC						
	MLC60	MLC70	MLC80	MLC90	MLC100	MLC120	MLC150
22	97,95	113,23	128,23	142,95	157,36	185,36	223,00
24	99,00	114,54	129,79	144,88	159,54	188,25	227,33
26	99,88	115,65	131,15	146,46	161,46	190,73	231,00
28	100,64	116,57	132,29	147,79	163,07	192,89	234,18
30	101,30	117,40	133,30	149,00	164,43	194,73	236,93
35	102,60	119,06	135,31	151,40	167,26	198,46	242,49
40	103,60	120,30	136,83	153,20	169,38	201,28	246,68
45	104,38	121,24	138,00	154,58	171,02	203,47	249,98
50	105,00	122,04	138,94	155,72	172,34	205,22	252,60
55	105,51	122,67	139,71	156,64	173,44	206,67	254,75
60	105,93	123,20	140,37	157,42	174,33	207,87	256,55

19. táblázat: Konvojban haladó lánc talpas járművek 1:1 arányú, háromtámaszú gerendamodellre számított támasz feletti, fajlagos negatív nyomatek igénybevétele [kNm/m]³⁵⁸

Támaszköz [m]	MLC						
	MLC60	MLC70	MLC80	MLC90	MLC100	MLC120	MLC150
4	38,50	45,25	52,25	59,25	65,75	77,75	89,77
6	61,50	47,33	52,17	56,50	60,50	75,33	98,24
8	60,25	52,63	59,13	65,25	70,88	81,13	90,73
10	59,10	55,30	62,40	69,40	76,10	88,70	103,48
12	58,17	56,67	64,25	71,67	78,92	92,92	110,90
14	57,43	57,50	65,36	73,07	80,71	95,43	115,45
16	56,94	58,06	66,13	74,00	81,81	97,13	118,44
18	56,44	58,44	66,61	74,67	82,61	98,33	120,50
20	58,60	58,70	66,95	75,10	83,20	99,15	121,99
22	53,27	59,91	67,18	75,45	83,59	99,73	123,04
24	67,67	77,00	86,13	94,79	102,88	117,58	131,85
26	78,42	89,81	101,08	112,00	122,42	142,00	164,79
28	86,36	99,29	112,25	124,86	137,07	160,46	190,03
30	92,10	106,23	120,43	134,37	147,97	184,30	209,17
35	100,11	115,94	132,03	147,94	163,69	194,69	238,43
40	102,53	119,08	135,93	152,70	169,40	202,55	250,93
45	102,02	118,67	135,71	152,73	169,71	203,64	254,11
50	102,72	118,28	133,30	150,20	167,12	202,58	252,12
55	111,56	128,89	142,51	163,44	180,24	204,40	257,62
60	128,23	147,37	155,65	184,52	202,15	221,35	277,75

³⁵⁷ Szerző számítása és szerkesztése. Eredmények a 3.4.3 fejezethez kapcsolódóan.

³⁵⁸ Szerző számítása és szerkesztése. Eredmények a 3.4.3 fejezethez kapcsolódóan.

20. táblázat: Egyetlen láncaltalpas jármű 1:1 arányú, háromtámaszú gerendamodellre számított támasz feletti, fajlagos negatív nyomaték igénybevétele [kNm/m]³⁵⁹

Támaszköz [m]	MLC						
	MLC60	MLC70	MLC80	MLC90	MLC100	MLC120	MLC150
22	50,64	55,91	67,18	75,41	83,59	99,77	123,09
24	46,42	59,08	67,42	75,67	83,92	100,21	123,92
26	46,85	59,19	67,54	75,88	84,15	100,58	124,58
28	47,21	59,32	67,68	76,04	84,36	100,86	125,11
30	50,97	59,37	67,80	76,17	84,50	101,10	125,50
35	51,06	59,51	67,97	76,40	84,80	101,51	126,29
40	51,13	59,60	68,10	76,55	84,98	101,80	126,78
45	51,18	59,67	68,16	76,64	85,11	102,00	127,11
50	51,20	59,72	68,22	76,72	85,20	102,12	127,34
55	51,24	59,75	68,27	76,76	85,27	102,22	127,53
60	51,25	59,77	68,30	76,82	85,32	102,30	127,65

21. táblázat: Konvojban haladó láncaltalpas járművek 1:1 arányú, háromtámaszú gerendamodellre számított szélső támasz (hídfe) feletti, nyíróerő igénybevétele [kN]³⁶⁰

Támaszköz [m]	MLC						
	MLC60	MLC70	MLC80	MLC90	MLC100	MLC120	MLC150
4	219	238	255	270	283	306	319
6	308	342	373	400	423	459	478
8	360	399	445	490	525	586	635
10	393	442	499	548	592	675	754
12	414	472	532	586	640	733	840
14	432	492	557	617	670	782	908
16	442	509	575	638	698	816	950
18	455	520	589	656	716	844	995
20	459	527	601	666	738	864	1032
22	467	533	611	678	749	870	1052
24	470	546	614	687	764	898	1061
26	477	553	624	700	770	907	1089
28	479	559	634	704	776	920	1104
30	484	562	637	708	781	922	1117
35	492	571	647	727	796	947	1147
40	515	597	679	749	823	973	1178
45	559	650	727	812	894	1048	1244
50	599	690	785	870	950	1126	1346
55	635	735	827	921	1017	1191	1432
60	660	767	865	969	1063	1262	1515

³⁵⁹ Szerző számítása és szerkesztése. Eredmények a 3.4.3 fejezethez kapcsolódóan.

³⁶⁰ Szerző számítása és szerkesztése. Eredmények a 3.4.3 fejezethez kapcsolódóan.

22. táblázat: Egyetlen lánc talpas jármű 1:1 arányú, háromtámaszú gerendamodellre számított szélső támasz (hídfő) feletti, nyíróerő igénybevétele [kN]³⁶¹

Támaszköz [m]	MLC						
	MLC60	MLC70	MLC80	MLC90	MLC100	MLC120	MLC150
22	469	539	613	681	746	880	1059
24	470	544	622	686	760	897	1077
26	476	547	627	700	763	911	1098
28	481	556	632	706	772	918	1113
30	485	559	635	714	786	925	1131
35	490	570	648	724	795	948	1153
40	493	578	653	736	813	966	1178
45	500	583	661	741	818	971	1199
50	505	586	664	748	823	985	1211
55	506	588	670	754	831	987	1219
60	509	593	675	756	839	1000	1232

23. táblázat: Konvojban haladó lánc talpas járművek 1:1 arányú, háromtámaszú gerendamodellre számított közbenső támasz (pillér) feletti, nyíróerő igénybevétele [kN]³⁶²

Támaszköz [m]	MLC						
	MLC60	MLC70	MLC80	MLC90	MLC100	MLC120	MLC150
4	282	309	335	359	381	421	453
6	382	428	472	510	539	590	628
8	426	480	545	598	646	734	813
10	455	516	587	647	709	820	942
12	469	536	611	679	745	871	1024
14	481	553	624	701	768	902	1076
16	488	562	637	715	789	930	1115
18	493	574	646	726	802	948	1144
20	500	575	657	735	813	960	1169
22	502	580	662	742	820	974	1188
24	505	586	664	748	827	982	1203
26	508	588	671	753	833	990	1212
28	510	591	675	756	837	997	1223
30	512	594	678	760	841	1003	1232
35	525	609	692	777	861	1023	1263
40	591	676	763	848	933	1061	1322
45	668	775	873	970	1066	1193	1473
50	732	844	957	1071	1172	1335	1651
55	781	905	1023	1144	1262	1455	1793
60	817	948	1078	1207	1327	1544	1908

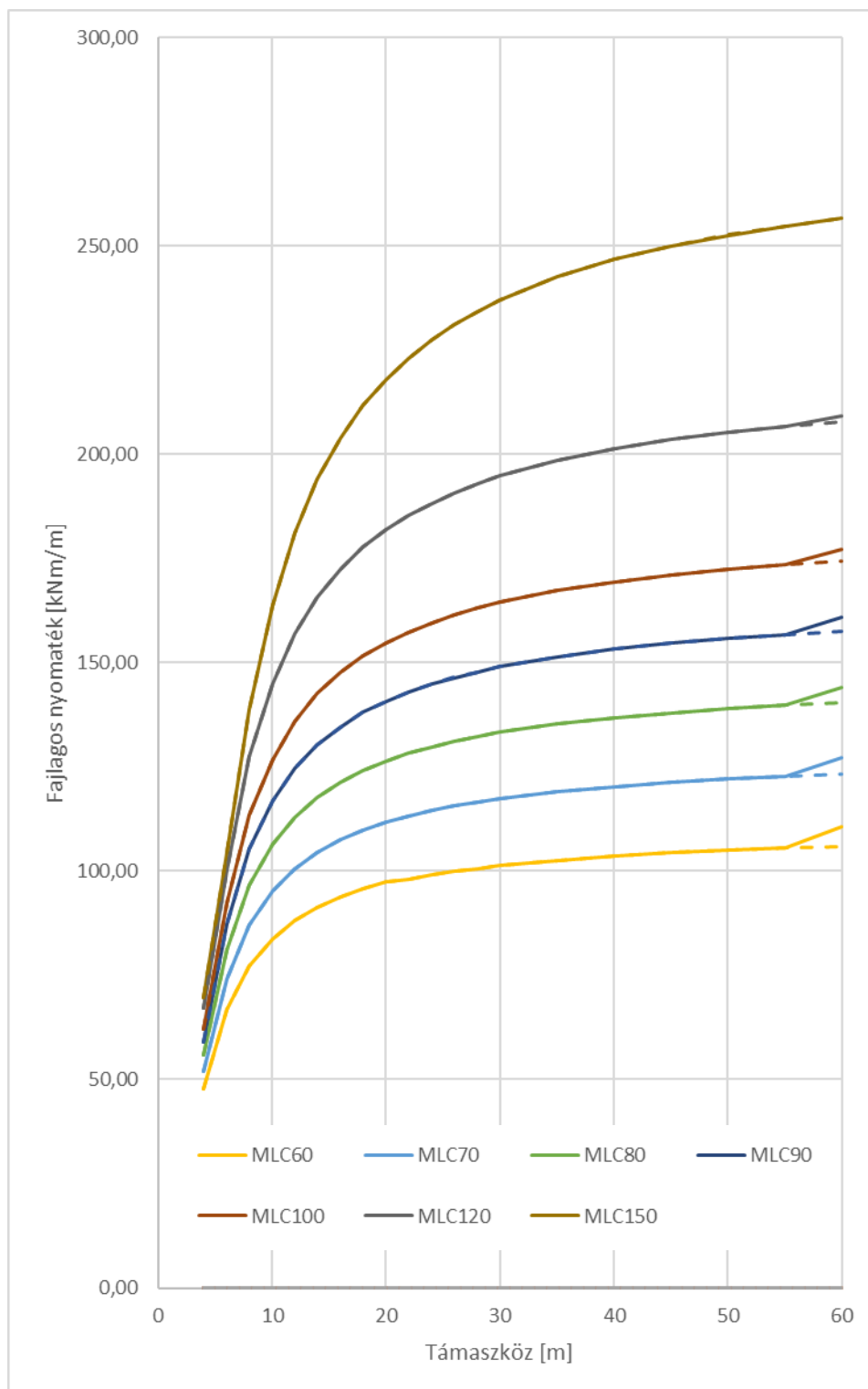
³⁶¹ Szerző számítása és szerkesztése. Eredmények a 3.4.3 fejezethez kapcsolódóan.

³⁶² Szerző számítása és szerkesztése. Eredmények a 3.4.3 fejezethez kapcsolódóan.

24. táblázat: Egyetlen lánctalpas jármű 1:1 arányú, háromtámaszú gerendamodellre számított közbenső támasz (pillér) feletti, nyíróerő igénybevétele [kN]³⁶³

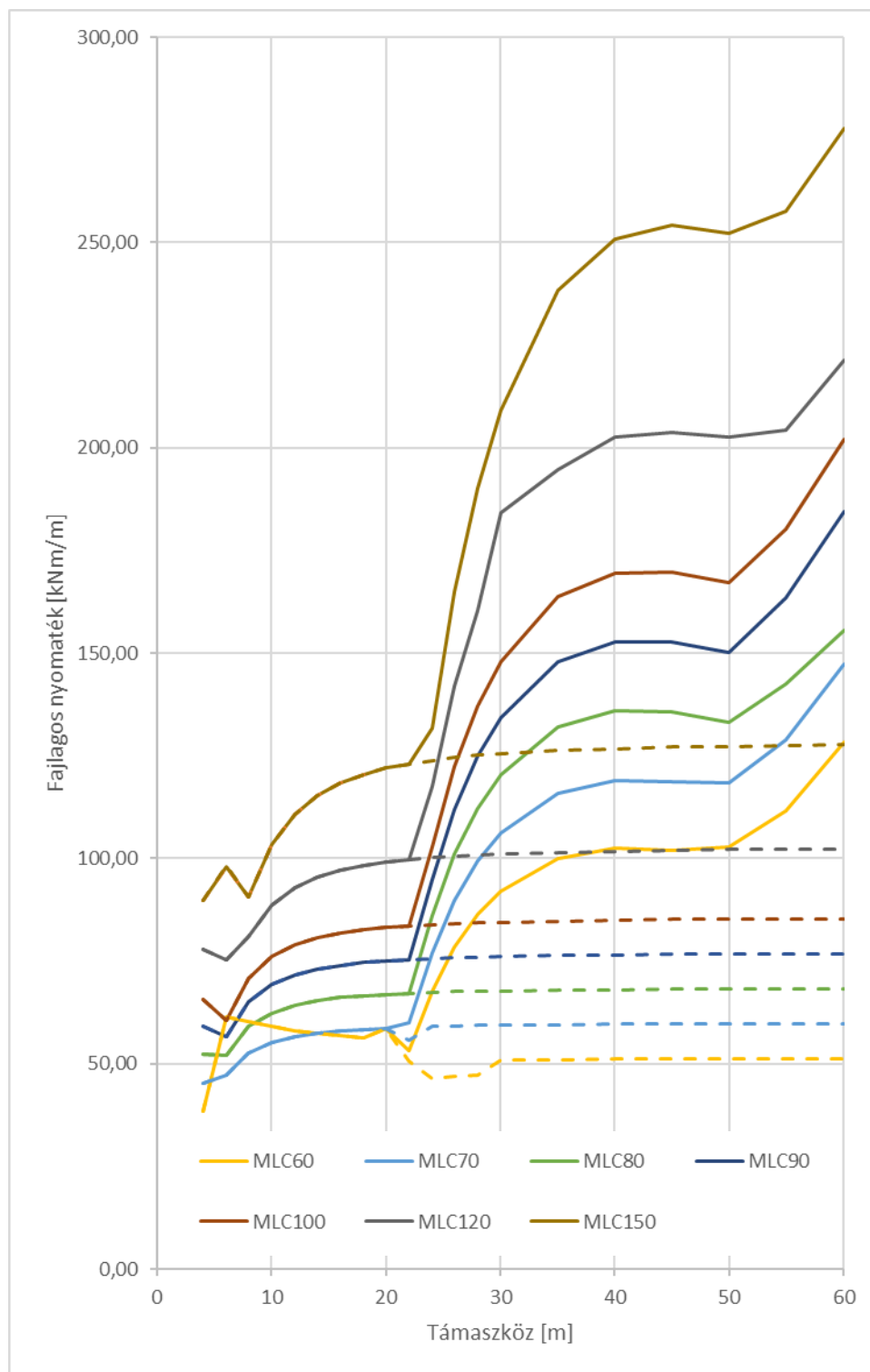
Támaszköz [m]	MLC						
	MLC60	MLC70	MLC80	MLC90	MLC100	MLC120	MLC150
22	501	581	662	742	818	969	1189
24	504	586	665	746	826	979	1203
26	508	588	673	750	830	991	1214
28	510	591	676	755	834	993	1220
30	511	594	682	757	839	1000	1233
35	515	598	686	769	849	1011	1250
40	516	602	690	772	853	1019	1260
45	518	604	692	773	858	1024	1270
50	521	606	692	776	862	1031	1277
55	522	607	693	780	864	1034	1283
60	523	609	696	781	866	1036	1289

³⁶³ Szerző számítása és szerkesztése. Eredmények a 3.4.3 fejezethez kapcsolódóan.



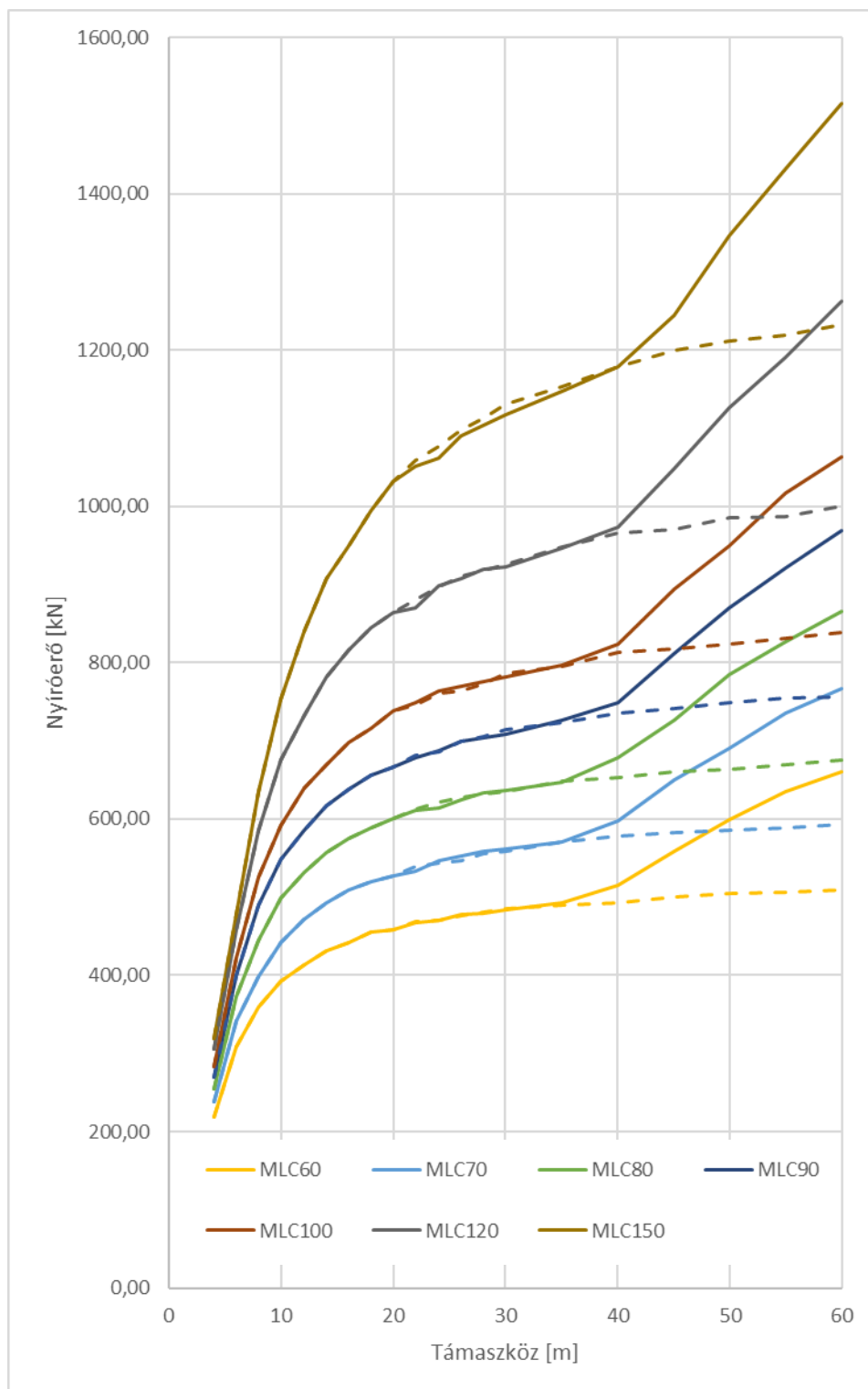
56. ábra: Konvojban és egyedül haladó lánc talpas jármű 1:1 arányú, háromtámaszú gerendamodellre számított mezőközépi fajlagos nyomaték igénybevétele-támaszköz grafikonja³⁶⁴

³⁶⁴ Szerző számítása és szerkesztése, a STANAG 2021 C-8 oldalának kiegészítése egy jármű okozta igénybevételekkel.



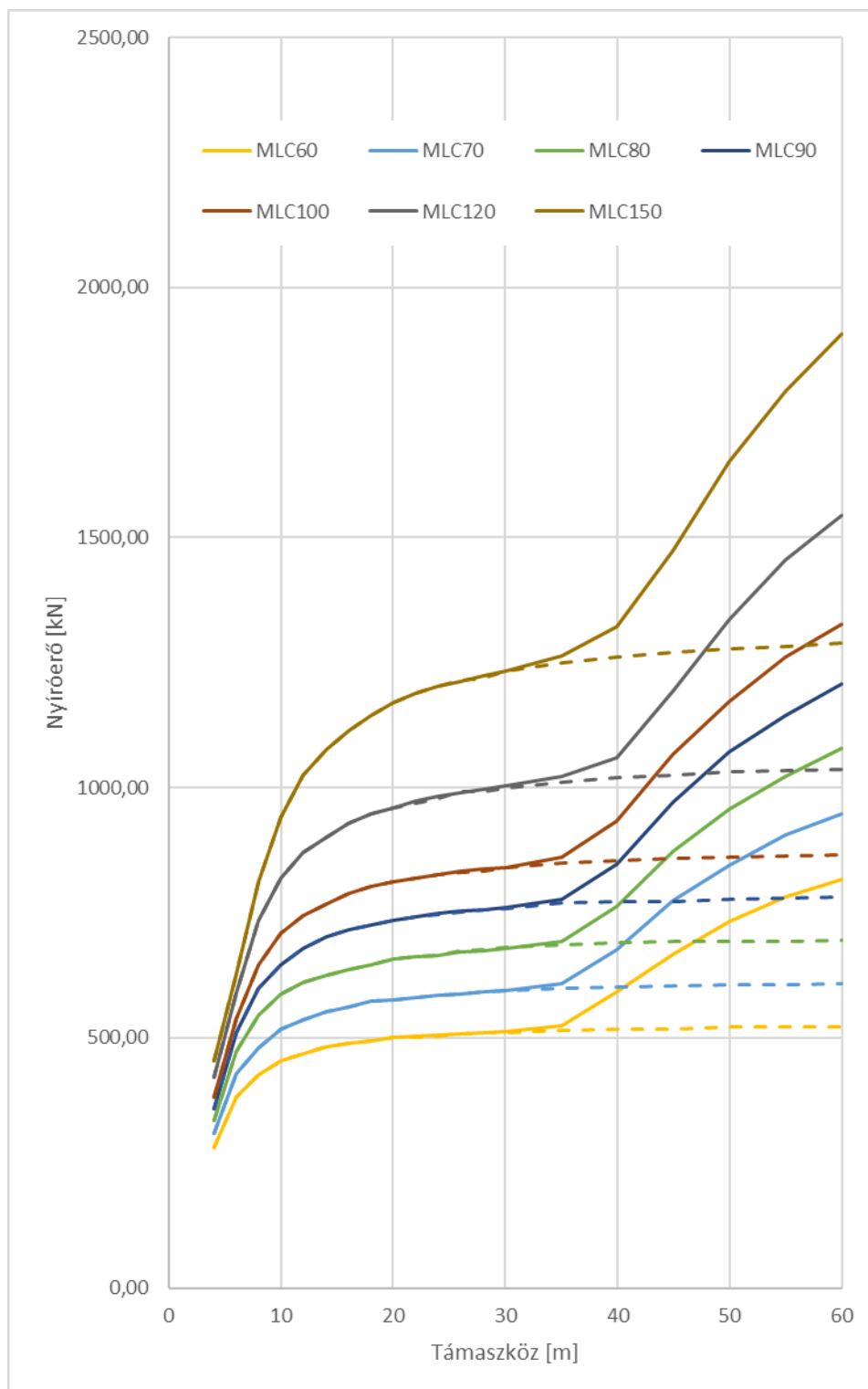
57. ábra: Konvojban és egyedül haladó lánc talpas jármű
 1:1 arányú, háromtámaszú gerendamodellre számított
 közbenső támasz feletti, fajlagos negatív nyomaték igénybevétele-támaszköz grafikonja³⁶⁵

³⁶⁵ Szerző számítása és szerkesztése, a STANAG 2021 C-8 oldalának kiegészítése egyjármű okozta igénybevételekkel.



58. ábra: Konvojban és egyedül haladó lánc talpas jármű 1:1 arányú, háromtámaszú gerendamodellre számított szélső támasz (hídfe) feletti, nyíróerő igénybevétel–támaszköz grafikonja³⁶⁶

³⁶⁶ Szerző számítása és szerkesztése, a STANAG 2021 C-8 oldalának kiegészítése egyjármű okozta igénybevételekkel.



59. ábra: Konvojban és egyedül haladó lánc talpas jármű 1:1 arányú, háromtámaszú gerendamodellre számított közbelső támasz (pillér) feletti, nyíróerő igénybevétel–támaszköz grafikonja³⁶⁷

³⁶⁷ Szerző számítása és szerkesztése, a STANAG 2021 C-8 oldalának kiegészítése egyjármű okozta igénybevételekkel.

10.3 MLC mintaszámítás I. – Gőzekére méretezett híd

A melléklet egy tipikus³⁶⁸, 1950 előtt épült, 20 tonnás gőzeke terhelésre méretezett, monolit vasbeton lemezhid statikai számítását tartalmazza katonai láncalpas teherbírési besorolásra.

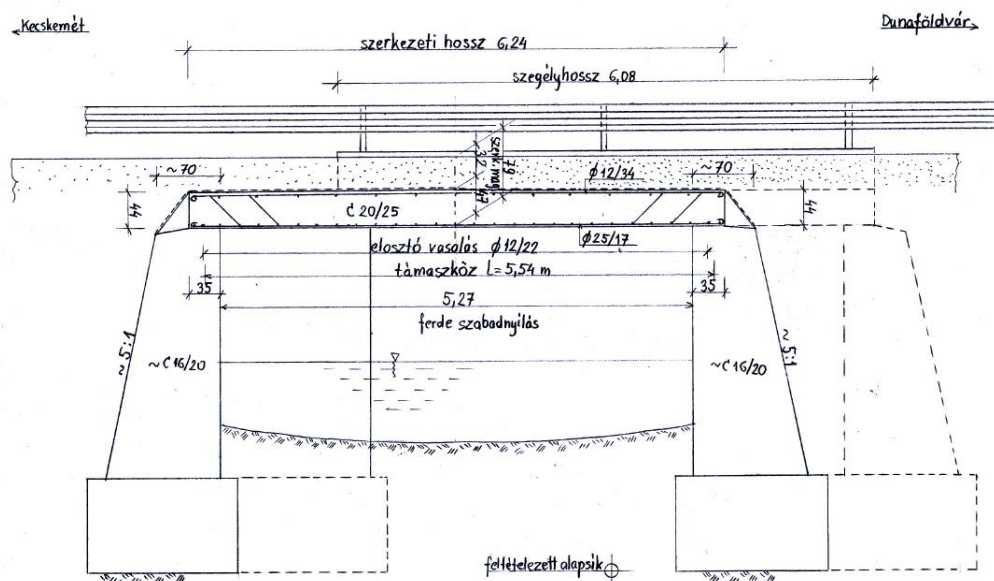
Kiválasztott hídszerkezet:

52. sz. főút, 45+805 km szelvényben lévő Solt előtti Sós-éri (V.) csatorna híd

A vizsgált híd 1941-ben épült, nyilvántartás szerint 20 tonnás gőzeke terhelésre. A méretezéséhez figyelembe vett 1931. évi Hídszabályzat értelmében a gőzeke 150 kN tengelyterhelése mellett figyelembe vették az egyidejű 400 kg/m² megoszló terhelést is a gőzeke alatti területen is.

A híd kezelője a Magyar Közút Nonprofit Zrt. (1024 Budapest, Fényes Elek utca 7-13.)

Jelen ellenőrzést pontos számítással végeztük, ehhez felhasználva a hídkezelő által rendelkezésünkre bocsátott részletes, vasalást is tartalmazó felmérési terveket:



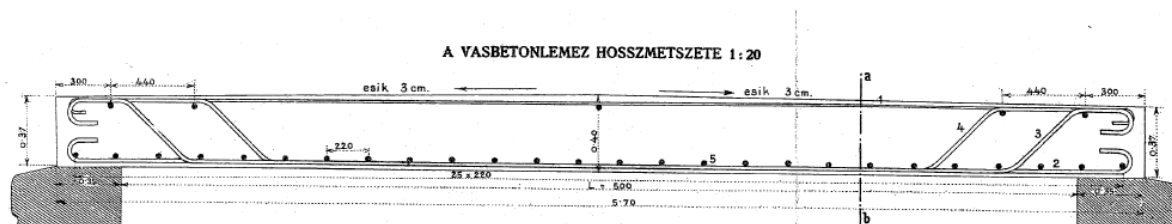
60. ábra: Felmérési terv hosszmet szete³⁶⁹

A részletes felmérés és helyszíni ellenőrzés szerint a híd szerkezeti kialakítása lényegében megfelel az 5,0 m-es vasbeton lemezhid mintatervnek:

³⁶⁸ Az országos közúti hídállományban 985 db 10 m nyílásnál nem nagyobb, 1950 előtt épült monolit vasbeton lemezhid található, ezek közül számos hídszerkezet teherbírása korlátozott, de tipikusan legjobb esetben is 40 tonnánál korlátozott. A nagy darabszám igazolja, hogy a bemutatott számítás analógiáján végzendő katonai teherbírás értékelés milyen várható eredménnyel járhat.

³⁶⁹ Németh István terve, Magyar Közút Nonprofit Zrt.

Különbség, hogy a mintaterv szerinti vasalás $\varnothing 20/10$, ami 1 fm lemezsávra vetítve húzott vasalás keresztmetszetben 3141 mm^2 területet jelent, míg a tárgyi híd feltárt $\varnothing 25/17$ fővasalása 2886 mm^2 területnek felel meg (92%).



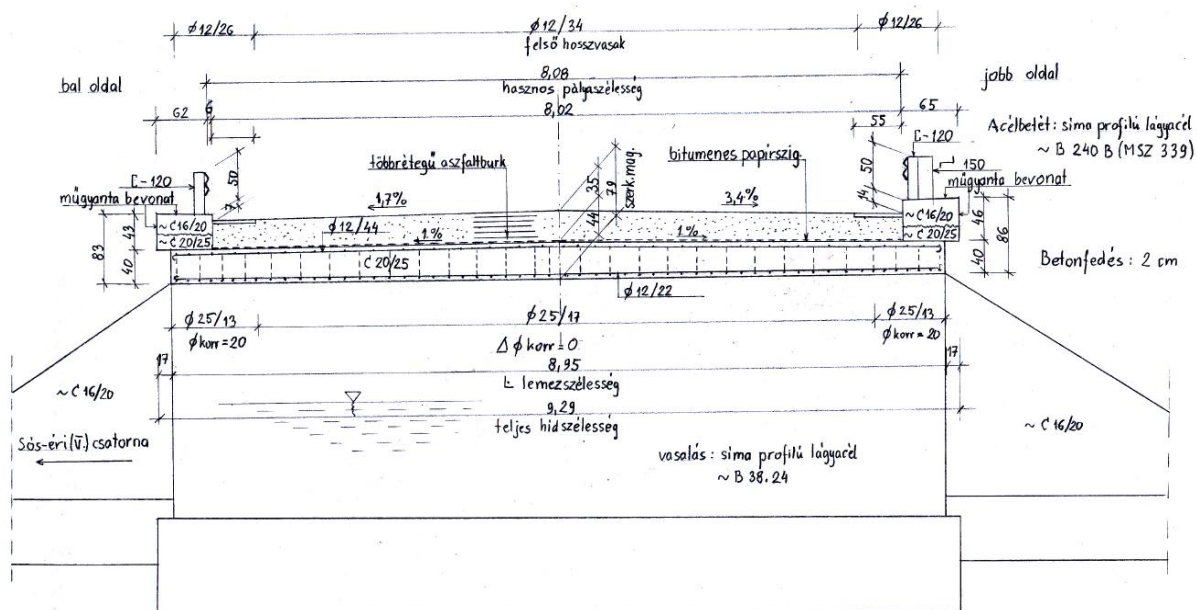
61. ábra: Mintaterv szerinti teherhordó szerkezet³⁷⁰

A helyszíni felmérés szerint a számítás során az alábbi közelítésekkel éltünk a biztonság javára:

- Mivel a vizsgált járművek mértékadó tengelyterhelése (117,6 kN) kisebb, mint a szabályzati gőzeke terhelés (150 kN), ezért lokális vizsgálat nem szükséges.
- A híd támaszközét 5,54 m-nek vettük figyelembe.
- A lemez dolgozó magasságát a mintaterv és a helyszíni felmérést is figyelembe véve nyílásközépen 39 cm-nek vettük figyelembe.
- A biztonság javára a fővasalást 3,5 cm lemez alsó síktól mért tengelyvonallal számítottuk.
- Önsúly számítást felfelé kerekítve, 80 cm vastag szerkezetre végeztük el.
- A hídkezelő által rendelkezésre bocsátott felmérési terv szerinti anyagminőségekkel végeztük a számítást (C20/25, illetve B240B).
- Mind az önsúly teher, mind a különleges jármű hasznos terhét 1,35 biztonsági tényezővel vettük számításba!
- A különleges jármű terheit keresztirányba csak 5 m széles lemezsávra osztottuk el, feltételezve a hídtengetyben való áthaladást.
- A hídtengetyben előírt áthaladás miatt fővasalás korróziós veszteséggel nem számoltunk, ezen zónában a felszerkezet repedés és korróziómentes.
- Az előírt max. 5 km/h egyenletes sebességre tekintettel dinamikus tényezőt nem alkalmaztunk.

2020. július 20-án, majd 2024 tavaszán a hidat ismét megvizsgáltam. Teherbírás szempontjából korábbi vizsgálatainkkal azonos állapotban van, statikai ellenőrzésben teherbírás csökkentés nem szükséges.

³⁷⁰ Magyar Kereskedelemügyi Minisztérium, Mintaterv



62. ábra: Felmérési terv keresztmetszete³⁷¹

Közelítő teherbírás ellenőrzés

A közelítő statikai ellenőrzést 1 m széles felszerkezetre végeztem el.

Anyagjellemzők:

Beton ~C20/25

$$\sigma_{bnyH} = 14,4 \frac{N}{mm^2}$$

Felszerkezet térfogatsúly

$$\rho_{vb} = 25 \frac{kN}{m^3}$$

Betonacél ~B240B

$$\sigma_{aHm} = 192 \frac{N}{mm^2}$$

Parciális tényezők:

Állandó teher

$$\gamma_g = 1,15$$

Hasznos teher

$$\gamma_q = 1,35$$

Dinamikus tényező

$$\gamma_d = 1,00$$

Önsúly terhelés:

³⁷¹ Németh István terve, Magyar Közút Nonprofit Zrt.

80 cm vastag felszerkezettel számolva

$$g_k = 0,80 * 25 = 20,0 \frac{kN}{m}$$

Hasznos terhelés (kéttámaszú tartóra mértékadó elhelyezéssel, teherelosztás nélkül):

MLC50/T alapértéke:

$$M_{MLC50} = 395,63 \text{ kNm}$$

A mértékadó katonai járművet 6 m széles lemezsávra működtetjük, tekintettel a kedvező lánctalp szélességre.

Mértékadó hajlító igénybevétel meghatározása:

$$M_{Ed} = 1,15 * \frac{20 * 5,54^2}{8} + 1,35 * 395,63/6$$

$$M_{Ed} = 177,2 \frac{kNm}{m}$$

Teherbírás ellenőrzése 1 m széles lemezsávra:

A lemez dolgozó magassága $d = 390 - 35 = 355 \text{ mm}$

Fő acélbetétel területe $A_s = \left(\frac{100}{17}\right) * \frac{25^2 * \pi}{4} = 2886 \text{ mm}^2$

Nyomott betonzóna számítása $x_c = \frac{2886 * 192}{1000 * 14,4} = 38,5 \text{ mm}$

Képlékeny állapot ellenőrzése $\xi_c = \frac{38,5}{355} = 0,11 < \xi_{c0} = 0,49$

Hajlítási teherbírás meghat. $M_{Rd} = 14,4 * 38,5 * 1000 * \left(355 - \frac{38,5}{2}\right)$

$$M_{Rd} = 186,1 \frac{kNm}{m}$$

Megfelelőség:

$$M_{Ed} = 177,2 \frac{kNm}{m} < M_{Rd} = 186,1 \frac{kNm}{m}$$

MEGFELEL!

Megállapítom, hogy jelentős közelítésekkel és a biztonság javára tett elhagyásokkal élve a kihasználtság is kielégítő, így a vizsgált MLC50/T katonai láncalpas jármű egyedül, sebességkorlátozás nélkül a hídszerkezeteken további elemzés nélkül áthaladhatnak.