

ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINE

STAVEBNÁ FAKULTA

Katedra stavebných konštrukcií a mostov

ROZBOROVÁ ÚLOHA

Určovanie zaťažiteľnosti mostov pozemných komunikácií a lávok pre chodcov

Vypracovali: prof. Ing. Josef Vičan, CSc.
prof. Ing. Martin Moravčík, PhD.
doc. Ing. Jaroslav Odrobiňák, PhD.
doc. Ing. Peter Koteš, PhD.
Ing. Jozef Gocál, PhD.
Ing. Matúš Farbák, PhD.

December 2020

OBSAH

1. Úvod	5
1.1 Súvisiace a citované právne predpisy	
1.2 Súvisiace a citované normy	
1.3 Súvisiace a citované technické predpisy a podmienky	
1.4 Súvisiace a citované zahraničné predpisy	
1.5 Použitá literatúra	
1.6 Použité skratky	
1.7 Značky	
2. Termíny a definície	13
3. Všeobecne	14
3.1 Cieľ rozborovej úlohy	
3.2 Súčasný stav v SR	
3.3 Súčasný stav v zahraničí	
3.4 Úroveň spoľahlivosti existujúcich mostných objektov	
3.5 Vplyv stavebného stavu mostného objektu a jeho zohľadnenie v prepočtoch	
4. Zaťažiteľnosť mostného objektu	29
4.1 Základné ustanovenia pre určovanie zaťažiteľností mostných objektov	
4.1.1 <i>Medzné stavy existujúcich mostných objektov</i>	
4.1.2 <i>Zaťaženia pri určovaní zaťažiteľnosti</i>	
4.1.2.1 Stále zaťaženia	
4.1.2.2 Premenné zaťaženia cestnou dopravou	
4.1.3 <i>Globálna analýza</i>	
4.1.4 <i>Materiály a základová pôda pre prepočty</i>	
5. Metodika určovania zaťažiteľnosti mostných objektov	40
5.1 Určovanie zaťažiteľnosti mostného objektu prepočtom (V)	
5.1.1 <i>Medzné stavy únosnosti okrem porušenia únavou</i>	
5.1.2 <i>Medzný stav porušenia únavou</i>	
5.1.3 <i>Medzné stavy používateľnosti</i>	
5.2 Určovanie zaťažiteľnosti mostného objektu kombinovaným postupom (K)	
5.3 Určovanie zaťažiteľnosti mostného objektu odborným odhadom (O)	
5.4 Zaťažiteľnosť spodnej stavby mostného objektu	
5.5 Zaťažiteľnosť lávok pre chodcov	
5.6 Zaťažiteľnosť ekoduktov	
5.7 Vplyv zmien na legislatívu a iné predpisy	
6. Obsah revízie TP 104	50
7. Záver	52
Príloha A – Betónové mostné objekty	58
A.1 Vlastnosti materiálov	
A.1.1 <i>Vlastnosti betónu</i>	
A.1.2 <i>Vlastnosti výstuže</i>	
A.2 Prepočet existujúcich betónových mostných objektov	
A.2.1 <i>Globálna analýza</i>	
A.2.2 <i>Medzné stavy únosnosti</i>	
A.2.3 <i>Medzné stavy používateľnosti</i>	

Príloha B – Spriahnuté oceľobetónové mosty	65
B.1 Identifikácia spriahnutej oceľobetónovej konštrukcie	
B.2 Globálna analýza spriahnutých mostov	
B.3 Medzné stavy únosnosti spriahnutých mostov	
B.4 Medzné stavy používateľnosti spriahnutých mostov	
Príloha C – Oceľové mosty	68
C.1 Vlastnosti materiálov	
C.2 Prepočet oceľových nosných konštrukcií existujúcich mostov	
C.2.1 Globálna analýza	
C.2.2 Medzné stavy únosnosti	
C.2.3 Zaťažiteľnosť s ohľadom na únavovú životnosť	
C.2.4 Medzné stavy používateľnosti	
Príloha D – Murované mostné objekty	77
D.1 Vlastnosti materiálov	
D.2 Prepočet existujúcich murovaných mostných objektov	
Príloha E – Drevené mosty	81
E.1 Vlastnosti materiálov	
E.2 Prepočet drevených nosných konštrukcií	
Príloha F – Prehľad zaťažiteľnosti časti mosta	83
Príloha G - Výpočet parciálnych súčiniteľov účinkov zaťaženia a materiálov existujúcich mostných objektov	84
G.1 Úroveň spoľahlivosti existujúcich mostných objektov	
G.2 Výpočet hodnôt parciálnych súčiniteľov účinkov zaťaženia	
G.3 Výpočet hodnôt parciálnych súčiniteľov spoľahlivosti materiálov	
Príloha H - Štúdia účinkov zaťaženia mostov cestnou dopravou	89
H.1 Štúdia zameraná na normálnu zaťažiteľnosť	
H.1.1 Porovnanie účinkov zaťažovacích modelov	
H.1.2 Porovnanie získaných normálnych zaťažiteľností	
H.1.3 Návrh modelu pre určovanie normálnej zaťažiteľnosti	
H.1.4 Alternatíva - návrh modifikácie modelu pre určovanie normálnej zaťažiteľnosti	
H.1.5 K prejazdu ťažších vozidiel ako normálneho zaťaženia	
H.2 Štúdia zameraná na výnimočnú zaťažiteľnosť	
H.2.1 Porovnanie účinkov zaťažovacích modelov	
H.2.2 Návrh odporúčaného modelu	
Príloha I – Príklady vyčíslených zaťažiteľností	112

1 Úvod

Táto rozborová úloha (RÚ) bola vyvolaná potrebou modernizovať a inovovať metodiku určovania zaťažiteľnosti mostov pozemných komunikácií a lávok pre chodcov s ohľadom na najmodernejšie trendy zohľadňované pri hodnotení existujúcich mostov. V ostatnom období, kedy mostné objekty vybudované najmä po druhej svetovej vojne v dôsledku rekonštrukcie vojnou zničenej dopravnej infraštruktúry dosahujú limity svojej životnosti a prevádzkyschopnosti, pričom staršie mosty ich už aj prekračujú, sa stále viac hovorí o potrebe ich rehabilitácií. Túto diskusiu podporili aj nedávne vážne havárie mostných objektov u nás aj v zahraničí. Spoločným znakom týchto katastrof je najmä nedostatočná údržba dopravnej infraštruktúry, preceňovanie vlastností a kvality materiálov, zlé resp. nezvládnuté technológie zhotovovania vrátane nedokonalých a chybných projektov, ako aj zvýšená a stále narastajúca intenzita dopravy spolu so zvyšovaním nápravových tlakov.

Zahraničné skúsenosti najmä západoeurópskych krajín, ktoré majú kvalitnú dopravnú infraštruktúru poukazujú na potrebu systémového prístupu k tejto zložitej problematike. Preto sa sústredili na tvorbu systémov hospodárenia s mostami – Bridge Management Systems, ktoré práve predstavujú jedno z možných systémových riešení. Ide o viacmodulové počítačom podporované databázy, ktoré slúžia správcovi mostov na výkon ich činností. Podstatným modulom týchto systémov sú moduly hodnotenia mostných objektov. Všeobecne je celý rad prístupov k hodnoteniu mostov v prevádzke, avšak za objektívne sa považujú tie, ktoré vychádzajú zo stanovenej zaťažiteľnosti mostného objektu, resp. považujú zaťažiteľnosť za jeden z jeho základných hodnotiacich parametrov. V tomto kontexte je význam zaťažiteľnosti mostných objektov jednoznačne definovaný a je potrebné venovať pozornosť vývoju metodiky určovania zaťažiteľnosti mostov. Aj preto bol predložený návrh na vypracovanie tejto RÚ venovanej príprave na spracovanie Technických podmienok (TP) s pokiaľ možno čo najmodernejším prístupom k určovaniu zaťažiteľnosti mostných objektov.

1.1 Súvisiace a citované právne predpisy

Zákon č. 135/1961 Z. z. o pozemných komunikáciách (cestný zákon), v znení neskorších predpisov;

Zákon č. 8/2009 Z. z. o cestnej premávke a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov;

Zákon č. 106/2018 Z. z. o prevádzke vozidiel v cestnej premávke a o zmene a doplnení niektorých zákonov, v znení neskorších predpisov.

Vyhláška MV SR č. 134/2018, ktorou sa ustanovujú podrobnosti o prevádzke vozidiel v cestnej premávke;

Vyhláška MV SR č. 9/2009 Z. z., ktorou sa vykonáva zákon o cestnej premávke a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov;

Vyhláška MV SR č. 30/2020 o dopravnom značení;

Vyhláška UIC 778-3 Odporúčanie pre kontrolu, hodnotenie a údržbu murovaných klenbových mostov.

1.2 Súvisiace a citované normy

STN 72 1860	Kameň na murivo a stavebné účely. Spoločné ustanovenia
STN 72 2605	Skúšanie tehliarskych výrobkov. Stanovenie mechanických vlastností
STN 73 1201	Navrhovanie betónových konštrukcií
STN 73 1370	Nedeštruktívne skúšanie betónu. Spoločné ustanovenia
STN 73 1371	Ultrazvuková impulzová metóda skúšania betónu

STN 73 1372	Rezonančná metóda skúšania betónu
STN 73 1373	Tvrdomerné metódy skúšania betónu
STN 73 2011	Nedeštruktívne skúšanie betónových konštrukcií
STN 73 3251	Navrhovanie konštrukcií z kameňa
STN 73 6200	Mostné názvoslovie
STN 73 6201	Projektovanie mostných objektov
STN 73 6205	Navrhovanie oceľových mostných konštrukcií
STN 73 6206	Navrhovanie betónových a železobetónových mostných konštrukcií
STN 73 6209	Zaťažovacie skúšky mostov
STN EN 1990	Eurokód: Zásady navrhovania konštrukcií
STN EN 1990	Eurokód: Zásady navrhovania konštrukcií, Zmena A1. Príloha A2: Použitie pre mosty
STN EN 1991-1-1	Eurokód 1: Zaťaženia konštrukcií. Časť 1-1: Všeobecné zaťaženia. Objemová tiaž, vlastná tiaž a úžitkové zaťaženia budov
STN EN 1991-2	Eurokód 1: Zaťaženia konštrukcií. Časť 2: Zaťaženia mostov dopravou
STN EN 1992-1-1+A1	Eurokód 2: Navrhovanie betónových konštrukcií. Časť 1-1: Všeobecné pravidlá a pravidlá pre budovy (konsolidovaný text)
STN EN 1992-2	Eurokód 2: Navrhovanie betónových konštrukcií. Časť 2: Betónové mosty. Navrhovanie a konštruovanie
STN EN 1993-1-1	Eurokód 3: Navrhovanie oceľových konštrukcií. Časť 1-1: Všeobecné pravidlá a pravidlá pre budovy
STN EN 1993-1-5	Eurokód 3: Navrhovanie oceľových konštrukcií. Časť 1-5: Nosné stenové prvky (vrátane NA)
STN EN 1993-1-8	Eurokód 3: Navrhovanie oceľových konštrukcií. Časť 1-8: Navrhovanie uzlov
STN EN 1993-1-9	Eurokód 3: Navrhovanie oceľových konštrukcií. Časť 1-9: Únava
STN EN 1993-2	Eurokód 3: Navrhovanie oceľových konštrukcií. Časť 2: Oceľové mosty
STN EN 1994-1-1	Eurokód 4: Navrhovanie spriahnutých oceľobetónových konštrukcií. Časť 1-1: Všeobecné pravidlá a pravidlá pre budovy
STN EN 1994-2	Eurokód 4: Navrhovanie spriahnutých oceľobetónových konštrukcií. Časť 2: Všeobecné pravidlá a pravidlá pre mosty
STN EN 1912	Konštrukčné drevo. Pevnostné triedy. Zaradenie vizuálnych tried a druhov dreva. SÚTN, október 2013.
STN EN 206+A1	Betón. Špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda.
STN EN 206/NA	Betón. Špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda.
STN EN 338	Konštrukčné drevo. Pevnostné triedy.
STN EN 384+A1	Konštrukčné drevo. Zisťovanie charakteristických hodnôt mechanických vlastností a hustoty. ÚNMS SR, máj 2019.
STN EN 14080	Drevené konštrukcie. Lepené lamelové drevo a lepené masívne drevo. Požiadavky
STN EN 408 + A1	Drevené konštrukcie. Konštrukčné drevo a lepené lamelové drevo. Stanovenie niektorých fyzikálnych a mechanických vlastností.

STN EN 1995-1-1+A1	Eurokód 5: Navrhovanie drevených konštrukcií. Časť 1-1: Všeobecne. Všeobecné pravidlá a pravidlá pre budovy.
STN EN 1995-2	Eurokód 5: Navrhovanie drevených konštrukcií. Časť 2: Mosty.
STN EN 1996-1-1	Eurokód 6: Navrhovanie murovaných konštrukcií. Časť 1-1: Všeobecné pravidlá pre vystužené a nevystužené murované konštrukcie (konsolidovaný text)
STN EN 1996-3	Eurokód 6: Navrhovanie murovaných konštrukcií. Časť 3: Zjednodušené výpočtové metódy pre nevystužené murované konštrukcie
STN EN 206-1+A1	Betón. Špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda
STN EN 998-2	Špecifikácia mált na murivo. Časť 2: Malta na murovanie
STN EN 1015-11	Metódy skúšania mált na murovanie. Časť 11: Stanovenie pevnosti zatvrdnutej malty v ťahu pri ohybe a v tlaku
STN EN 1052-1	Skúšobné metódy pre murivo. Časť 1: Stanovenie pevnosti v tlaku
STN EN 1052-2	Skúšobné metódy pre murivo. Časť 2: Stanovenie pevnosti v ťahu pri ohybe
STN EN 1052-3	Skúšobné metódy pre murivo. Časť 3: Stanovenie začiatkovej šmykovej pevnosti
STN EN 1052-4	Skúšobné metódy pre murivo. Časť 4: Stanovenie pevnosti v šmyku muriva s hydroizoláciou
STN EN 1052-5	Skúšobné metódy pre murivo. Časť 5: Stanovenie odolnosti proti porušeniu škáry muriva metódou namáhania ohybovým momentom
STN EN 1926	Skúšky prírodného kameňa. Stanovenie jednoosej pevnosti v tlaku
STN EN 772-1+A1	Metódy skúšania murovacích prvkov. Časť 1: Stanovenie pevnosti v tlaku
STN EN 10025-2	Výrobky valcované za tepla z konštrukčných ocelí. Časť 2: Technické dodacie podmienky na nelegované konštrukčné ocele
STN EN 10080	Oceľ na vystuženie betónu. Zvariteľná oceľová výstuž. Všeobecne
STN EN 12504-1	Skúšanie betónu v konštrukciách. Časť 1: Vzorky z jadrového vŕtania. Odber, preskúmanie a skúška pevnosti v tlaku
STN EN 12504-2	Skúšanie betónu v konštrukciách. Časť 2: Nedeštruktívne skúšanie. Stanovenie tvrdosti odrazovým tvrdomerom
STN EN 12504-4	Skúšanie betónu. Časť 4: Určenie rýchlosti ultrazvukového impulzu
STN EN ISO 6892-1	Kovové materiály. Skúšanie ťahom. Časť 1: Metóda skúšania pri izbovej teplote (ISO 6892-1: 2019)
STN EN ISO 13918	Zváranie. Svorníky a keramické krúžky na priváranie svorníkov
STN EN ISO 15630-1	Oceľ na výstuž a predpínanie betónu. Skúšobné metódy. Časť 1: Tyče, valcované drôty a drôty na výstuž betónu (ISO 15630-1: 2019)
STN ISO 13822	Zásady navrhovania konštrukcií. Hodnotenie existujúcich konštrukcií

Poznámka: Súvisiace a citované normy vrátane aktuálnych zmien, dodatkov a národných príloh.

1.3 Súvisiace a citované technické predpisy a podmienky

TP 019	Dokumentácia stavieb ciest, MDPT SR: 2006
TP 059	Zadávanie a výkon diagnostiky mostov, MDVRR SR: 2012
TP 060	Prehliadky, údržba a opravy cestných komunikácií. Mosty, MDVRR SR: 2012
TP 061	Katalóg porúch mostných objektov na diaľniciach, rýchlostných cestách a cestách I., II. a III. triedy, MDV SR: 2019
TP 067	Migračné objekty pre voľne žijúce živočíchy Projektovanie, výstavba, prevádzka a oprava. MDVRR SR: 2013
TP 075	Evidencia cestných mostov a lávok, MDVRR SR: 2013.
TP 076	Monitorovanie cestných mostov. MDVRR SR: 2013
TP 077	Systém hospodárenia s mostami. MDVRR SR: 2013
TP 103	Povoľovacie konanie na zvláštne užívanie pozemných komunikácií pri prepravách nadmerných a nadrozmerných nákladov (a niektoré súvisiace vybrané povinnosti správcov pozemných komunikácií a iných subjektov), MDV SR: 2017
TP 104	Zaťažiteľnosť cestných mostov a lávok. MDVRR SR: 2016
TKP 0	Časť 0, Všeobecne, MDVRR SR: 2012
TKP 3	Časť 3, Prieputy, MDVRR SR: 2013
VTP	Určovanie zaťažiteľnosti železničných mostných objektov, GR ŽSR, 2016.

1.4 Súvisiace a citované zahraničné predpisy

ČSN 1090	Navrhování betonových staveb (1931)
ČSN 1230	Jednotný mostní řád - Navrhování mostů (1937)
ČSN 73 1251	Navrhování konstrukcí z předpjatého betonu (1969)
ČSN 73 2004	Směrnice pro konstrukce z předpjatého betonu (1960)
ČSN 73 6202	Zatížení a statický výpočet mostů (1953)
ČSN 73 6204	Projektování ocelových mostních konstrukcí (1953)
ON 73 6220	Evidence mostů na dálnicích, silnicích a místních komunikacích. UNM Praha, 1976 vrátane zmeny a, 1983 a zmeny b, 1992.
ČSN 73 6203	Zatížení mostů. UNM Praha, 1976.
ČSN 73 6220	Zatížitelnost a evidence mostů pozemních komunikací, ÚNMZ Praha, 1996
ČSN 73 6222	Zatížitelnost mostů pozemních komunikací. ÚNMZ, 2013
ON 73 6220	Správa a údržba mostů na dálnicích, silnicích a místních komunikacích, UNM Praha, 1964.
MVL 511	Nosné konstrukce železničních mostů se zabetonovanými ocelovými nosníky (2005)
Nařízení c. k. ministerstva železnic ze dne 28. srpna 1904 o mostech železnicových nadželeznicových a mostech silnic příjezdných a železných nebo dřevěných ústrojinách, číslo 97 z r. 1904	
Směrnice pro navrhování mostů, 1951	
USS	Nosné konstrukce ze zabetonovaných válených nosníků. Normální plán (1939)
Železniční deskové mostní konstrukce se zabetonovanými ocelovými nosníky - Předběžná směrnice pro návrh a provádění (1971)	

Ocelobetonové nosné konstrukce železničních mostů - Směrnice pro návrh a provádění (1981)	
TP 199	Zatížitelnost zděných klenbových mostů. Technické podmínky, MD ČR: 2008
TP 200	Stanovení zatížitelnosti mostů PK navržených podle norem a předpisů platných před účinností EN. Technické podmínky, MD ČR: 2008
TP 224	Ověřování existujících betonových mostů pozemních komunikací. Ministerstvo dopravy, odbor silniční infrastruktury, 2010
DS 805	Bewertung der Tragfähigkeit bestehender Eisenbahnbrücken. (Posúdenie únosnosti existujúcich železničných mostov) Deutsche Bundesbahn, 1987
CAN/CSA-S6-88	Design of highway bridges. Supplement No 1 Existing bridge evaluation, (Navrhovanie mostov pozemných komunikácií. Príloha č. 1 Hodnotenie existujúcich mostov), Rexdale, Ontario 1990
OHBDC	Ontario Highway Bridge Design Code, Section 11 Evaluation, (Predpis pre navrhovanie mostov pozemných komunikácií v Ontáriu, Časť 11 Hodnotenie), Ministry of Transportation, Ontario 1991
UIC Code 778-3	Recommendations for the inspection, assessment and maintenance of masonry arch bridges. 2nd edition, (Odporúčanie pre kontrolu, hodnotenie a údržbu murovaných klenbových mostov. 2. vydanie), 2011
MP	Metodický pokyn pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů, SŽDC 2015
Bridge bearing capacity classification. (Klasifikácia zaťažiteľnosti mostov). Swedish National Road Administration, 1991, 210 E	
Bridge classification. (Klasifikácia mostov). Norway Directorate of Public Roads. 1-1989.	

1.5 Použitá literatúra

- Vičan, J. – Koteš, P.: Hodnotenie existujúcich mostných objektov. Vedecká monografia. EDIS UNIZA, 2018.
- Nowak, A.S.: Calibration of LRFD Bridge Code. (Kalibrácia metódy parciálnych súčiniteľov pre mostný predpis). Journal of Structural Engineering, August 1995, p. 1245-1251.
- Frangopol, D.M. – Estes, A.C.: System Reliability for Condition Evaluation of Bridges. (Systém spoľahlivosti pre hodnotenie stavu mostov). In: Evaluation of Existing Steel and Composite Bridges. IABSE Workshop, Lausanne 1997, str. 47-56.
- Frangopol, D.M. – Estes, A.C.: Lifetime Bridge Maintenance Strategies Based on System Reliability. (Stratégia celoživotnej údržby mostov založená na princípe spoľahlivosti). Structural Engineering International 3, 1997, str. 193-198.
- Allen, D.E.: Canadian highway bridge evaluation: reliability index. (Hodnotenie mostov pozemných komunikácií v Kanade: index spoľahlivosti). In: Canadian Journal of Civ. Engineering 19, 1992, p. 987-991.
- Bartlett, F.M. – Buckland, P.G. – Kennedy, D.J.: Canadian highway bridge evaluation: derivation of Clause 12 of CAN/CSA-S6-88. (Hodnotenie mostov pozemných

- komunikácií v Kanade: odvodenie kapitoly 12 v CAN/CSA-S6-88). In: Canadian Journal of Civ. Engineering 19, 1992, p. 1007-1016.
- Ditlevsen, O. - Madsen, H.O.: Structural Reliability Methods. (Metódy spoľahlivosti konštrukcií). John Wiley and sons, Ltd. 1996, 372 p.
- Sørensen, J.D.: Notes in Structural Reliability Theory and Risk Analysis. (Poznámky k teórii spoľahlivosti konštrukcií a rizikovej analýze). Aalborg, 2004, 230 p.
- Nowak, A.S.: Reliability-Based Evaluation of Existing Bridges. (Spoľahlivostné hodnotenie existujúcich mostov). IABSE Colloquium, Copenhagen 1993, p. 275-281.
- Koteš, P. - Vičan, J.: Reliability levels for existing bridges evaluation according to Eurocodes. (Úrovně spoľahlivosti pre hodnotenie existujúcich mostov podľa Eurokódov). Procedia Engineering, vol. 40, 2012, Pages 211-216.
- Koteš, P. - Vičan, J. Recommended reliability levels for the evaluation of existing bridges according to Eurocodes. (Odporúčané úrovně spoľahlivosti pre hodnotenie existujúcich mostov podľa Eurokódov). Structural engineering international. ISSN 1016-8664, 2013, vol. 23, no. 4, p. 411-417.
- Kucharík, J. – Moravčík, M.: Zaťažiteľnosť mostov v zmysle európskych noriem (EN). Rozborová úloha. VUIS Mosty, s.r.o. 11/2010.
- Mrázik, A.: Teória spoľahlivosti oceľových konštrukcií, VEDA Bratislava 1987.

1.6 Použité skratky

BMS	- Bridge Management System (Systém hospodárenia s mostmi)
EN	- Európska norma
FORM	- First Order Reliability Method (Spoľahlivostná metóda prvého rádu)
GNA	- Geometric Nonlinear Analysis (Geometricky nelineárna analýza)
GNIA	- Geometric Nonlinear Analysis with Imperfections (Geometricky nelineárna analýza s imperfekciami)
GR	- Generálne riaditeľstvo
ISO	- Medzinárodná organizácia pre šandardizáciu
LBA	- Linear Buckling Analysis (Lineárna stabilitná analýza)
LM1	- Load model 1 (zaťažovací model 1 podľa STN EN 1991-2)
LM2	- Load model 2 (zaťažovací model 2 podľa STN EN 1991-2)
LM3	- Load model 3 (zaťažovací model 3 podľa STN EN 1991-2)
MNA	- Material Nonlinear Analysis (Materiálovo nelineárna analýza)
MVL	- Mostný vzorový list
MSU	- Medzné stavy únosnosti
MSP	- Medzné stavy použiteľnosti
O,R,P	- Oprava, rekonštrukcia, prestavba
RÚ	- Rozborová úloha
SHM	- Systém hospodárenia s mostami
SHMÚ	- Slovenský hydrometeorologický ústav
SSC	- Slovenská správa ciest
STN	- Slovenská technická norma
STN EN	- Slovenská technická norma zavedená prevzatím európskej normy
VTP	- Všeobecné technické požiadavky
TP	- Technické podmienky
TPR	- Technické predpisy rezortu

1.7 Značky

$E_{LM1,Ed}$ Návrhová hodnota účinkov zvislého normálneho zaťaženia cestnou dopravou

	reprezentovaného zaťažovacím modelom 1
$E_{LM2,Ed}$	Návrhová hodnota účinkov zvislého zaťaženia cestnou dopravou na jednu nápravu, reprezentovaného zaťažovacím modelom 2
$E_{LM3,Ed}$	Návrhová hodnota účinkov zvislého výnimočného zaťaženia cestnou dopravou, reprezentovaného zaťažovacím modelom 3
$\sum_{i=1}^{n-1} E_{rs,n,Ed,i}$	Návrhové, resp. kombinačné hodnoty účinkov ostatných zaťažení, ktoré pôsobia súčasne so zvislým normálnym zaťažením cestnou dopravou
$\sum_{i=1}^{n-1} E_{rs,j,Ed,i}$	Návrhové hodnoty účinkov ostatných zaťažení, ktoré pôsobia súčasne so zvislým zaťažením cestnou dopravou na jednu nápravu
$\sum_{i=1}^{n-1} E_{rs,e,Ed,i}$	Návrhové, resp. časté hodnoty účinkov ostatných zaťažení, ktoré pôsobia súčasne s výnimočným zaťažením,
$E_{QL,k}$	Charakteristická hodnota účinkov zvislého normálneho zaťaženia cestnou dopravou, reprezentovaného modelom normálneho zaťaženia platným v čase návrhu mosta, vrátane zodpovedajúceho vtedy platného dynamického súčiniteľa
$\Delta E_{G,k}$	Charakteristická hodnota prírastku účinkov stáleho zaťaženia v dôsledku priráženia mostného objektu dodatočným zaťažením (napr. zmenou mostného zvršku, úpravou ríms, chodníkov a pod.)
$E_{LM1,k}$	Charakteristická hodnota účinkov zvislého normálneho zaťaženia cestnou dopravou, reprezentovaného zaťažovacím modelom 1
F_z	Faktor normálnej zaťažiteľnosti
K	Zaťažiteľnosť stanovená kombinovaným postupom
$N_{LMi,Ed}, M_{y,LMi,Ed}, M_{z,LMi,Ed}$	Návrhové hodnoty vnútorných síl od zvislého premenného zaťaženia cestnou dopravou, reprezentovaného príslušným zaťažovacím modelom (LM1,LM2,LM3)
$N_{rs,Ed}, M_{y,rs,Ed}, M_{z,rs,Ed}$	Návrhové, resp. kombinačné hodnoty vnútorných síl od ostatných zaťažení, ktoré pôsobia súčasne so zvislým premenným zaťažením cestnou dopravou
$N_{b,Rd}$	Návrhová hodnota normálovej sily vzpernej odolnosti
$M_{b,Rd}$	Návrhová hodnota ohybového momentu vzpernej odolnosti v klopení
O	Zaťažiteľnosť stanovená odborným odhadom porovnaním účinkov zaťažení
P	Zaťažiteľnosť prevzatá z projektovej dokumentácie pri mostoch navrhnutých podľa ČSN 73 6203 (1986)
R_k	Charakteristická hodnota pevnosti materiálu
R_d	Návrhová hodnota pevnosti materiálu
$R_{d,c}$	Hodnota kapacity odolnosti pre rozhodujúce premenné zaťaženie cestnou dopravou
S	Zaťažiteľnosť stanovená porovnávacím prepočtom
T	Zaťažiteľnosť stanovená pomocou tabuliek
V	Zaťažiteľnosť stanovená podrobným prepočtom
V_n	Normálna zaťažiteľnosť v t
V_r	Výhradná zaťažiteľnosť v t
V_e	Výnimočná zaťažiteľnosť v t
V_j	Zaťažiteľnosť na jednu nápravu v t
W_n	Tiaž vozidla normálneho zaťaženia v kN

$W_{n,rep}$	Tiaž reprezentatívneho vozidla pre normálnu zaťažiteľnosť v kN
W_j	Tiaž jednej nápravy v kN
W_e	Tiaž vozidla výnimočného zaťaženia zvláštnou súpravou v kN
$V_{n,rep}$	Hmotnosť reprezentatívneho vozidla pre normálnu zaťažiteľnosť v t
$V_{j,rep}$	Hmotnosť reprezentatívnej nápravy pre zaťažiteľnosť na jednu nápravu v t
$V_{e,rep}$	Hmotnosť reprezentatívneho vozidla pre výnimočnú zaťažiteľnosť v t
v_n	Zaťažiteľnosť lávky pre peších a cyklistov v $kg.m^{-2}$
w_n	Zaťažiteľnosť lávky pre peších a cyklistov v $kN.m^{-2}$
Z	Zaťažiteľnosť stanovená podľa zvláštnych predpisov
$\beta_{u(t)}$	Aktualizovaný index spoľahlivosti
$\beta_{t(t)}$	Cieľový index spoľahlivosti pre hodnotenie existujúcich mostov
δ_{lim}	Medzná hodnota pretvorenia podľa kritéria príslušného medzného stavu používateľnosti, ktorú udávajú NA k príslušným STN EN pre navrhovanie mostov
δ_{LM1}	Hodnota pretvorenia vyvolaná zvislým normálnym zaťažením cestnou dopravou, reprezentovaným zaťažovacím modelom 1
$\sum_{i=1}^{n-1} \delta_{rs,i}$	Hodnoty pretvorenia od ostatných relevantných zaťažení, ktoré pôsobia súčasne so zvislým normálnym zaťažením cestnou dopravou v prípade, že neboli eliminované vonkajším zásahom (napríklad nadvýšením nosnej konštrukcie)
α_E	Súčiniteľ citlivosti metódy FORM pre zaťaženie, $\alpha_E = -0,7$
γ_{sd}	Parciálny súčiniteľ zohľadňujúci neistoty modelu odozvy stáleho zaťaženia, príp. i modelu zaťaženia, $\gamma_{sd} = 1,05$
v_G	Variačný koeficient stáleho zaťaženia
Φ	Distribučná funkcia normovaného normálneho rozdelenia
v_Q	Variačný koeficient premenného zaťaženia cestnou dopravou
χ	Súčiniteľ vzperu pre rovinný vzper tlačeneho prúta
χ_{LT}	Súčiniteľ klopenia pri strate priečnej a torznej stability (klopenie) pri ohybe prúta
$\sigma_{c,p}$	Charakteristická hodnota normálového napätia v betóne od predpätia vo vyšetrovanom bode prierezu v posudzovanom čase
$\sigma_{c,Q,i}$	Charakteristická hodnota normálového napätia v betóne vo vyšetrovanom bode prierezu od zvislého premenného zaťaženia dopravou reprezentovaného príslušným zaťažovacím modelom
$\sum_{i=1}^{n-1} \sigma_{c,rs,i}$	Charakteristické, kombinačné alebo skupinové hodnoty normálového napätia v betóne vo vyšetrovanom bode prierezu od ostatných zaťažení (okrem predpätia), ktoré pôsobia súčasne so zvislým premenným zaťažením cestnou dopravou
$\sigma_{c,p,dec}$	Charakteristická hodnota normálového napätia v betóne od predpätia vo vzdialenosti 100 mm od úrovne predpínacej výstuže umiestnenej najbližšie k ťahanému okraju
$\sigma_{c,Q,i}$	Charakteristická hodnota normálového napätia v betóne od zvislého premenného zaťaženia cestnou dopravou reprezentovaného príslušným zaťažovacím modelom, ktoré pôsobí v rovnakom vyšetrovanom bode prierezu ako $\sigma_{c,p,dec}$
$\sum_{i=1}^{n-1} \sigma_{c,rs,i}$	Charakteristické, kombinačné alebo skupinové hodnoty normálových napätí od ostatných zaťažení (okrem predpätia), ktoré pôsobí súčasne so zvislým premenným zaťažením dopravou v rovnakom vyšetrovanom bode prierezu ako $\sigma_{c,p,dec}$.

2 Termíny a definície

V tejto RÚ sa používajú základné termíny, definície a značky, ktoré sú v súlade s STN 73 6200, STN 73 6100 a s príslušnými STN EN 1990- STN EN 1996 pre zaťaženie a navrhovanie stavebných konštrukcií a mostných objektov a STN ISO 13822. Základná terminológia z STN 73 6200 je doplnená o termíny definované v tejto kapitole.

Dokumentácia mostného objektu

Je súbor písomností, technických správ a výkresov podľa TP 019 vrátane správ z dohliadacej činnosti, ako aj ďalších hodnoverných informácií o mostnom objekte (vykonané prepočty, protokoly zo zaťažovacích skúšok, výstupy z dlhodobých meraní, archívne informácie, rok návrhu alebo výstavby mosta, použitý zaťažovací model, a pod).

Zaťažiteľnosť

Je najväčšia okamžitá hmotnosť (t) každého z vozidiel, ktorých jazdu možno na moste povoliť za podmienok daných normami alebo inými relevantnými predpismi.

Druhy zaťažiteľností

Podľa druhu zaťažovacieho modelu zaťaženia cestnou dopravou sa pri mostoch na diaľniciach, rýchlostných cestách a cestách I., II. a III. triedy a miestnych komunikáciách v súčasnosti stanovuje:

- a) normálna zaťažiteľnosť v t,
- b) zaťažiteľnosť na jednu nápravu v t,
- c) výhradná zaťažiteľnosť v t,
- d) výnimočná zaťažiteľnosť v t.

Normálna zaťažiteľnosť

Je najväčšia okamžitá hmotnosť (t) jedného vozidla normálneho zaťaženia cestnou dopravou, ktoré smie prechádzať cez most bez dopravných obmedzení, v ľubovoľnom počte a bez obmedzenia prevádzky chodcov a cyklistov.

Zaťažiteľnosť na jednu nápravu

Je najväčšia okamžitá hmotnosť (t) pripadajúca na jednu nápravu vozidla danú zaťažovacím modelom 2 podľa čl. 4.3.3 STN EN 1991-2.

Stanovuje sa v odôvodnených prípadoch, ktoré určuje zhotoviteľ projektovej dokumentácie alebo zhotoviteľ náhradnej dokumentácie, prípadne správca objektu.

Výhradná zaťažiteľnosť

Je najväčšia okamžitá hmotnosť vozidla (t), ktoré smie prechádzať cez most ako jediné pri vylúčení ostatnej cestnej dopravy na moste, bez obmedzenia rýchlosti a v ľubovoľnej stope na ploche prejazdu priestoru pre cestné vozidlá. Vodič je povinný zabezpečiť, aby na taký úsek nevchádzali súčasne z nijakého smeru iné vozidlá, pričom na tento účel možno zastavovať vozidlá.

Výnimočná zaťažiteľnosť

Je najväčšia okamžitá hmotnosť vozidla alebo zvláštnej súpravy (t), ktoré smie prejsť cez most pri dodržaní stanovených podmienok prejazdu (stanovená stopa, obmedzená rýchlosť, predpísaná vzdialenosť medzi vozidlami apod.)

Normálna zaťažiteľnosť lávok pre peších a cyklistov

Je najväčšia prípustná hodnota premenného rovnomerného zaťaženia v $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$.

Kategórie zaťažiteľnosti

Podľa presnosti a metodiky stanovenia zaťažiteľnosti sa rešpektujú v tejto RÚ nasledujúce kategórie zaťažiteľnosti mostných objektov:

- 1) V – zaťažiteľnosť stanovená podrobným prepočtom,
- 2) K – zaťažiteľnosť stanovená kombinovaným postupom, t. j. podrobným prepočtom z novo zhotovenej dokumentácie získanej pomocou náhradnej analýzy konštrukcie,
- 3) O – zaťažiteľnosť stanovená odborným odhadom porovnaním účinkov zaťaženia.

Prepočet mostného objektu

Je postup stanovenia zaťažiteľnosti analýzou mostného objektu (pozri STN EN 1990) rešpektujúc zásady príslušných platných predpisov a príslušných platných STN a STN EN.

Systém hospodárenia s mostami (SHM)

Je súbor činností vlastníkov/správcov mostov, ktorých cieľom je zabezpečiť potrebné informácie o mostoch a ich vyhodnotenie (spracovanie) pre výber a zostavenie poradia O,R,P vybraných mostov na prípravu a realizáciu, pre zaistenie prevádzkovej spôsobilosti, bezpečnosti a efektívnosti.

3 Všeobecne

3.1 Cieľ rozborovej úlohy

Hlavným cieľom tejto RÚ je spracovať metodiku určovania zaťažiteľnosti mostných objektov na pozemných komunikáciách a lávok pre chodcov. Na výpočet zaťažiteľnosti je na Slovensku v súčasnosti k dispozícii predpis TP 104. Tieto TP však nezodpovedajú súčasnému stavu európskej normalizácie najmä z pohľadu úrovne spoľahlivosti odporúčanej pre overovanie existujúcich mostoch. Taktiež je nesúladi s definíciou zaťaženia predpísaných pre mostné objekty normou STN EN 1991-2 Zaťaženia mostov dopravou + NA 1.

Preto je základným cieľom tejto RÚ pripraviť podklady pre spracovanie nových TP na určovanie zaťažiteľnosti mostov pozemných komunikácií a lávok pre chodcov tak, aby budúci predpis rešpektoval:

- a) najmodernejšie prístupy k hodnoteniu existujúcich mostných objektov a metodike určovania ich zaťažiteľnosti,
- b) modifikáciu úrovne spoľahlivosti pre existujúce mostné objekty zohľadnením výsledkov dohliadacej činnosti,
- c) terminológiu zavedenú európskymi normami prevzatými do sústavy STN EN,
- d) členenie zaťaženia podľa základnej zaťažovacej normy STN EN 1991-2,
- e) reálne zohľadnenie vplyvu porúch a poškodení v odozve konštrukcie na zaťaženie a odolnosti prierezov a prvkov mosta,
- f) spresnenie informácií o materiálových charakteristikách existujúcich mostných objektov,
- g) princípy overovania odolnosti prierezov a prvkov mostných objektov definovaných v príslušných európskych normách EN resp. STN EN 1990-1999,
- h) možnosti využitia úľav pre existujúce mosty pri overovaní ich spoľahlivosti.

Novú metodiku bude možné aplikovať aj na určovanie zaťažiteľnosti nových mostov, avšak na úroveň spoľahlivosti zodpovedajúcej ich návrhu.

3.2 Súčasný stav v SR

Ako bolo spomenuté vyššie, v SR je v súčasnosti platný predpis TP 104. Uvedený predpis nadväzuje na tradíciu určovania zaťažiteľnosti mostných objektov z obdobia spoločnej česko-slovenskej republiky (pozri kapitolu 3.3).

Podľa týchto TP sa pre mosty na pozemných komunikáciách vyjadruje zaťažiteľnosť hmotnosťou vozidiel premenného zaťaženia dopravou. Podľa druhu zaťažovacieho modelu

simulujúceho typ dopravy sa pri mostoch na diaľniciach, rýchlostných cestách a cestách I., II. a III. triedy a miestnych komunikáciách stanovuje:

- a) faktor normálnej zaťažiteľnosti F_z a normálna zaťažiteľnosť V_n ,
- b) zaťažiteľnosť na jednu nápravu (V_j),
- c) výhradná zaťažiteľnosť (V_r),
- d) výnimočná zaťažiteľnosť (V_e).

Faktor normálnej zaťažiteľnosti F_z vyjadruje schopnosť mostnej konštrukcie prenášať zaťaženie od zaťažovacieho modelu LM1 podľa STN EN 1991-2. Most je považovaný za vyhovujúci z hľadiska normálnej zaťažiteľnosti, ak je splnená podmienka:

$$F_z \geq 1,0. \quad (3.1)$$

Všeobecne možno vzťah pre faktor zaťažiteľnosti F_z pre rozhodujúcu statickú veličinu vyjadriť ako podiel kapacity (rezervy) odolnosti pre rozhodujúce premenné zaťaženie a účinku od premenného zaťaženia LM1 v tvare:

$$F_z = \frac{R_{d,c}}{E_{LM1,d}} = \frac{R_d - \sum_{i=1}^{n-1} E_{rs,d,i}}{E_{LM1,d}}, \quad (3.2)$$

kde: F_z je faktor normálnej zaťažiteľnosti,
 $R_{d,c}$ hodnota kapacity odolnosti pre rozhodujúce premenné zaťaženie cestnou dopravou,
 R_d návrhová hodnota odolnosti prierezu alebo prvku mostného objektu,
 $E_{LM1,d}$ hodnota statickej veličiny od účinkov premenného zaťaženia LM1,
 $\sum_{i=1}^{n-1} E_{rs,d,i}$ sú návrhové, kombinačné alebo skupinové hodnoty účinkov ostatných zaťažení, ktoré pôsobia súčasne so zvislým premenným zaťažením cestnou dopravou.

Normálna zaťažiteľnosť sa stanoví ako najvyššia prípustná hmotnosť jedného vozidla pri normálnom zaťažení bez obmedzenia počtu a polohy vozidiel. Stanoví sa podľa vzťahu:

$$W_n = F_z \cdot W_{n,rep}, \quad (3.3)$$

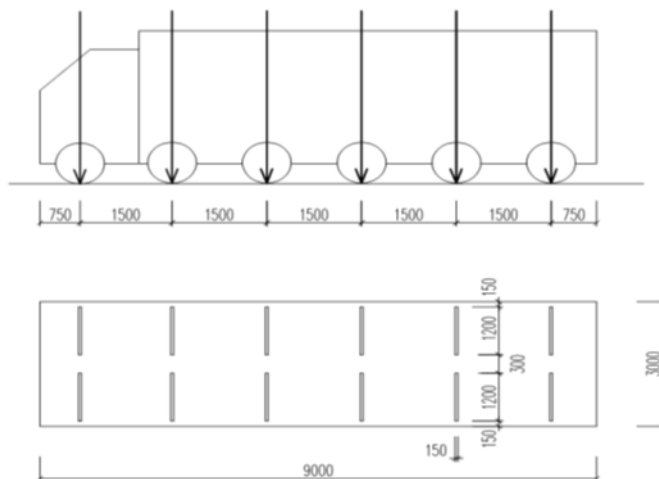
kde: W_n je normálna zaťažiteľnosť v kN,
 $W_{n,rep}$ je tiaž reprezentatívneho vozidla pre normálnu zaťažiteľnosť v kN,
 $W_{n,rep} = 320 \text{ kN}$.

Zaťažiteľnosť na jednu nápravu sa stanovuje v odôvodnených prípadoch podľa čl. 9.2 v TP 104. Jej opodstatnenosť určuje zhotoviteľ projektovej dokumentácie alebo zhotoviteľ náhradnej dokumentácie, prípadne správca objektu. Ako model jednonápravového zaťaženia sa použije zaťažovací model 2 (LM2) podľa čl. 4.3.3 v STN EN 1991-2. Uvažuje sa kolesová plocha jednonápravového vozidla podľa čl. 2.15 STN EN 1991-2/NA1.

Výhradná zaťažiteľnosť sa stanoví ako najvyššia prípustná hmotnosť jediného vozidla na moste. Model vozidla pre výhradnú zaťažiteľnosť zodpovedá triede zvláštnych vozidiel 900/150 podľa STN EN 1991-2, čl. A.2(1) (pozri obr. 3.1). Výhradné zaťaženie sa kombinuje len so zaťažením pešou a cyklistickou dopravou. Dynamický súčiniteľ výhradného zaťaženia sa uvažuje pomocou vzťahu:

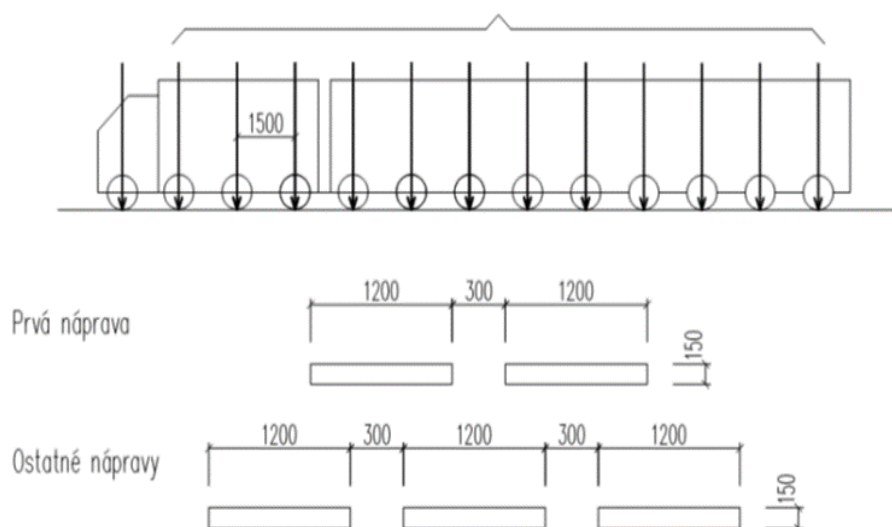
$$\varphi = 1,4 - \frac{L}{500}, \text{ ale } \varphi \geq 1,0, \quad (3.4)$$

kde: φ je dynamický súčiniteľ výhradného zaťaženia dopravou,
 L je ovplyvnená dĺžka (m).



Obr. 3.1 Zaťažovací model na stanovenia výhradnej zaťažiteľnosti podľa TP 104

Výnimočná zaťažiteľnosť sa stanoví ako najvyššia prípustná hmotnosť vozidla, ktoré je definované zaťažovacím modelom vozidla pre výnimočnú zaťažiteľnosť a zodpovedá triede zvláštnych vozidiel 3000/240 podľa A.2(1) v STN EN 1991-2. Schéma vozidla je na obr. 3.2. Umiestnenie vozidla na moste sa riadi článkom NA.2.16 v STN EN 1991-2/NA1.



Obr. 3.2 Zaťažovací model na stanovenie výnimočnej zaťažiteľnosti podľa TP 104

Podľa spôsobu stanovenia zaťažiteľnosti sa táto potom označuje takto:

- V – zaťažiteľnosť stanovená podrobným prepočtom,
- K – zaťažiteľnosť stanovená kombinovaným postupom, t. j. podrobným prepočtom z náhradnej dokumentácie získanej na základe náhradnej analýzy konštrukcie podľa kapitoly 6 v TP 104,
- Z – zaťažiteľnosť stanovená podľa iných predpisov.

Podrobným prepočtom mostného objektu sa rozumie postup stanovenia zaťažiteľnosti analýzou mostného objektu (pozri STN EN 1990) rešpektujúc zásady TP a príslušných STN a STN EN, na ktoré sa TP odvolávajú.

Kombinovaný postup stanovenia zaťažiteľnosti pomocou náhradnej analýzy sa môže použiť v prípade mostov zo železobetónu, spriahnutých ocelobetónových mostov a v ojedinelých prípadoch i mostov z predpätého betónu, pri ktorých sa nezachovala projektová dokumentácia. Jeho cieľom je určiť predpokladané vystuženie betonárskou, prípadne predpínacou výstužou v tých častiach konštrukcie, kde nie je možné zistiť vystuženie bežnými diagnostickými metódami. Pri náhradnej analýze je dôležité poznať rok uvedenia mosta do prevádzky, prípadne roky, keď bol mostný objekt opravovaný, pričom pri oprave došlo k staticky významným zmenám (rozšírenie, zosilnenie). Ako podklady sa použijú normy a predpisy platné v čase bezprostredne pred výstavbou, prípadne opravou objektu.

Výpočtový model konštrukcie sa určí na základe zistených rozmerov a na základe prieskumu sa určia podmienky uloženia a väzby prvkov. Globálnou analýzou sa stanoví priebeh vnútorných síl a v rozhodujúcich prierezoch sa nadimenzuje plocha výstuže v súlade s platnými normami a predpismi v čase návrhu objektu. Stanovené dimenzie prierezov a výstuže sa použijú pri výpočte zaťažiteľnosti kombinovaným postupom.

3.3 Súčasný stav v zahraničí

V zahraničí sa metodika určovania zaťažiteľnosti riešila v rámci systémového prístupu k hodnoteniu mostných objektov formou vytvárania Systémov hospodárenia s mostami (SHM) – Bridge Management System. Jednými z prvých krajín, ktoré začali vytvárať vlastné SHM a dosiahli v ňom výrazný pokrok, sú Dánsko a Švédsko, ku ktorým sa postupne pripájalo Portugalsko, Slovinsko, Francúzsko, Rakúsko, Slovensko, Česká republika a pod. Od roku 1998 sa v rámci európskeho 4. rámcového programu začal vytvárať systém na celoeurópskej úrovni - BRIME (Bridge Management in Europe). Zahŕňa vytváranie databáň mostov v celej Európe. Do tohto programu sa postupne zapájali krajiny ako Veľká Británia, Nemecko, Španielsko, Francúzsko, Nórsko a Slovinsko. Podobne sa aj na americkom kontinente vytvárali podobné systémy. Hlavnými úlohami pri hospodárení s mostami sú:

- a) zber a inventarizácia dát,
- b) prehliadky,
- c) zhodnotenie technického stavu a overenie spoľahlivosti,
- d) návrh prípadnej formy rehabilitácie - oprava, rekonštrukcia,
- e) definovanie priorít a objektívne prerozdeľovanie finančných prostriedkov.

Z pohľadu zamerania tejto RÚ sú podstatné moduly hodnotenia mostov. V zásade sa vo všetkých už existujúcich BMS aplikujú dva spôsoby hodnotenia existujúcich mostných objektov. Prvý spôsob vychádzal z myšlienky „okamžitého ohodnotenia“ mostného objektu na základe výsledkov dohliadacej činnosti používajúc rôzne klasifikačné postupy. V mnohých prípadoch ide o metódy s výrazným podielom subjektívnej formy hodnotenia aplikujúce rôzne postupy zohľadnenia zistených porúch na spoľahlivosť mostnej sústavy - „Condition Rating“ v Slovinsku, metóda „Defects Rating“ v Portugalsku, metóda stupňa poškodenia v Brazílii, systémy SMOK v Poľsku a IQOA vo Francúzsku a pod. (Vičan, Koteš, 2018). Klasifikačné prístupy sa používali najmä pri hodnotení betónových mostov na pozemných komunikáciách, nakoľko vzhľadom na ich vysoký počet nebola možnosť aplikovať objektívnejší postup založený na stanovení zaťažiteľnosti.

Druhý spôsob vychádza z myšlienky spoľahlivostného hodnotenia mostného objektu, tzv. „reliability-based evaluation“. V tomto prístupe sa ako základný hodnotiaci parameter preferuje spoľahlivosť, ktorá sa pri existujúcich mostoch vyjadruje ich zaťažiteľnosťou. Takéto hodnotenie predstavuje spoľahlivostné posúdenie existujúceho mostného objektu, ktoré

zohľadňuje jeho aktuálny technický stav, vrátane všetkých porúch a poškodení zistených metódami technickej diagnostiky. Realizácia tohto prístupu hodnotenia je závislá od schopnosti a možnosti vyjadriť vplyv chýb a porúch mostných prvkov na celkovú spoľahlivosť celého systému, najmä na vyjadrení jeho zvyškovej životnosti. Ak okrem zaťažiteľnosti do hodnotenia premietneme aj vplyv aktuálneho priestorového usporiadania na moste a pod mostom, vplyv významu mosta z pohľadu intenzity dopravy a jeho dĺžky, ako aj finančné vyjadrenie nákladov na potrebné opravy alebo rekonštrukcie, môžeme získať zatiaľ najobjektívnejší spôsob hodnotenia existujúcich mostov.

Spôľahlivostný spôsob hodnotenia mostných objektov je najviac uprednostňovaný americkou a kanadskou spoľahlivostnou školou. Je opísaný v prácach Nowaka (*Nowak, A.S., 1995*), Frangopola (*Frangopol, D.M., Estes, A.C., 1997*), Allena (*Allen, D.E., 1992*), Barletta (*Bartlett, F.M. at all, 1992*) a iných. Výstupy ich výskumov a analýz boli zohľadnené v normách, a to v kanadskej norme CAN/CSA-S6-88, alebo v ontárijскеj norme Ontario Highway Bridge Design Code (OHBDC). Tieto normy boli progresívne vzhľadom na dobu, kedy boli vydané, najmä z pohľadu diferenciácie spoľahlivosti. Jednak rozlišovali modifikovanú úroveň spoľahlivosti pre existujúce mosty v porovnaní s novo projektovanými, jednak definovali aj rozdielne úrovne spoľahlivosti prvkov mostov podľa ich významu v celom systéme. Zrejme išlo o prvé normy na svete, ktoré mali zavedenú takúto diferenciáciu úrovně spoľahlivosti.

Veľká pozornosť sa problematike určovania zaťažiteľnosti mostných objektov venovala a venuje v susednej Českej republike. Ide o tradíciu z čias spoločných československých noriem a predpisov. Z tohto obdobia bola základným a významným predpisom pre určovanie zaťažiteľnosti mostov pozemných komunikácií ON 73 6220 (1976), jej zmena a) (1983) a najmä zmena b) (1992), ktorá nadväzovala na normu ČSN 73 6203 (1987). Predchodcom ON 73 6220 z roku 1976 bola odborová norma rovnakého značenia z roku 1964 a nástupcom tejto základnej normy bola ČSN 73 6220 z roku 1996, teda norma, ktorá platila už len na území ČR. ON 73 6220 z roku 1964 mala zavedené tri druhy zaťažiteľností, t. j. normálnu, výhradnú a výnimočnú. Normálna zaťažiteľnosť sa stanovovala pre zaťažovací model skupiny dvojnápravových vozidiel s rázvorom náprav 3,0 m, idúcich za sebou s odstupmi po 3,0 m. V priečnom smere sa uvažovalo toľko radov vozidiel, koľko sa zmestilo medzi zvýšené obrubníky, pričom šírka jedného pruhu bola daná hodnotou 2,50 m a odstup pruhov bol 0,50 m. Výhradnú zaťažiteľnosť definoval model trojnápravového vozidla 6,00 m x 3,00 m s rázvorom náprav po 1,50 m a výnimočná zaťažiteľnosť sa určila z výhradnej zaťažiteľnosti jej prenasobením koeficientom 1,82. Zaťažiteľnosť sa určovala v zásade analýzou existujúceho mosta, prípadne pomocou zaťažovacej skúšky. Bola uvažovaná aj možnosť stanovenia zaťažiteľnosti odhadom pomocou empirického vzorca. Stanovená hodnota zaťažiteľnosti sa upravovala súčiniteľom stavebného stavu α , ktorý bol normou definovaný podľa klasifikácie mosta na základe jeho stavebného stavu.

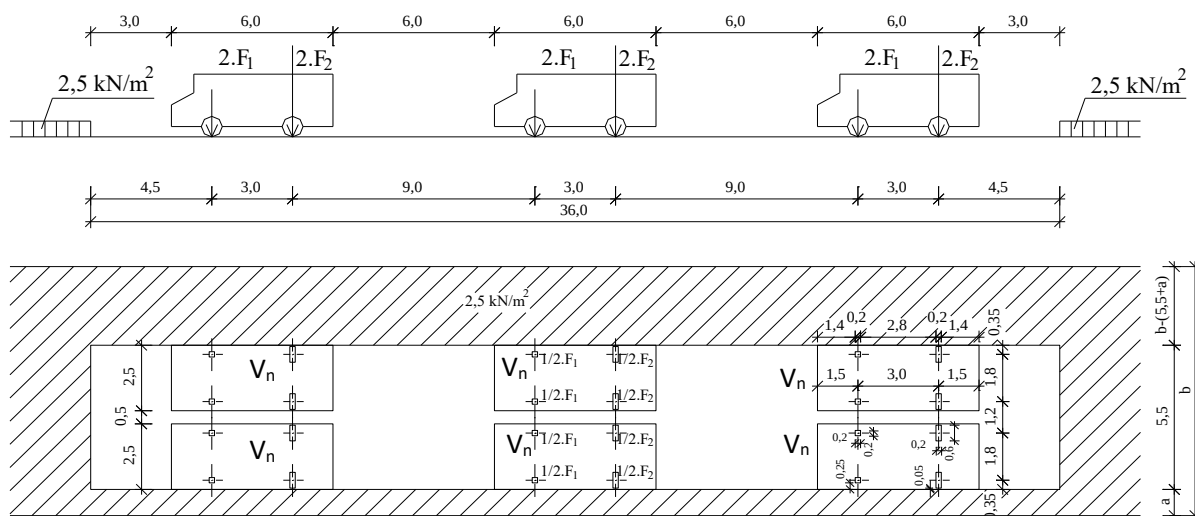
ON 73 6220 z roku 1976 prevzala z normy z roku 1964 všetky druhy zaťažiteľností vrátane zaťažovacieho modelu trojnápravového vozidla. Dvojnápravové vozidlo bolo vylúčené, takže normálna zaťažiteľnosť sa určovala z výhradnej zaťažiteľnosti, ako:

$$V_n = 0,45V_v \text{ resp. } V_n = 80p, \quad (3.5)$$

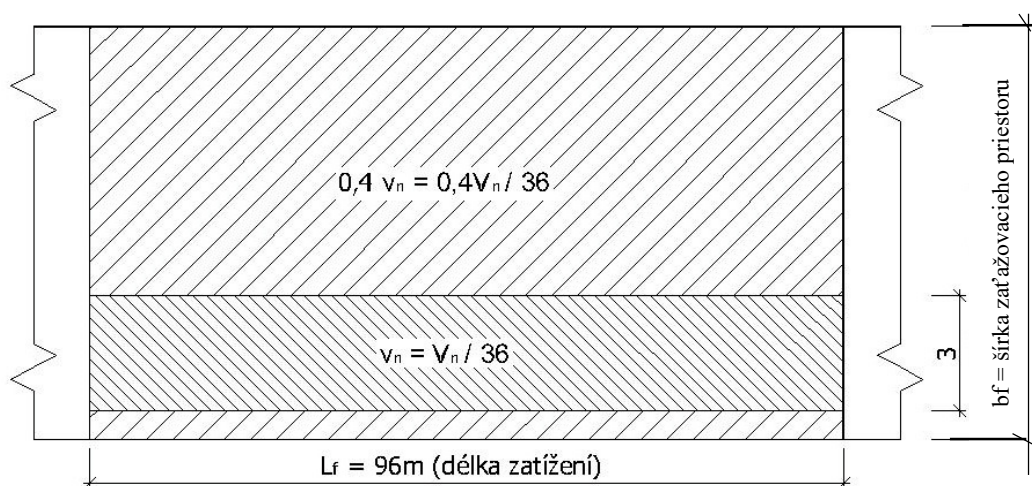
kde p je rovnomerné zaťaženie zoskupenia zaťaženia II, ktoré zaviedla zmena a) k ČSN 73 6203 (1976). Výnimočná zaťažiteľnosť sa určila z modelu trojnápravového vozidla prenasobením výhradnej zaťažiteľnosti koeficientom 1,67. Postupy stanovenia zaťažiteľností boli rovnaké ako v norme z roku 1964. Rovnako sa postupovalo aj pri zohľadňovaní porúch a poškodení mostných objektov pomocou súčiniteľa stavebného stavu α .

Zmena a) k ON 73 6220 z roku 1983 zaviedla zrejme prvýkrát zásadu určovania zaťažiteľnosti z rovnakých zaťažovacích modelov, ako sa navrhovali novo projektované mosty.

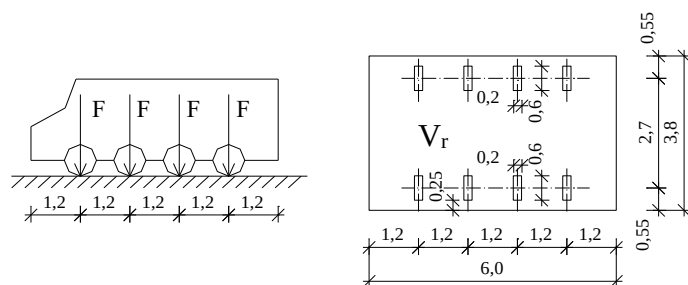
Nadväzovala tak na zaťažovacie modely definované v ČSN 73 6203 z roku 1976, neskoršie označované ako zoskupenie zaťaženia I (ZZ1), resp. zoskupenie zaťaženia II (ZZ2) pre normálne zaťaženie cestnou dopravou a model štvornápravového vozidla pre stanovenie výhradnej zaťažiteľnosti (pozri obr. 3.3 až 3.5).



Obr. 3.3 Zoskupenie zaťaženia I



Obr. 3.4 Zoskupenie zaťaženia II



Obr. 3.5 Zaťažovací model štvornápravového vozidla

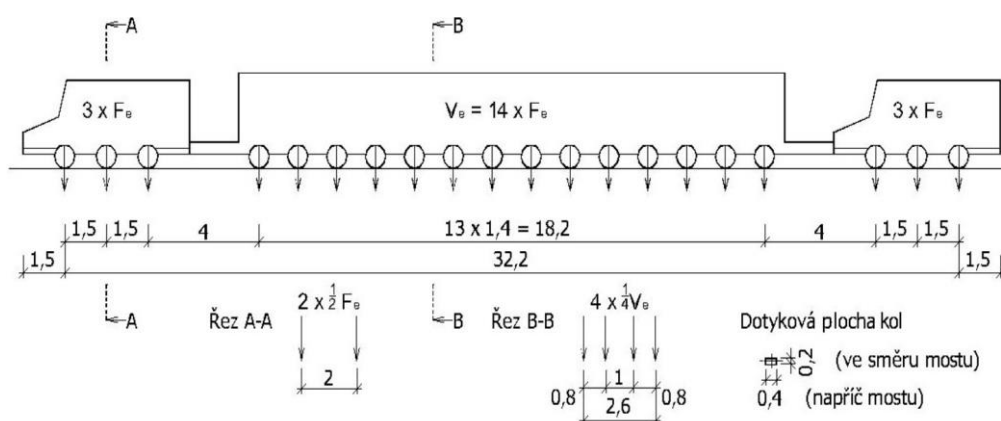
Zaťažiteľnosť sa odporúča stanovovať v zásade analýzou existujúceho mosta, prípadne overiť jej hodnotu pomocou zaťažovacej skúšky. Bola ponechaná možnosť určiť

zaťažiteľnosť odhadom pomocou empirického vzorca, ktorý však bol v tejto zmene a) výrazne zdokonalený oproti pôvodnej verzii z roku 1964. Takisto vplyv stavebného stavu sa mohol zohľadniť pomocou súčiniteľa stavebného stavu α .

V zmene b) z roku 1992 boli rešpektované predchádzajúcou zmenou a) zavedené zaťažovacie modely pre stanovenie jednotlivých druhov zaťažiteľností. Boli spresnené možnosti postupov určovania zaťažiteľností s označením spôsobu stanovenia zaťažiteľností písmenom:

- a) P – zaťažiteľnosť prevzatá z projektovej dokumentácie pri mostoch navrhnutých podľa ČSN 73 6203 (1986),
- b) V – zaťažiteľnosť stanovená podrobným prepočtom,
- c) T – zaťažiteľnosť stanovená pomocou tabuliek,
- d) O – zaťažiteľnosti stanovená odhadom.

Pre stanovenie výnimočnej zaťažiteľnosti bol zavedený model štrnásťnápravového podvalníka podľa obr. 3.6.



Obr. 3.6 Zaťažovací model zvláštnej súpravy pre určenie výnimočnej zaťažiteľnosti podľa ČSN 73 6220

V roku 1996 bola v ČR vydaná česká norma ČSN 73 6220 (1996), ktorá nahradila zrušenú odborovú normu. Všetky zaťažovacie modely uvedené v zmene a) aj b) k ON 73 6220 boli prevzaté do tejto normy. Takisto aj jednotlivé druhy zaťažiteľností s tým, že bola bližšie špecifikovaná výhradná zaťažiteľnosť, a to ako hmotnosť štvornápravového vozidla, ak:

- a) rozpätie pozdĺžneho prvku konštrukcie je väčšie ako 10 m,
- b) rozpätie pozdĺžneho prvku konštrukcie je menšie ako 10 m a maximálna (prípustná) hmotnosť jediného štvornápravového vozidla je väčšia ako 50 t.

V ostatných prípadoch sa výhradná zaťažiteľnosť stanovovala ako maximálna prípustná hmotnosť jediného dvojnápravového vozidla podľa obr. 3.3. Ak by vyšla hmotnosť tohto jediného dvojnápravového vozidla väčšia ako 16 t, potom sa výhradná zaťažiteľnosť stanovila ako maximálna prípustná hmotnosť jediného trojnápravového vozidla (zadná náprava dvojnápravového vozidla sa rozdelí na dve nápravy s rázvorom náprav 1,2 m). Výhradná zaťažiteľnosť stanovená pre dvojnápravové alebo trojnápravové vozidlo sa označovala ako "reálna" výhradná zaťažiteľnosť.

Pri stanovovaní normálnej alebo výhradnej zaťažiteľnosti sa uvažovalo aj zaťaženie pešou a cyklistickou dopravou. Zaťažiteľnosť sa povoľovalo stanoviť nasledovne:

- a) P – zaťažiteľnosť prevzatá z projektovej dokumentácie pri mostoch navrhnutých podľa ČSN 73 6203 (1986),
- b) V – zaťažiteľnosť stanovená podrobným prepočtom,
- c) S – zaťažiteľnosť stanovená porovnávacím prepočtom,

- d) T – zaťažiteľnosť stanovená pomocou tabuliek,
- e) O – zaťažiteľnosti stanovená odhadom.

Oproti predchádzajúcim postupom, bol zavedený spôsob stanovenie zaťažiteľnosti porovnávacím prepočtom. Stanovenie zaťažiteľnosti porovnávacím prepočtom vychádza z podmienky rovnosti rozhodujúcej statickej veličiny (vrátane dynamických účinkov) od zaťaženia podľa predpisu platného v čase návrhu mostného objektu a podľa ČSN 73 6220. Pri porovnávacím prepočte bolo možno zohľadniť vývoj hodnôt dovolených namáhání materiálov ocelových a betónových mostov pomocou súčiniteľa β podľa tabuľky 3.1.

Tab. 3.1 Hodnoty súčiniteľa β (podľa TP 200)

Predpis	1887	1904	1923	1937	1945	1951	1953	1968	1976
Ocelové mosty	1,59		1,76	1,15		1,07			1,00
Železobetonové mosty	1,33			1,00					

K odhadu zaťažiteľnosti sa nepoužíval empirický vzťah, ale odhadové tabuľky zaťažiteľností v pozdĺžnom aj priečnom smere spracované v norme, ktoré sa mohli aplikovať len vtedy, keď nebolo možné používať tabuľky zaťažiteľností pre konštrukcie z typizovaných prefabrikovaných prvkov a železobetónové monolitické dosky. Zaťažiteľnosť odhadnutá mala iba obmedzenú platnosť, najviac 2 roky.

Posúdenie stavebného stavu mostného objektu z hľadiska zaťažiteľnosti sa zohľadnilo buď odborným posudkom alebo odhadom. V prípade odborného posudku konštrukcie sa vykonala úprava predpokladov prepočtu mosta (statickej schémy konštrukcie, charakteristík prierezov a materiálov). Pri odhade stavebného stavu konštrukcie sa redukovala výsledná hodnota zaťažiteľnosti súčiniteľom stavu konštrukcie α .

ČSN 73 6220 platí pre mostné objekty navrhnuté pred implementáciou európskych noriem do sústavy českých technických noriem. K tejto norme boli v ČR vydané aj TP 200 (2008), ktorých úlohou bolo umožniť zistenie predpisov, či noriem, podľa ktorých bol mostný objekt v minulosti navrhnutý. Uvádza chronologicky všetky normy a predpisy, ktoré sa môžu pri určovaní zaťažiteľnosti mostného objektu použiť. Postup určenia zaťažiteľnosti sa však riadi vždy normami a predpismi platnými len v čase realizácie prepočtu. TP 200 dáva k dispozícii pomôcky na určenia zaťažiteľnosti formou tabuliek umožňujúcich stanoviť zaťažiteľnosť odborným odhadom.

V roku 2013 bola v ČR zavedená ČSN 73 6222, ktorá už rešpektuje zavedenie európskych noriem do sústavy českých technických noriem. Teda rešpektuje zaťažovacie modely zavedené v EN 1991-2 a prevzaté do ČSN EN 1991-2. Norma upravuje a postupy určovania zaťažiteľností mostov pozemných komunikácií takto:

- a) podrobným prepočtom (označenie V),
- b) kombinovaným postupom (označenie K),
- c) spôsobmi podľa osobitných predpisov (označenie Z).

Uvedené postupy sú v súlade aj s TP 104 vydanými v SR v roku 2017. Zaťaženia a materiálové charakteristiky mostov sa uvažujú podľa príslušných ČSN EN spresnené podľa ustanovení ČSN 73 6222.

Podrobný prepočet zaťažiteľnosti sa vykonáva podľa platných ČSN EN pre zaťaženie a navrhovanie mostov, doplnených o ustanovenie ČSN 73 6222. Vstupné veličiny pre podrobný statický výpočet sa uvažujú takto:

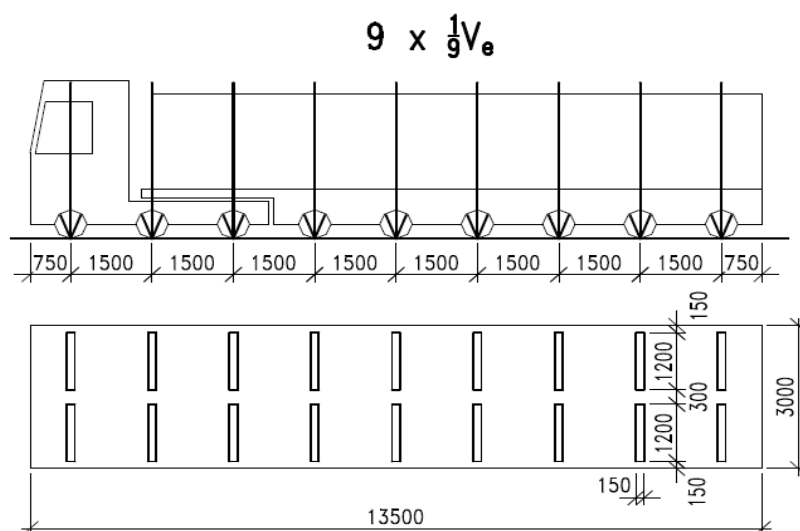
- a) geometrické parametre - rozmery a počty prvkov (vrátane výstuže) hodnotami zistenými diagnostickým prieskumom mosta; ak je k dispozícii dokumentácia skutočného vyhotovenia stavby a ak nedošlo v priebehu doterajšieho užívania mosta

- k zmene rozmerov, zavádzajú sa do výpočtu menovité rozmery podľa pôvodnej dokumentácie, popr. upravené na základe diagnostického prieskumu mosta;
- b) zaťaženie podľa ČSN 73 6222;
 - c) charakteristiky materiálov podľa ČSN 73 6222.

Kombinovaný postup sa vykonáva podľa opisu v kapitole 5.2 tejto RÚ.

ČSN 73 6222 zavádza opäť tri druhy zaťažiteľností, t. j. normálnu, výhradnú a výnimočnú. Normálna zaťažiteľnosť sa stanovuje ako hmotnosť dvojnápravového vozidla, určená z tiaže zadnej nápravy, za ktorú sa považuje tandemový systém LM1. Pritom sa zohľadňuje rovnomerné zaťaženie v hodnote $2,5v_n$ v zaťažovacích pruhoch 1 a 2, zatiaľ čo v ostatných pruhoch len rovnomerné zaťaženie v_n . V zaťažovacích pruhoch 1 a 2 sa predpokladá tandemový systém tiaže $V_{aw,1} = 2 \times 50v_n$, v pruhoch 3 a 4 sa uvažuje s polovičnou hodnotou $V_{aw,1} = 50v_n$. Výsledkom prepočtu je na základe rozhodujúceho medzného stavu relevantného konštrukčného prvku a jeho zodpovedajúcej odolnosti vypočítaná hodnota v_n (kNm^{-2}). Z nej sa stanoví $V_{aw,1}$ (kN) a hodnota normálnej zaťažiteľnosti V_{nw} sa definuje ako $4/3$ násobok $V_{aw,1}$ (kN). Výsledná hodnota normálnej zaťažiteľnosti je daná len prepočtom kN na tony, v ktorých sa zaťažiteľnosť zvykne udávať.

Výhradná zaťažiteľnosť nemá v EN 1991-2 zaťažovací model a ani sa v európskych normách neuvažuje. ČSN 73 6222 preto navrhuje pre výhradnú zaťažiteľnosť model šesťnápravového vozidla podľa obr. 3.1. Výnimočnú zaťažiteľnosť odporúča stanoviť z modelu zvláštneho vozidla v podobe deväťnápravového vozidla podľa obr. 3.7.



Obr. 3.7 Zaťažovací model výnimočného zaťaženia podľa ČSN 73 6222

ČSN 73 6222 definuje aj hodnoty brzdných a rozjazdových síl a hodnoty odstredivej sily, a to odlišne od ČSN EN 1991-2. Uplatňuje najmä pri brzdných a rozjazdových silách pomerne veľkú úľavu. Udáva aj hodnoty dynamických súčiniteľov v závislosti od druhu zaťažiteľnosti a prvej vlastnej frekvencie nosnej konštrukcie mosta.

Podstatné z pohľadu postupu analýzy mosta pre stanovenie zaťažiteľnosti je odmietnutie zaťažiteľnosti pomocou empirických vzťahov. Podobne aj súčiniteľ stavebného stavu mosta zohľadnenie porúch a poškodení mosta v určenej zaťažiteľnosti sa v norme už neuvádza.

Opis vývoja predpisov a noriem pre určovanie zaťažiteľnosti mostných objektov na pozemných komunikáciách u nás aj v zahraničí poukazuje na jeden zásadný rozdiel našich predpisov oproti napríklad kanadskej norme. Ide o diferenciaciu úrovne spoľahlivosti, ktorá sa aplikuje pri určovaní zaťažiteľnosti existujúcich mostov v porovnaní s novo navrhovanými mostami. Uvedená norma dokonca diferencuje aj úroveň spoľahlivosti konštrukčných prvkov

v závislosti od ich významu v celom systéme a dopadu jeho poruchy na spoľahlivosť celej konštrukcie. Tento fenomén nebol v našich predpisov pre určovanie zaťažiteľnosti mostov pozemných komunikácií doteraz uvažovaný. Preto sa v nasledujúcej kapitole sústredíme na tento problém konkrétnejšou analýzou.

3.4 Úroveň spoľahlivosti existujúcich mostných objektov

Všeobecne je rozšírený názor, že je potrebné rozlišovať metodiku overovania spoľahlivosti nových mostných objektov od metodiky overovania spoľahlivosti existujúcich mostov. Zásadný rozdiel je v dostupnosti informácií o existujúcej konštrukcii, nakoľko je už postavená a je v exploatacii, čo v prípade novo navrhovaných objektov nemáme k dispozícii. Pri návrhu novej konštrukcie je nutné rešpektovať úroveň spoľahlivosti danú indexom spoľahlivosti závislým od návrhovej životnosti. V STN EN 1990 bola táto úroveň stanovená hodnotou $\beta = 3,80$, ktorá platí pre návrhovú životnosť 50 rokov. Mosty sa navrhujú na návrhovú životnosť 100 rokov, teda správne by mala pre túto životnosť platiť hodnota $\beta = 3,65$. Pre mosty sa však v STN EN 1990 aplikuje tiež index spoľahlivosti $\beta = 3,80$. V prípade existujúcich mostných objektov sa určuje zaťažiteľnosť nie na návrhovú životnosť, ale na jej zvyškovú hodnotu, príp. na dobu do ďalšieho prepočtu mostného objektu. Všeobecne sa má zaťažiteľnosť určovať v týchto prípadoch:

- a) ak jej aktuálna hodnota nie je známa,
- b) ak sa očakáva zmena jej aktuálnej hodnoty (napr. v dôsledku zmeny stáleho zaťaženia, po rehabilitačnom zásahu, po mimoriadnej situácii apod.)
- c) ak je dosiahnutie konkrétnej hodnoty zaťažiteľnosti mosta zadávacím parametrom rekonštrukcie mostného objektu,
- d) ako súčasť analýzy každého nového mostného objektu.

Okrem vyššie spomenutej odlišnosti, ktorá ovplyvňuje úroveň hodnoty cieľového indexu spoľahlivosti, je potrebné zohľadniť pri existujúcich mostoch aj ďalšie informácie, ktorými sú:

- možnosť presnejšieho stanovenia hodnôt stálych zaťažení mostného objektu,
- spresnenie hodnôt vlastností materiálov použitých na mostný objekt pomocou materiálových skúšok a zníženie rozptylu pevnostných charakteristík,
- aplikácia kvalitnejšieho a presnejšieho výpočtového modelu mostného objektu na základe výsledkov prehliadok a príp. overenie jeho správania zaťažovacou skúškou,
- možnosť zohľadnenia vo výpočtovom modeli mostného objektu, ako aj v modeloch odolnosti prierezov a prvkov reálne zamerané chyby, degradáciu koróziou, imperfekcie prútov a stien, ako aj iné konštrukčné nedostatky.

Uvedené odlišnosti majú významný vplyv na úroveň spoľahlivosti požadovanú pre jej overovanie pri existujúcich mostných objektoch. Spoľahlivosť existujúceho mostného objektu môže byť potom definovaná ako schopnosť plniť požadované funkcie konštrukcie za bežných podmienok a údržby bez nutných opráv a rekonštrukcií v požadovanom technickom stave počas zvyškovej životnosti mostného objektu.

Základným prostriedkom, ktorým disponuje vykonávateľ prepočtu sú, okrem prípadne dostupnej projektovej dokumentácie mosta, informácie z diagnostiky a z dohliadacej činnosti. Dohliadacia činnosť na mostných objektoch sa realizuje formou pravidelných prehliadok ktorými sa kontroluje najmä aktuálny stav prvkov a častí mostných objektov. Ide teda o významný zdroj informácií, ktoré nie sú dostupné v dobe návrhu mosta. Tým sa prehliadky mostov stávajú významným prvkom celého hodnotiaceho procesu. Otázkou ostáva, ako tieto informácie zapracovať do hodnotenia existujúceho mostného objektu, najmä však ako ovplyvňujú úroveň jeho spoľahlivosti a teda aj jeho zaťažiteľnosť. Touto problematikou sme

sa zaoberali v rámci výskumnej činnosti Katedry stavebných konštrukcií a mostov a podarilo sa aj s poznatkami iných autorov (*Ditlevsen, O. - Madsen, H.O., 1996.*), (*Sørensen, J.D., 2004*), (*Nowak, A.S., 1993*) tento problém vyriešiť (*Koteš, P., Vičan, J., 2012*), (*Koteš, P., Vičan, J., 2013*). Teória, z ktorej sa vychádza, je založená na aktualizácii spoľahlivosti práve v dôsledku nových informácií o existujúcej konštrukcii.

V inžinierskej pravdepodobnostnej metóde (*Mrázik, A., 1987*) sa spoľahlivosť konštrukcie resp. jej prvku hodnotí pomocou rezervy spoľahlivosti, ktorú môžeme vyjadriť ako časovo závislú náhodnú premennú v tvare:

$$g(t) = R(t) - E(t), \quad (3.6)$$

pričom $R(t)$ je zovšeobecnená funkcia časovo závislej odolnosti konštrukčného prvku a $E(t)$ sú časovo závislé náhodne premenné účinky zaťaženia toho istého prvku. Predpokladajme, že konštrukčný prvok bol navrhnutý na návrhovú úroveň spoľahlivosti danú indexom spoľahlivosti β_d pre návrhovú životnosť T_d . Súčasne predpokladajme, že v čase $t_{insp} < T_d$ bola vykonaná prehliadka sledovaného konštrukčného prvku, ktorý nevykazuje prekročenie žiadneho medzného stavu únosnosti. Drobné poškodenia sa uvažujú zohľadniť vo výpočtových modeloch odozvy prvku na zaťaženie a v modeloch jeho odolnosti. Táto pozitívna informácia z realizovanej prehliadky indikuje, že konštrukčný prvok spĺňa nasledovný vzťah:

$$R(t_i) > \max(E(t_i)) \text{ pre } i = 1, \dots, N(t_{insp}), \quad (3.7)$$

kde $R(t_1), R(t_2), \dots, R(t_n)$ pre $i = 1, 2, \dots, n$ je časovo závislá náhodná premenná odolnosť konštrukčného prvku s časovo závislými charakteristikami $m_R(t_i)$ a $s_R(t_i)$. Účinky zaťaženia $E(t_1), E(t_2), \dots, E(t_n)$ sú vzájomne nezávislé s časovo závislými charakteristikami $m_E(t_i), s_E(t_i)$ pre $i = 1, 2, \dots, n$ a nastávajú postupne, ale náhodne v čase, pričom $N(t)$ vyjadruje ich náhodnú početnosť v časovom intervale $(0, t)$. $N(t)$ sa uvažuje ako náhodná premenná s Poissonovým rozdelením s parametrom $\lambda(t)$, ktorý vyjadruje súčasne intenzitu porúch.

Aktualizovaná pravdepodobnosť poruchy $P_{fu}(t)$ konštrukčného prvku v čase (t_{insp}, T) sa potom vyjadří pomocou podmienenej pravdepodobnosti v tvare:

$$P_{fu}(t) = (P_f(T) - P_f(t_{insp})) / (1 - P_f(t_{insp})), \quad (3.8)$$

$$\text{kde: } P_f(T) = \int_{-\infty}^{\infty} \left(1 - e^{-L(t) \left(1 - \int_0^t F_E(x, \tau) \cdot f(\tau) d\tau \right)} \cdot \int_0^t f_R(x, \tau) \cdot f(\tau) d\tau \right) d\tau dx, \quad (3.9)$$

kde: $f_R(x, \tau)$ je funkcia hustoty pravdepodobnosti náhodnej premennej odolnosti $R(t_i)$,

$F_E(x, \tau)$ je distribučná funkcia náhodných premenných účinkov zaťaženia $E(t_i)$,

$L(t)$ je parameter Poissonovho rozdelenia daný výrazom:

$$L(t) = \int_0^t \lambda(\tau) d\tau, \quad (3.10)$$

$f(\tau)$ je rozdelenie časových úsekov t_i , v ktorých nastávajú účinky zaťaženia $E(t_i)$ a je daný rovnicou:

$$f(x) = \frac{\lambda(x)}{L(t)} \text{ pre } x \in \langle 0, t \rangle, \\ f(x) = 0 \quad \text{okrem } x \in \langle 0, t \rangle. \quad (3.11)$$

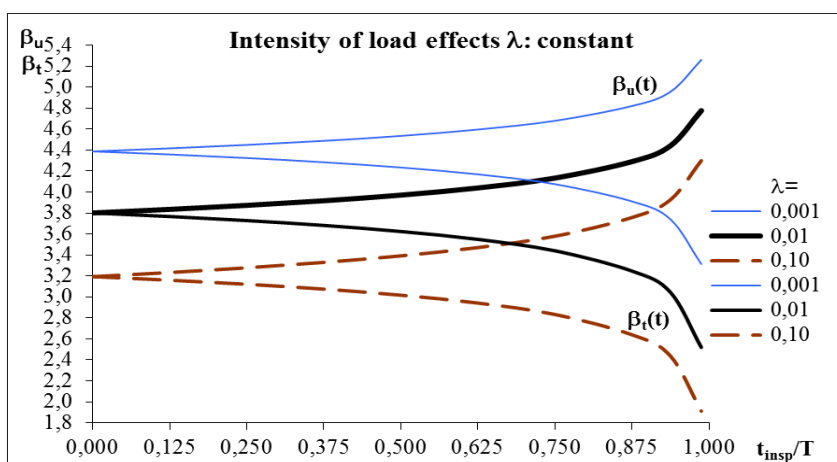
Pravdepodobnosť poruchy $P_{fu}(t_{insp})$ pre čas realizácie prehliadky sa vyjadří tiež z rovnice (3.9), pričom za T sa dosadí čas $T = t_{insp}$.

Potom je možné stanoviť zodpovedajúci aktualizovaný index spoľahlivosti $\beta_u(t)$ konštrukčného prvku pre jeho zvyškovú životnosť ($t_{insp}, T=T_d$) v známom tvare:

$$\beta_u(t) = -\Phi^{-1}(P_{fu}(t)). \quad (3.12)$$

S uvažovaním vzťahu (3.8) bude aktualizovaný index spoľahlivosti $\beta_u(t)$ väčší ako jeho návrhová hodnota β_d . Tento fakt je možné využiť dvoma spôsobmi. Buď môžeme uvažovať s vyššou návrhovou životnosťou konštrukčného prvku, alebo je možné stanoviť hodnotu cieľového indexu spoľahlivosti $\beta_t(t)$ pri overovaní spoľahlivosti prvku počas jeho zvyškovej životnosti ($T_d - t_{insp}$), ktorý bude nižší, nakoľko efekt prehliadky sa prejaví zvýšením spoľahlivosti v dôsledku informácie získanej výrazom (3.7). Zmena aktualizovaného indexu spoľahlivosti $\beta_u(t)$, ako aj zmena cieľového indexu spoľahlivosti $\beta_t(t)$ konštrukčného prvku, sú závislé od času realizácie prehliadky mostného objektu a od parametra λ , čo je zrejme aj z obr. 3.8, kde je evidentný nárast aktualizovaného indexu spoľahlivosti $\beta_u(t)$ s časom realizácie prehliadky a súčasne pokles cieľového indexu spoľahlivosti $\beta_t(t)$.

Úroveň spoľahlivosti daná pravdepodobnosťou poruchy $P_{ft}(t)$ resp. zodpovedajúcim indexom spoľahlivosti $\beta_t(t)$ závisí od celkovej zvyškovej životnosti konštrukčného prvku ($T_d - t_{insp}$). Konštrukcia je však hodnotená zvyčajne na kratší čas, ako je jej zvyšková životnosť, napríklad, ak nevyhovuje jej zaťažiteľnosť pre celú časovú periódu ($T_d - t_{insp}$).



Obr. 3.8 Priebehy aktualizovaného $\beta_u(t)$ a cieľového $\beta_t(t)$ indexu spoľahlivosti v závislosti od doby realizácie prehliadky a intenzity porúch

V tom prípade je vhodnejšie hovoriť o plánovanej zvyškovej životnosti, ktorá môže byť časovo obmedzená na určitú vopred stanovenú dobu. Potom je možné opäť aplikovať už opísaný teoretický prístup s tým, že čas T sa nahradí stanoveným časovým intervalom, ktorý môžeme definovať ako plánovanú zvyškovú životnosť t_r . Uvedená úprava teoretického prístupu je zaujímavá pre správcov, nakoľko takto aplikovaný prístup k spoľahlivosti konštrukčného prvku existujúceho mosta mu poskytuje hodnotu zvyškovej životnosti prvku v dôsledku nedostatočnej odolnosti zodpovedajúcej podmienke príslušného medzného stavu únosnosti a umožňuje mu tak pripraviť sa na prípadnú rekonštrukciu. Detailnejší opis teoretického prístupu k stanoveniu hodnôt cieľového indexu spoľahlivosti $\beta_t(t)$ prvkov existujúcich mostných objektov je uvedený napr. v (Koteš, P., Vičan, J., 2012) alebo (Koteš, P., Vičan, J., 2013).

Hodnoty cieľových indexov spoľahlivosti $\beta_t(t)$ posudzovaného prvku existujúceho mostného objektu stanovené v závislosti od času realizácie prehliadky a plánovanej zvyškovej životnosti sú uvedené v tab. 3.2.

Tieto hodnoty rešpektujú základnú úroveň spoľahlivosti danú v STN EN 1990 a môžu sa použiť na presnejšie stanovenie návrhových hodnôt účinkov zaťaženia a odolností prierezov a prvkov existujúcich mostných objektov pomocou ich charakteristických hodnôt a príslušných parciálnych súčiniteľov účinkov zaťaženia a odolností prierezov a prvkov, príp. spoľahlivosti materiálov. Bližšie je postup stanovenia hodnôt parciálnych súčiniteľov účinkov zaťaženia a spoľahlivosti materiálov predstavený v prílohe G.

Hodnoty medziľahlých indexov spoľahlivosti je možné interpolovať. Sú k dispozícii údaje aj pre nižšiu zvyškovú životnosť, ako je uvedená v tabuľke 3.2, avšak z hľadiska prípravy rekonštrukcie mosta je potom nedostatočná doba na spracovanie príslušnej dokumentácie. Realizátor prepočtu si zvyškovú životnosť volí. Tým môže regulovať výslednú zaťažiteľnosť, čo je významné pri veľmi starých mostoch. Avšak pri voľbe nízkej zvyškovej životnosti by sa nestihla pripraviť dokumentácia na rekonštrukciu mosta, resp. výstavbu nového mosta.

Tab. 3.2 Hodnoty cieľového indexu spoľahlivosti $\beta_t(t)$ pre hodnotenie existujúcich mostov

Zvyšková životnosť (roky)	Úroveň hladiny spoľahlivosti daná indexom spoľahlivosti $\beta_t(t)$ podľa veku nosného prvku v rokoch (času realizácie prehliadky)								
	10 a menej	20	30	40	50	60	70	80	90 a viac
5	3,358	3,212	3,112	3,035	2,972	2,918	2,871	2,829	2,791
10	3,468	3,356	3,274	3,209	3,155	3,108	3,066	3,029	2,996
20	3,545	3,467	3,405	3,354	3,310	3,271	3,236	3,205	
30	3,576	3,516	3,466	3,424	3,386	3,352	3,322		
40	3,593	3,544	3,502	3,465	3,433	3,403			
50	3,604	3,563	3,526	3,494	3,465				
60	3,611	3,575	3,543	3,515					
70	3,617	3,585	3,557						
80	3,621	3,592							
90	3,624								

Novo projektované mosty sa overujú a zaťažiteľnosť sa určí na základnú úroveň spoľahlivosti platnú pre nové konštrukcie. Je možné zvážiť, že na túto úroveň spoľahlivosti sa bude určovať zaťažiteľnosť do dohodnutého veku mosta, napr. do 30 rokov. Po tejto dobe by sa uplatnil vyššie opísaný postup stanovovania úrovne spoľahlivosti s tým, že sa nastaví hodnoty parciálnych súčiniteľov účinkov zaťaženia a materiálov na zvolenú plánovanú zvyškovú životnosť mostov. Spresnený výpočet hodnôt parciálnych súčiniteľov podľa prílohy G by sa mal aplikovať najmä u starých mostov pre, napr. 5-ročnú plánovanú zvyškovú životnosť.

V tejto kapitole stručne opísaný prístup už bol aplikovaný pri tvorbe predpisov pre určovanie zaťažiteľností železničných mostných objektov v ČR vo forme Metodického pokynu SŽDC (MP 2015) a v SR v podobe Všeobecných technických požiadaviek (VTP 2016).

3.5 Vplyv stavebného stavu mostného objektu a jeho zohľadnenie v prepočtoch

V minulosti v dôsledku problematickej implementácie porúch a poškodení prvkov mostných objektov sa skutkový stavebný stav mosta zohľadňoval pomocou súčiniteľa stavebného stavu α . Ten bol definovaný príslušnými predpismi pre určovanie zaťažiteľnosti a bol stanovený v závislosti od klasifikácie stavebného stavu mosta (1 - bezchybný až 7 – havarijný stav). Klasifikácia bola vykonávaná realizátorom prehliadky a teda jeho zatriedenie bolo subjektívne. S rozšírenými možnosťami výpočtovej techniky a sofistikovaných softvérov

sa otvorili možnosti presnejšie zohľadniť vplyv aktuálneho stavebného stavu mosta na jeho zaťažiteľnosť, a to nielen v modeloch odolností prierezov a prvkov mostných objektov, ale aj v modeloch odozvy konštrukcie na zaťaženia. V tab. 3.3 a 3.4 sú prehľadne zhrnuté základné typy porúch betónových a ocelových mostov spolu s ich príčinami a dôsledkami. Viac informácií o tejto problematike uvádzajú TP 061.

Tab. 3.3 Najčastejšie poruchy betónových mostov

Porucha	Príčina	Dôsledok
Trhliny: - statické - technologické	- Preťaženie (pohyblivým zaťažením, prídavné vrstvy vozovky, nové ťažšie príslušenstvo) - Nerovnomerné a nadmerné sadanie - Obmedzená funkcia ložísk - Objemové zmeny betónu od: - Zmrašťovania betónu - Zmeny teploty - Dotvarovania betónu	- Zníženie odolnosti a zaťažiteľnosti v čase - Skrátenie životnosti
Nadmerný priehyb	- Preťaženie: - dopravné zaťaženie, - dlhodobé účinky stáleho zaťaženia	- Obmedzenie používateľnosti a zaťažiteľnosti
Degradácia betónu	- Agresivita prostredia: - karbonatácia betónu, - difúzia chloridových iónov Cl ⁻ - Znečistenie organ. a chem. látkami - Nízke teploty (zmrazovacie a rozmrazovacie cykly) - Mechanické vplyvy - Technologické chyby	- Zníženie odolnosti a zaťažiteľnosti v čase - Skrátenie životnosti
Korózia výstuže	- Agresivita prostredia - Nedostatočná ochrana krycou vrstvou, nedostatočná injekčná kanálikov - Prítomnosť vody a vlhkosti	- Zníženie odolnosti a zaťažiteľnosti v čase - Skrátenie životnosti - Obmedzenie používateľnosti
Mechanické poškodenie	- Náraz vozidlom	- Zníženie odolnosti - Havária
Nevhodné konštrukčné riešenie	- Nevhodné priestorové usporiadanie - Nevhodný statický systém - Nevhodné riešenie detailov	- Obmedzenie odolnosti, zaťažiteľnosti a používateľnosti

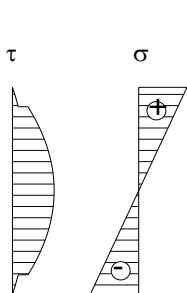
Tab. 3.4 Najčastejšie poruchy ocelových mostov

Porucha	Príčina	Dôsledok
Trhliny	- Únava materiálu - Zdvojenie materiálu - Mechanické poškodenie - náraz - Nevhodný detail, zlá kvalita detailu - Lokálne preťaženie	- Obmedzenie životnosti alebo zaťažiteľnosti - Nepoužiteľnosť, havária
Korózia	- Agresivita prostredia - Nedostatočná protikorózna ochrana - Nevhodný konštrukčný detail a jeho opracovanie	- Zníženie odolnosti - Vznik únavových trhlín

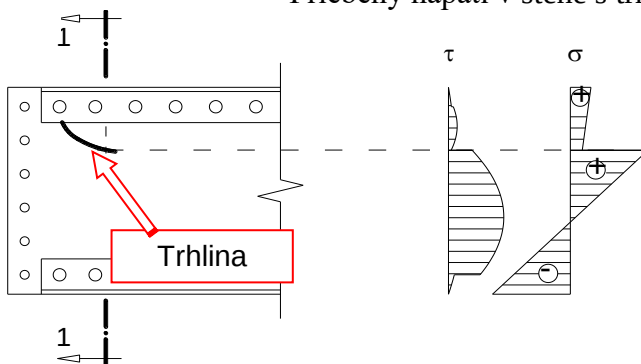
	- Zanedbaná údržba	
Trvalé deformácie	- Mechanické poškodenie - náraz - Plastifikácia materiálu následkom preťaženia	- Zníženie odolnosti - Vznik únavových trhlín - Nepoužiteľnosť, havária
Poruchy ložísk	- Korózia - Znečistenie - Chybný návrh alebo montáž - Nadvihnutie ložiska	- Redistribúcia namáhania do iných prvkov
Uvoľnené spojovacie prostriedky	- Otláčenie materiálu následkom preťaženia - Nevhodné použitie	- Zníženie odolnosti - Vznik únavovej trhliny

Zvyčajne v presnejších analýzach existujúcich mostov sa vplyv porúch zohľadňoval len v modeloch odolností priereзов. V prípade prútov (stabilita) už toto zohľadnenie nebolo jednoduché, pokiaľ nebol k dispozícii kvalitnejší softvér. Je potrebné zdôrazniť, že vplyv aktuálneho stavebného stavu je nutné premietnuť aj do výpočtových modelov globálnej analýzy konštrukcie.

Priebehy napätí v stene bez trhliny



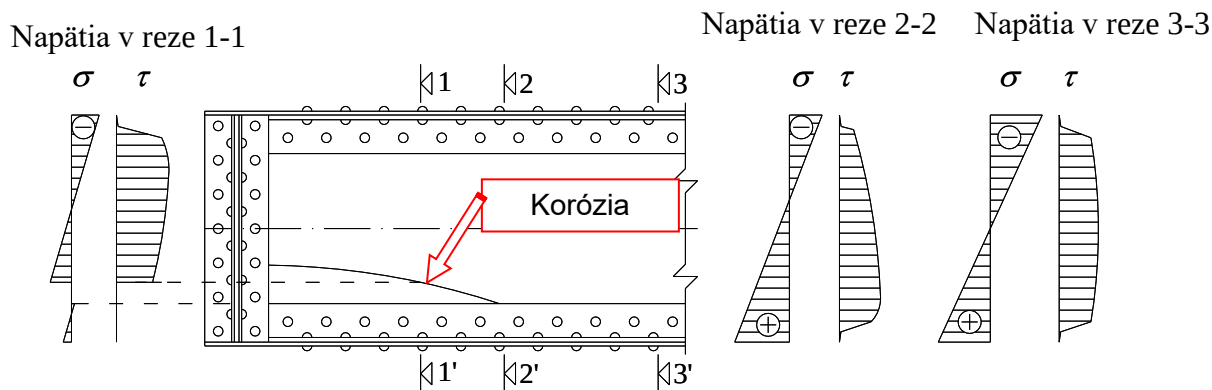
Priebehy napätí v stene s trhlinou



Obr. 3.9 Zmeny napätosti v priereze nosníka s únavovou trhlinou

Ako príklad dôsledku poruchy uvádzame na obr. 3.9 a 3.10 zmenu napätosti v oceľovom konštrukčnom prvku spôsobenú trhlinou v stene (obr. 3.9) resp. rozsiahlou koróziou v stene hlavného plnostenného nosníka (obr. 3.10).

Z uvedených príkladov je zrejmý výrazný vplyv poruchy na redistribúciu napätosti nielen po priereze nosníka, ale aj po jeho dĺžke. Ak zohľadníme vplyv poruchy iba v modeloch odolnosti poruchou postihnutých priereзов, nerešpektujeme pružnostné rozdelenie napätosti po výške prierezu ani jeho redistribúciu po dĺžke. To môže viesť k nekorektným výsledkom analýzy a výslednej zaťažiteľnosti nosníka. Teda zaťažiteľnosť existujúceho mostného objektu sa musí vždy určiť na základe jeho overeného skutočného stavu. Overením aktuálneho stavu mostného objektu prehliadkou sa zisťuje, či údaje a predpoklady v dostupnej dokumentácii mostného objektu zodpovedajú skutočnej situácii.



Obr. 3.10 Zmena napätosti v priereze nosníka v dôsledku výraznej korózie jeho steny

Zistený skutočný stav mostného objektu je nutné porovnať so stavom uvedeným v aktuálnej správe z hlavnej prehliadky mosta. Chýbajúce alebo neúplné údaje je nutné v rámci prehliadky doplniť.

Základným podkladom pre overenie skutočného stavu mostného objektu je dokumentácia mostného objektu. Použitelná je najmä dokumentácia skutočného vyhotovenia mostného objektu alebo pôvodná projektová dokumentácia. Je potrebné zvážiť aj možnosť, že výstavba a úpravy mostného objektu mohli prebiehať po etapách, pričom všetky etapy nemusia byť v dokumentácii uvedené. Užitočnými podkladmi sú aj dokumenty z priebehu výstavby mostného objektu, najmä výsledky skúšok. Tieto informácie je potrebné kriticky zhodnotiť z hľadiska ich vierohodnosti. Overenie skutočného stavu mostného objektu je nutné vykonať pri určovaní zaťažiteľnosti všetkých kategórií v rozsahu primeranom požadovanej kategórii.

V prípade nedostatočných informácií o správaní sa mostného objektu alebo pochybnosti o správnosti zvoleného výpočtového modelu môže byť na základe dohody medzi zadávateľom a spracovateľom prepočtu navrhnuté a vykonané experimentálne overenie formou zaťažovacej skúšky mostného objektu alebo jeho časti, doplnené príp. aj o ďalšie experimentálne analýzy (meranie napätí vo vytypovaných miestach, verifikácia výpočtového modelu pomocou výsledkov modálnej analýzy s použitím koeficientov MAC, COMAC, monitorovanie mostov – TP 076 a pod.).

4 Zaťažiteľnosť mostného objektu

4.1 Základné ustanovenia pre stanovenie zaťažiteľnosti mostných objektov

Zaťažiteľnosť mostného objektu je najväčšia okamžitá hmotnosť každého z vozidiel, ktorých jazdu možno na moste povoliť za podmienok daných normami alebo inými relevantnými predpismi. Identifikuje sa zo súhrnu zaťažiteľností jednotlivých prvkov, resp. častí mostného objektu ako ich najnižšia hodnota.

Zaťažiteľnosť mostného objektu je možné stanoviť týmito postupmi:

- podrobným prepočtom (V),
- kombinovaným postupom (K),
- odborným odhadom pomocou porovnávacieho prepočtu (O).

Základnými podkladmi pre stanovenie zaťažiteľnosti mosta sú:

- pôvodná projektová dokumentácia,
- mostný zošit,
- projektová dokumentácia opravy mosta,
- prepočty zaťažiteľnosti,

- náhradná (ново spracovaná) dokumentácia mosta.

Doplňujúcimi podkladmi pre stanovenie zaťažiteľnosti mosta sú:

- dokumentácie zo zhotovenia mosta (stavebný denník, dodacie listy, protokoly o skúškach materiálov, a pod.),
- záznamy z prehliadok mosta,
- správy z diagnostických prieskumov mosta,
- protokoly zo zaťažovacích skúšok,
- analýzy výsledkov meraní z dlhodobého sledovania mosta.

Prepočtom mostného objektu sa rozumie postup stanovenia zaťažiteľnosti analýzou mostného objektu (pozri STN EN 1990) rešpektujúc zásady príslušných platných predpisov a príslušných platných STN a STN EN. Tento prístup k určovaniu zaťažiteľnosti sa považuje za základný a preferovaný postup. Normy a smernice platné v čase návrhu mostného objektu sa považujú za informatívne podklady.

Prepočet mostného objektu musí vždy obsahovať:

- technickú správu k prepočtu mostného objektu,
- vlastný prepočet mostného objektu,
- prehľad zaťažiteľnosti.

Súčasťou technickej správy k prepočtu mostného objektu má byť najmä:

- základné identifikačné údaje mostného objektu – druh komunikácie, staničenie mosta,
- vymedzenie častí mostného objektu, ktoré sú predmetom prepočtu, resp. vyčlenenie tých častí mostného objektu, ktorých sa prepočet netýka,
- prehľad podkladov použitých pri spracovaní prepočtu mostného objektu vrátane súvisiacich noriem, smerníc a ďalšej použitej literatúry,
- uvedenie kategórie zaťažiteľnosti,
- údaje o základných geometrických parametroch mostného objektu s uvedením zdroja dát,
- údaje o fyzikálne-mechanických vlastnostiach použitých materiálov s uvedením zdroja dát,
- údaje o priestorovom usporiadaní na moste a pod mostom a kvalite vozovky na moste,
- prehľad zistených chýb a porúch mostného objektu,
- upozornenia, ktoré chyby a poruchy mostného objektu nie sú v prepočte zohľadnené, nakoľko sa predpokladá ich odstránenie údržbou alebo opravou,
- podmienky a/alebo odporúčané opatrenia pre ďalšiu prevádzku mostného objektu (spôsob odstránenia chýb alebo porúch, overenie správania sa konštrukcie zaťažovacou skúškou alebo dlhodobým sledovaním, návrh na zosilnenie kritických konštrukčných prvkov a pod.),
- dátum zistenia skutočného stavu mostného objektu,
- základné údaje o použitých softvérových produktoch (názov, verzia, firma, vlastník).

Súčasťou vlastného prepočtu mostného objektu má byť najmä:

- dispozičný výkres mostného objektu,
- prehľad uvažovaných zaťažení a ich začlenenie do jednotlivých zaťažovacích stavov,
- prehľad kombinácií zaťažení uvažovaných pri stanovení zaťažiteľnosti,
- opis výpočtového modelu mostného objektu, ako aj zdôvodnenie jeho výberu, opis okrajových podmienok, uloženia, modelovania prípojev jednotlivých prvkov, zohľadnenie predpätia, ďalej opis zohľadnenia excentricít, prípadných nelinearit, zmien prierezových charakteristík vplyvom korózie a pod.,

- posúdenie a určenie zaťažiteľnosti všetkých rozhodujúcich prvkov a ich prierezov v prehľadnej forme vrátane vyhodnotenia,
- identifikácia a podpis autora prepočtu mostného objektu a osoby, ktorá ho kontrolovala.

Prepočet mostného objektu musí byť kontrolovateľný. Jeho závery by mali byť jasné a poskytovať úplný podklad pre následné vyhodnotenie prevádzkyschopnosti mosta a dopravného značenia na moste.

V prípade prepočtu existujúceho mostného objektu s poruchami, ktoré nebudú odstránené údržbou alebo opravami, je nutné uviesť spôsob zohľadnenia porúch v použitom výpočtovom modeli mostného objektu a v modeloch odolností jeho príslušných prierezov a prvkov. V odôvodnených prípadoch môže byť požiadavkou zadávateľa vykonanie prepočtu mostného objektu s poruchami aj bez nich. Prepočet potom môže slúžiť ako podklad pre rozhodnutie, či pristúpiť k odstráneniu porúch (zvlášť u porúch ťažko odstrániteľných).

Odporúčame vykonávať aj prepočty nových mostov. Keďže sú dimenzované na normové zaťaženie, uvádza sa do mostného listu hodnota tohto normového zaťaženia, čo je aj z dôvodu limitných hodnôt definovaných príslušnou vyhláškou č. 134/2018. Prepočet nového mosta by tak mohol preukázať aj vyššie hodnoty zaťažiteľností vzhľadom na možné rezervy v návrhu prvkov mosta. Tieto by bolo možné využiť pri prejazde nadmerných prepráv, či už z hľadiska normálnej, ale najmä výnimočnej zaťažiteľnosti.

Kombinovaný postup je možné použiť v prípade, kedy k mostnému objektu nie je dostupná dokumentácia a niektoré oblasti konštrukcie nie je možné plnohodnotne diagnostikovať z dôvodu ich technickej nedostupnosti (napr. vedenie káblov nad podperou a pod.). Tento postup sa môže alternatívne uplatniť napr. v prípade betónových a spriahnutých mostov. Zaťažiteľnosť stanovená kombinovaným postupom predstavuje kombináciu podrobného prepočtu, ktorý sa uplatní v častiach konštrukcie, ktoré boli overované technickou diagnostikou a náhradnej analýzy mosta, ktorá sa uplatní, pri určovaní predpokladaného vystuženia betonárskou, prípadne predpínacou výstužou v častiach konštrukcie, kde nie je možné zistiť vystuženie bežnými diagnostickými metódami. Pri náhradnej analýze je dôležité poznať rok uvedenia mosta do prevádzky, prípadne roky, keď bola mostná konštrukcia opravovaná, pričom pri oprave došlo k staticky významným zmenám (rozšírenie, zosilnenie a pod.). Ako podklady sa potom použijú normy a predpisy platné v čase bezprostredne pred výstavbou, prípadne opravou objektu. Možno použiť i pomôcky, ktoré obsahujú údaje o starších normách a predpisoch.

Odborný odhad zaťažiteľnosti porovnaním účinkov zaťaženia je orientačný a nezohľadňuje aktuálny technický stav konštrukcie, pričom sa nestanovuje ani odolnosť. Pri porovnávanom prepočte je dôležité poznať rok uvedenia mosta do prevádzky a geometriu konštrukcie. Týmto postupom sa porovnávajú len účinky premenného zaťaženia, ktoré sa používalo pre dimenzovanie v čase návrhu mosta s účinkami premenného zaťaženia cestnou dopravou platné podľa súčasných predpisov. Môže sa použiť len v prípadoch, ak skutočný stav mostného objektu jednoznačne neovplyvňuje stanovenú hodnotu zaťažiteľnosti. Ak sa na mostnom objekte vyskytujú poruchy preukázateľne ovplyvňujúce jeho zaťažiteľnosť, je nutné pristúpiť k stanoveniu zaťažiteľnosti prepočtom.

Pri stanovovaní zaťažiteľnosti mostného objektu je možné využiť zaťažovacie skúšky za účelom získania alebo spresnenia vstupných údajov pre určenie zaťažiteľnosti alebo následného overenia vypočítanej zaťažiteľnosti. Tento postup sa uplatní v prípade využitia kombinovaného postupu alebo pri stanovovaní aktuálne pôsobiacej predpínacej sily, ako jedna z dostupných nepriamych metód overovania predpätia. Zaťažovacie skúšky umožňujú získať aj objektívne informácie o správaní sa celej konštrukcie a spresňujú informáciu o kvalite a vhodnosti aplikovaného výpočtového modelu mosta.

Pri odbornom odhade zaťažiteľnosti porovnávacím prepočtom je potrebné zohľadniť vývoj hodnôt dovolených namáhání materiálov oceľových a betónových mostov pomocou súčiniteľa β z tabuľky 3.1 v časti 3.4 tejto RÚ.

4.2 Medzné stavy mostných objektov

V prípade nových aj existujúcich mostných objektov sa ich spoľahlivosť posudzuje a zaťažiteľnosť určuje pomocou metódy parciálnych súčiniteľov. V metóde parciálnych súčiniteľov sa overuje, či vo všetkých relevantných návrhových situáciách nie sú prekročené príslušné medzné stavy prvkov mostných objektov. Mostné objekty sa overujú z hľadiska medzných stavov únosnosti a medzných stavov používateľnosti.

Medzné stavy únosnosti (MSÚ) mostných objektov sú:

- porušenie prierezu prvku mostného objektu prekročením jeho návrhovej odolnosti alebo medzného pomerného pretvorenia,
- strata stability tvaru prvku alebo časti mostného objektu,
- porušenie spoja,
- únavové porušenie pri opakovanom vysoko-cyklovom namáhaní,
- strata stability polohy.

Medzné stavy používateľnosti (MSP) mostných objektov sú:

- obmedzenie napätí,
- obmedzenie pretvorenia z hľadiska bezpečnosti dopravy,
- vznik neprijateľných kmitaní,
- obmedzenie trhlín.

Z hľadiska medzných stavov únosnosti sa preukazuje, že extrémne návrhové hodnoty účinkov zaťaženia zodpovedajúce stanovenej hodnote zaťažiteľnosti neprekračujú návrhovú odolnosť prierezov a prvkov mostného objektu alebo jeho časti. Pri posudzovaní medzného stavu únosnosti na stratu stability polohy sa overuje splnenie statických podmienok rovnováhy časti mostného objektu ako tuhého telesa (preklopenie nosnej konštrukcie mostov s hornými alebo zapustenými mostovkami). Z tohto medzného stavu sa nestanovuje zaťažiteľnosť. Preukázanie stability polohy je však nutnou podmienkou exploatácie mosta.

V prípade medzných stavov používateľnosti sa preukazuje, že účinky zodpovedajúcich hodnôt zaťaženia vyhovujú pre stanovenú hodnotu zaťažiteľnosti limitným hodnotám kritérií príslušných medzných stavov používateľnosti.

4.3 Zaťaženia pri určovaní zaťažiteľnosti

Zaťaženia existujúcich mostných objektov, ich poloha a hodnoty sa v prepočtoch uvažujú na základe skutočného súčasného stavu mostného objektu zisteného šetrením na mieste s využitím dokumentácie mostného objektu. Pri určovaní zaťažiteľnosti nových mostných objektov sa uvažujú zaťaženia použité pri ich návrhu.

4.3.1 Stále zaťaženia

Skutočné hodnoty stálych zaťažení existujúceho mostného objektu je nutné overiť vyšetrovaním na mieste najmä v prípadoch, ak je zrejmé z jeho usporiadania alebo aj prípadných porúch, že na mostný objekt pôsobia iné druhy alebo hodnoty zaťažení, než aké boli uvažované pri jeho návrhu alebo ostatnom prepočte pre určenie jeho zaťažiteľnosti. Pre potreby prepočtu sa požaduje zohľadniť aj polohu stálych zaťažení na existujúcom mostnom objekte.

Stále zaťaženia sa stanovujú na základe objemových hmotností a skutočných rozmerov prvkov alebo častí mostného objektu. Objemové hmotnosti materiálov sa môžu zisťovať

nepriamo na základe normových či tabuľkových hodnôt alebo v odôvodnených prípadoch priamo zo vzoriek odobratých z mostného objektu.

Charakteristické hodnoty stálych zaťažení sa môžu stanoviť podľa STN EN 1991-1-1 s prihliadnutím na STN EN 1990, prílohu D a STN ISO 13822, NA 2.5, ak sa využívajú výsledky experimentálnych šetrení na mostnom objekte.

Návrhové hodnoty účinkov stálych zaťažení sa stanovujú pomocou charakteristických hodnôt a parciálneho súčiniteľa stáleho zaťaženia. Hodnota/hodnoty parciálneho súčiniteľa stálych zaťažení sa určujú pri rešpektovaní modifikovanej hodnoty indexu spoľahlivosti β_t podľa tabuľky 3.2 pomocou vzťahu:

$$\gamma_G = \gamma_{sd} \cdot (1 - \alpha_E \cdot \beta_t \cdot v_G) , \quad (4.1)$$

kde: α_E je súčiniteľ citlivosti metódy FORM pre zaťaženie, $\alpha_E = -0,7$
 β_t je index spoľahlivosti uvažovaný podľa tab. 3.2 v závislosti od veku nosného prvku mostného objektu a jeho plánovanej zvyškovej životnosti,
 γ_{sd} je parciálny súčiniteľ zohľadňujúci neistoty modelu odozvy stáleho zaťaženia, príp. i modelu zaťaženia, $\gamma_{sd} = 1,05$,
 v_G je variačný koeficient stáleho zaťaženia.

Variačný koeficient stáleho zaťaženia sa môže zväziť v závislosti od kontroly aspoň geometrických parametrov stáleho zaťaženia takto:

- $v_G = 0,100$ – pre nosné a nenosné prvky mostných objektov s parametrami nekontrolovanými meraním,
- $v_G = 0,050$ – pre nosné a nenosné prvky mostných objektov, ktorých minimálne geometrické parametre boli kontrolované meraním.

Súčasne je potrebné zväziť vlastnú tiaž nenosných častí mostných objektov s významnou variáciou rozmerov a/alebo objemových tiaží (vozovka, presypávka, ochranné vrstvy a pod.) a v primeranej forme zohľadniť ustanovenia v 5.2.3 z STN EN 1991-1-1 v závislosti od možnosti overenia ich parametrov.

4.3.2 Premenné zaťaženia cestnou dopravou

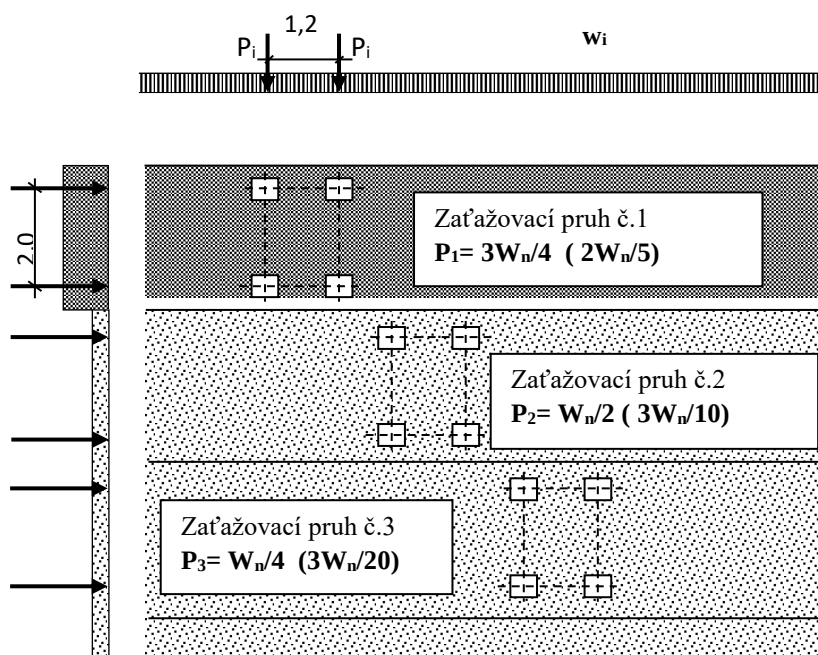
Zaťažovací model normálnej zaťažiteľnosti

Už pri definovaní obsahu RÚ, ako aj v rámci prípravy TP 104, bolo dohodnuté, že modelom normálneho zaťaženia cestnou dopravou bude zaťažovací model 1 (LM1) podľa STN EN 1991-2.

Tento model (pozri obr. 4.1) však priamo nezodpovedá modelu normálneho zaťaženia cestnou dopravou v dôsledku značnej hmotnosti dvojnápravového vozidla (tandemový systém, TS = 60 t) v zaťažovacom pruhu.

Preto bolo prijaté v (Kucharík, J., Moravčík, M., 2011) za referenčné vozidlo TS vozidlo v druhom zaťažovacom pruhu (TS = 40 t), od ktorého sa odvádza normálna zaťažiteľnosť.

Zaťažovací model pre normálnu zaťažiteľnosť sa má použiť pre každý zaťažovací pruh a pre zvyšné plochy zaťažovacieho priestoru. Pre delenie vozovky na zaťažovacie pruhy platia čl. 4.2.3 - 4.2.4 v STN EN 1991-2. Na zaťažovacom pruhu číslo i sú hodnoty zaťaženia označené ako W_n a w_i . Na zvyšných plochách zaťažovacieho priestoru hodnota zaťaženia je označená ako w_r .



Poznámka: W_n je tiaž vozidiel LMI v kN, w_i je hodnota rovnomerného zaťaženia v kN.m^{-2}

Obr. 4.1 Zaťažovací model 1 pre určenie normálnej zaťažiteľnosti (údaje v zátvorkách platia pre miestne obslužné a účelové komunikácie)

Hodnoty nápravových síl zaťažovacieho modelu sú uvedené v tabuľke 4.1, pričom sú zohľadnené kategorizačné súčinitele podľa čl. NA.2.12 STN EN 1991-2/NA1 pre jednotlivé kategórie ciest. Nápravové sily v tabuľke 4.1 sú definované pre jednotlivé zaťažovacie pruhy v súlade s delením pozemných komunikácií na diaľnice, rýchlostné cesty a cesty I. II. a III. triedy (A), resp. miestne obslužné a účelové komunikácie (B), ako aj v súlade so zmenou STN EN 1991-2/NA1 z roku 2019. Z tabuľky 4.1 je zrejmé, že sa ponecháva hodnota rovnomerného zaťaženia (UDL) $w_i = w_r = 2,5 \text{ kNm}^{-2}$ v zaťažovacích pruhoch 2 a 3, ako aj na zvyšnom zaťažovacom priestore. Teda táto hodnota nebude ovplyvnená určenou hodnotou zaťažiteľnosťou a bude stále v rovnakej výške.

Tab. 4.1 Zaťažovací model normálneho zaťaženia - základné hodnoty zaťaženia

Poloha	TS		UDL systém	
	Nápravové zaťaženie P_i (kN)		w_i (w_r) (kNm^{-2})	
	A	B	A	B
Zaťažovací pruh 1	$3W_n/4$	$2W_n/5$	$W_n/45$	$W_n/75$
Zaťažovací pruh 2	$W_n/2$	$3W_n/10$	2,5	2,5
Zaťažovací pruh 3	$W_n/4$	$3W_n/20$	2,5	2,5
Iné zaťažovacie pruhy	0	0	2,5	2,5
Zvyšná plocha zaťažovacieho priestoru	0	0	2,5	2,5

Poznámka: W_n je tiaž vozidiel LMI v kN, w_i je hodnota rovnomerného zaťaženia v kN.m^{-2}

Metodika a postup určovania normálnej zaťažiteľnosti sú opísané v časti 5.1.1 z hľadiska medzných stavov únosnosti a v časti 5.1.3 z hľadiska medzných stavov používateľnosti. Na základe realizovanej komparatívnej štúdie v prílohe H je zrejmé, že LM1 bude produkovať nízke hodnoty zaťažiteľností najmä pre rozpätia mostov $L \leq 30,0$ m. Preto pre určenie normálnej zaťažiteľnosti pre uvedené rozpätia navrhujeme v 5.1.1 určité úpravy.

Ďalej na základe odporúčania NDS, navrhujeme, aby v prípade mostov šírky 9,0 m a viac, umiestnených v intravilánoch miest a obcí, najmä v miestach možného výskytu davu ľudí (pri školách, divadlách, nákupných centrách, námestiach, peších zónach apod.), navrhnutých podľa dnes už neplatných predchádzajúcich noriem a predpisov, bolo súčasťou prepočtov týchto mostov aj posúdenie na zaťažovací model 4 - dav ľudí (LM4) podľa podmienok v kap. 4.3.5 STN EN 1991 - 2. Zaťažiteľnosť sa z tohto zaťažovacieho modelu neurčuje, len sa posúdia relevantné prvky mostného objektu na príslušné medzné stavy únosnosti. V technickej správe k prepočtu sa uvedie pomer hodnôt:

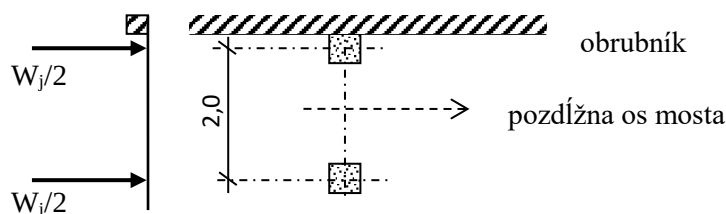
$$\frac{R_{d,c}}{E_{LM4,d}}, \quad (4.2)$$

kde: $R_{d,c}$ hodnota kapacity odolnosti pre rozhodujúce premenné zaťaženie cestnou dopravou,

$E_{LM4,d}$ hodnota statickej veličiny od účinkov premenného zaťaženia davom ľudí (LM4).

Model zaťažiteľnosti na jednu nápravu

Zaťažiteľnosť na jednu nápravu vyjadruje maximálnu prípustnú hmotnosť pripadajúcu na jednu nápravu označenú ako V_j . Zaťažovací model zaťažiteľnosti na jednu nápravu je odvodený od LM2 z STN EN 1991-2. Kategorizačný súčiniteľ β sa uvažuje hodnotou 1 podľa čl. NA.2.14 v STN EN 1991-2/NA1.



Poznámka: W_j je tiaž jednej nápravy v kN

Obr. 4.2 Model zaťažiteľnosti na 1 nápravu

Rozmery kontaktnej zaťažovacej plochy zaťažovacieho modelu 2 sa uvažujú podľa obr. 4.2b v STN EN 1991-2. Schéma zaťažovacieho modelu pre zaťažiteľnosť na jednu nápravu je na obr. 4.2.

Zaťažovací model pre výhradné zaťaženie

Súčasný členenie zaťažiteľností podľa TP 104 nie je v súlade s členením zaťaženia v STN EN 1991-2, konkrétne pojem výhradné zaťaženie nie je v tejto norme špecifikovaný. Ani na základe reálnej dopravy na mostoch nie je možné identifikovať výhradné zaťaženie a teda aj výhradnú zaťažiteľnosť, nakoľko zabezpečenie podmienok jeho prechodu cez most je pri úrovni súčasnej dopravy nereálne. Je to dané definíciou výhradnej zaťažiteľnosti. Výhradná zaťažiteľnosť sa definovala ako najväčšia okamžitá hmotnosť vozidla, ktoré smie prechádzať cez most ako jediné, t. j. za vylúčenie ostatných cestných vozidiel, avšak bez ďalších dopravných obmedzení za podmienky, že prevádzka chodcov a cyklistov vo vyhradených pásoch je zachovaná.

Preto sme pristúpili k rozsiahlej komparatívnej analýze účinkov zaťažovacích modelov podľa platnej STN EN 1991-2 a v minulosti platnej STN 73 6203. Súčasne boli účinky od zaťažovacích modelov obidvoch noriem konfrontované s reálnym prevádzkovým zaťažením simulovaným prejazdom modelu nákladných vozidiel v jednom, resp. dvoch zaťažovacích pruhoch za sebou vo vzdialenostiach po 10,00 m. Výstupy štúdie sú v prílohe H.

Analýza preukázala, že LM1 pokrýva bezpečne účinky všetkých zvyšných zaťažovacích modelov potrebných pre novo navrhované mosty podľa STN EN 1991-2 (LM2 aj LM3 pri pohybu zvláštnej súpravy cez most podľa STN EN 1991-2/NA1), ako aj účinky zaťažovacích modelov podľa STN 73 6203, teda aj účinky modelu štvornápravového vozidla, ktorým sa v tejto norme zohľadňovalo výhradné zaťaženie.

Preto navrhujeme pojem výhradné zaťaženia a výhradná zaťažiteľnosť z revidovaných TP 104 úplne vypustiť. Je potrebné si uvedomiť, že LM1 pokrýva prejazd ťažkého vozidla o hmotnosti $1,5 V_n$ (pri nových mostoch min. 60 t) - pozri tabuľku 4.1, pričom tento model umožňuje prejazd ťažkého vozidla bez akýchkoľvek dopravných obmedzení. Zodpovedá súčasne modelu zvláštnej súpravy 600/150. Keď uvažíme úpravu normálnej zaťažiteľnosti navrhovanú v 5.1.1 pre mosty do rozpätia 30,0 m, blíži sa hodnota hmotnosti ťažkého vozidla až na úroveň $2,25 V_n$, čo takmer zodpovedá pomeru pôvodného limitného výhradného zaťaženia k limitnému normálnemu zaťaženiu ($800/320 = 2,5$).

Zaťažovací model výnimočnej zaťažiteľnosti

Výnimočná zaťažiteľnosť vyjadruje najväčšiu okamžitú hmotnosť zvláštneho vozidla prevádzajúceho prepravu mimoriadne ťažkých nákladov, ktoré môžu prechádzať po moste pri stanovených podmienkach prejazdu. V STN EN 1991-2/NA1 sú tieto podmienky spresnené na prejazd rýchlosťou 5 km/hod. za úplného vylúčenia ostatnej dopravy v optimálnej stope s odchýlkou $\pm 0,30$ m.

Zaťažovací model odporúčaný v tejto norme pre návrh nových mostov predstavuje 13 nápravové vozidlo podľa STN EN 1991-2, prílohy A. Usporiadanie náprav zodpovedá zvláštnemu vozidlu 3000/240 podľa tab. A2 prílohy A v STN EN 1991-2. Zloženie náprav je $1 \times V_d/25 + 12 \times V_d/12,5$. Vzdialenosť náprav v pozdĺžnom smere je $e = 1,50$ m. Usporiadanie náprav a kontaktné kolesové stopy sú na obr. 4.3. Pre umiestnenie vozidla v zaťažovacom priestore platí čl. NA.2.16 v STN EN 1991-2/NA1 a vozidlo sa smie po moste pohybovať rýchlosťou 5 km/hod.

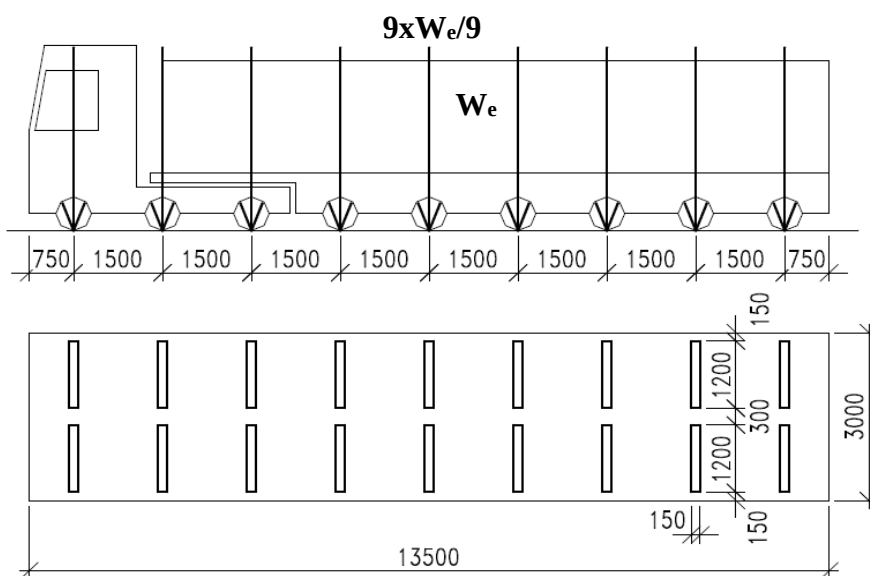
Vyššie opísaný model, ako aj ostatné modely v prílohe A v STN EN 1991-2, je kritizovaný, že neodpovedá bežne používaným podvalníkom napr. Goldhofer, ktorý vykazuje menšie rázvory ako 1,5 metra (pri reálnych prepravách v SR nad 60 t sú často používané rázvory 1,31 m, 1,36 m, 1,4 m a 1,5 m). Pripomienky odporúčajú ako vhodný model pre výnimočnú zaťažiteľnosť model s rázvormi 1,3 m prípadne 1,2 m. Poukazujú na to, že zvláštne vozidlo 3000/240 s 13 nápravami neodpovedá reálne používaným ťažkým súpravám v SR, jednak z pohľadu veľkej šírky 4,5 m a príliš vysokého nápravového zaťaženia 24 t na nápravu. Ako vhodnejší model je odporúčaná súprava z ON 736220 - 14 náprav $\times 140$ kN + 2 $\times 420$ kN (ťahač a postrk), spolu 2800 kN.

Je potrebné si uvedomiť, že pri výbere modelu zvláštnej súpravy LM3 - 3000/240 sa vychádzalo z porovnávacej štúdie, v ktorej sa účinky všetkých zvláštnych vozidiel z prílohy A konfrontovali s modelom zvláštnej súpravy z STN 73 6203. Práve model 3000/240 vyvodzoval účinky blízke zvláštnej súprave z ON 73 6220 (2 800 kN), samozrejme pri pohybe cez most v optimálnej stope rýchlosťou 5 km/hod pri vylúčení ostatnej cestnej dopravy. Z toho vyplýva aj záver, že vzdialenosť náprav zvláštnej súpravy z ON 73 6220 je síce menšia, avšak vzhľadom na nižšie zaťaženie na nápravu má so zvoleným modelom 3000/240 blízke účinky. Teda bez takýchto komparatívnych štúdií nie je možné definovať, aké zvláštne vozidlo treba zvoliť za model výnimočného zaťaženia.

Je zrejmé, že prejazd zvláštneho vozidla za v STN EN 1991-2/NA1 tak definovaných reštrikčných podmienok je pri súčasnej premávke na cestách a najmä diaľniciach nereálny. Preto sme sa sústredili na voľbu modelu výnimočného zaťaženia reprezentovaného iným zvláštnym vozidlom. V ďalšej komparatívnej štúdii sme analyzovali účinky zvláštnych súprav 3000/240, 2400/200 a 1800/200 pri podmienkach prejazdu podľa STN EN 1991-2, prílohy A pre rýchlosť 70 km/hod spolu s prejazdom zvláštnej súpravy podľa STN 73 6203 (1976). Prejazd zvláštneho vozidla je v tomto prípade daný článkom A.3 (7) z STN EN 1991-2, prílohy A takto:

Ak sa zvláštne vozidlá pohybujú normálnou rýchlosťou, má sa použiť dvojica zvláštnych vozidiel na zaťažovacích pruhoch obsadených týmito vozidlami. Ďalšie pruhy a zvyšná zaťažovacia plocha mosta sa majú zaťažiť zaťažovacím modelom 1 s časťami hodnotami definovanými v 4.3.2 a v EN 1990: 2002, A.2.

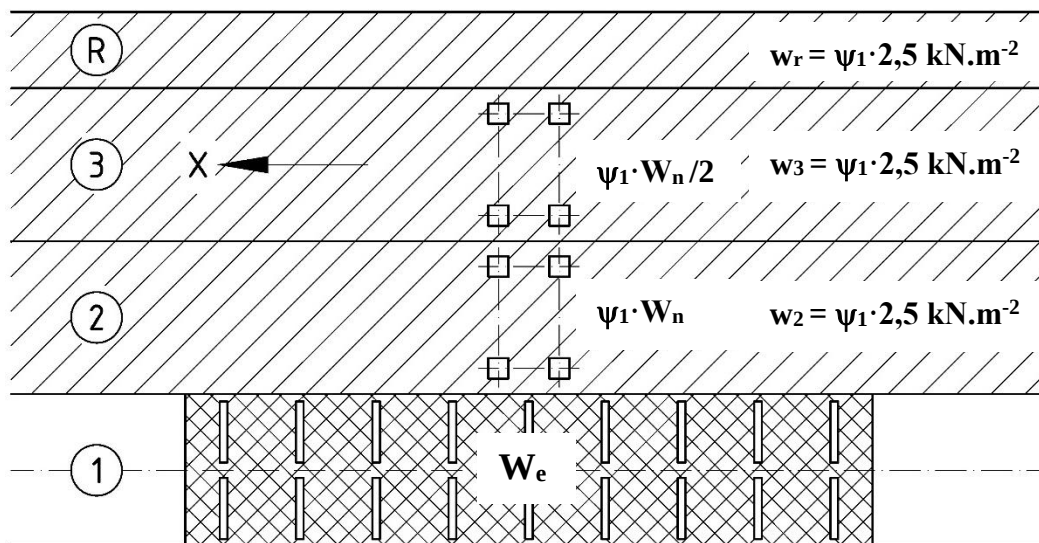
V rámci komparatívnej štúdie sa sledovali prejazdy dvojíc vyššie uvedených modelov zvláštnych vozidiel aj v určitých vzdialenostiach medzi nimi, a to 1,5 m, 15 m, 25 m a 50 m. Výsledky tejto štúdie preukázali možnosť prejazdu len jedného vozidla 1800/200 cez most rýchlosťou 70 km/hod pri zachovaní ostatnej dopravy na zvyšnom zaťažovacom priestore mosta. Tá bola reprezentovaná časťami hodnotami LM1 na zvláštnymi vozidlami nezaťažených jazdných pruhoch a zvyšnej plochy mosta. Jedno zvláštne vozidlo 1800/200 vyplynulo z porovnania účinkov celej sústavy vozidiel na moste (vrátane časťach hodnôt LM1) s účinkami súpravy 14 x 1400 + 2x ťahač po 420 kN z ON 73 6220.



Poznámka: W_e je tiaž zvláštneho vozidla v kN.

Obr. 4.3 Zvláštne vozidlo 1800/200

Prejazd dvojice zvláštnych vozidiel 1800/200 umiestnených na zaťažovacom pruhu č. 1 spolu s zaťažovacím modelom LM1 s časťami hodnotami na zvyšných zaťažovacích pruhoch a vo zvyšnej časti zaťažovacieho priestoru v súlade s STN EN 1991-2/NA1 by si vyžadoval minimálnu vzdialenosť medzi týmito zvláštnymi vozidlami až 50 m, aby ich účinky zodpovedali účinkom zvláštnej súpravy 14 x 1400 + 2 x 420 kN. Teda tento model je pre praktickú aplikáciu nereálny. Usporiadanie schémy pre výpočet výnimočnej zaťažiteľnosti bez vylúčenia ostatnej cestnej dopravy dokumentuje obr. 4.4.



Poznámka: W_n je tiaž vozidiel LM1 v kN, w_i je hodnota rovnomerného zaťaženia
 W_e je tiaž zvláštneho vozidla v kN.

Obr. 4.4 Usporiadanie zaťažení pri prejazde výnimočného zaťaženia cez most rýchlosťou 70 km/h

Ťažšie vozidlá, ktorých hmotnosť prevyšuje výnimočnú zaťažiteľnosť pre model 1800/200, budú musieť naďalej prechádzať cez most v reštrikčnom režime, teda rýchlosťou do 5 km/hod, v optimálnej stope za vylúčenia ostatnej dopravy.

Z tohto overenia vyplýva **nová definícia výnimočnej zaťažiteľnosti** takto:

Je to najväčšia okamžitá hmotnosť vozidla alebo zvláštnej súpravy, ktoré smie prejsť cez most pri dodržaní stanovených podmienok prejazdu (stanovená stopa, obmedzená rýchlosť, predpísaná vzdialenosť medzi vozidlami apod.). Táto všeobecná definícia zohľadňuje obidva navrhované spôsoby prejazdu zvláštnych vozidiel cez most.

Uvedené hodnoty silových parametrov zaťažovacích modelov predstavujú charakteristické hodnoty zaťaženia cestnou dopravou vrátane dynamických účinkov. Návrhové hodnoty sa stanovujú opäť s prihliadnutím k modifikovanej úrovni spoľahlivosti platnej pre existujúce mosty definovanej indexami spoľahlivosti β podľa tabuľky 3.2 pomocou vzťahu:

$$\gamma_Q = \gamma_{sd} \cdot \frac{1 - v_Q [0,449 + 0,778 \cdot \ln(-\ln \Phi(-\alpha_E \cdot \beta_t))]}{1 - v_Q [0,449 + 0,778 \cdot \ln(-\ln(0,95))]}, \quad (4.3)$$

kde: Φ je distribučná funkcia normovaného normálneho rozdelenia,
 v_Q je variačný koeficient premenného zaťaženia cestnou dopravou,
 $v_Q = 0,23$.

Zvyšné veličiny boli vysvetlené pri vzťahu (4.1).

Brzdné a rozjazdové sily sa pri prepočtoch uvažujú podľa čl. 4.4.1 v STN EN 1991-2. Kategorizačné súčinitele α_{Q1} a α_{q1} , ktoré sa vyskytujú vo vzťahu (4.6) v STN EN 1991-2 pre brzdné a rozjazdové sily sa berú pri prepočtoch s hodnotou $\alpha_{Q1} = \alpha_{q1} = 1,00$.

Podobne účinky odstredivých a iných priečných síl sa zohľadňujú podľa čl. 4.4.2 v STN EN 1991-2.

Jednotlivé premenné zaťaženia cestnou dopravou, reprezentované modelom LM1 vrátane zaťaženia brzdými a rozjazdovými silami a odstredivými silami pri mostných objektoch v oblúku, sa v prepočtoch existujúcich mostných objektov považujú za skupinové viaczožkové zaťaženie cestnou dopravou s pravidlami tvorenia skupín podľa tab. 4.4a v STN

EN 1991-2 a čl. NA.2.21 v STN EN 1991-2/NA1. Každá z týchto skupín zaťaženia, vzájomne sa vylučujúcich, predstavuje jedno charakteristické premenné zaťaženie pre kombináciu s nedopravnými zaťažzeniami.

Kombinácie zaťažení súčasne sa vyskytujúcich spolu so zaťažením cestnou dopravou sa v prepočtoch existujúcich mostných objektov stanovujú podľa A2.2.2 v STN EN 1990, Zmena A1, príloha A2. Súčinitele ψ pre kombinačné, časté a kvázistále hodnoty premenných zaťažení v trvalých a dočasných návrhových situáciách sa určia z tab. A2.1 v STN EN 1990, Zmena A1, príloha A2. V súlade s národnou prílohou k STN EN 1990, Zmena A1, príloha A2 sa pri výbere kombinačných pravidiel z hľadiska medzných stavov únosnosti uprednostňuje kombinácia (6.10) podľa STN EN 1990 pre mosty navrhované na premenné zaťaženia podľa STN EN 1991-2. Pre existujúce mosty navrhované podľa starších, dnes už neplatných noriem, odporúčame uprednostniť rozhodujúcu kombináciu z (6.10a) a (6.10b).

V medzných stavoch použiteľnosti sa uvažujú kombinácie zaťažení v trvalých a dočasných návrhových situáciách podľa A2.4 v STN EN 1990, Zmena A1, príloha A2.

4.4 Globálna analýza

Pre globálnu analýzu existujúcich mostov sa majú prednostne používať také výpočtové modely (primárne priestorové) umožňujúce presnejšie vystihnúť skutočného pôsobenia a súčasne aj zohľadnenie prípadnej redistribúcie vnútorných síl v dôsledku imperfekcií a porúch prvkov prípadne častí.

Výpočtový model má zohľadňovať aj vplyv porúch, ktoré ovplyvňujú pôsobenie konštrukcie (napríklad výrazné trhliny, strata predpätia, zdeformované štíhle tlačené prúty, významné korozívne úbytky, nefunkčné ložisko, apod.). V prepočte je potrebné vždy podrobne uviesť predpoklady výpočtu, teda aj to, ktoré poruchy sú zahrnuté v globálnej analýze, a ktoré sa musia opraviť.

Z hľadiska modelovania pôsobenia materiálov sa odozva nosnej konštrukcie mosta na zaťaženie má stanoviť:

- a) lineárnou pružnostnou globálnou analýzou (LA) s prípadnou vhodnou korekciou nelineárnych vplyvov;
- b) materiálovo nelineárnou analýzou (MNA) so spresnenými modelmi pôsobenia materiálov pri zaťažení alebo zmenou materiálových charakteristík v čase.

V prípade významnejších geometrických imperfekcií nosnej konštrukcie, ktoré môžu podstatne ovplyvniť jej napätosť, je potrebné vykonať geometricky nelineárnu analýzu s imperfekciami (GNIA) alebo geometricky a materiálovo nelineárnu analýzu s imperfekciami (GMNIA).

Dynamickú globálnu analýzu je potrebné realizovať iba v špecifických prípadoch štíhlych konštrukcií, ktorých dynamické charakteristiky majú výrazný dopad na MSÚ alebo MSP. Ide najmä o lávky pre chodcov a cyklistov. V ostatných prípadoch je možné uvažovať so zohľadnením dynamických účinkov prostredníctvom dynamického súčiniteľa v zmysle zaťažovacích noriem.

4.5 Materiály a základová pôda pre prepočty

Vlastnosti materiálov existujúcich mostných objektov a ich charakteristické a návrhové hodnoty je potrebné určiť jedným z nižšie uvedených spôsobov:

- a) na základe prehliadkou overenej dokumentácie mostného objektu s využitím noriem a predpisov platných v dobe jeho návrhu,
- b) na základe diagnostického prieskumu a skúšok materiálov vykonaných so súhlasom zadávateľa.

Ak sú základné vlastnosti materiálov existujúceho mostného objektu známe z dokumentácie mostného objektu, príp. z noriem a predpisov platných v čase projektovania mostného objektu a pre daný prípad nevyplýva potreba ich overenia skúškami, vychádza sa pri určovaní zaťažiteľnosti z týchto hodnôt.

Ak nie je k dispozícii dokumentácia mostného objektu, príp. z tejto dokumentácie nie je možné jednoznačne určiť vlastnosti materiálov existujúceho mostného objektu alebo sú pochybnosti o vlastnostiach materiálu uvádzané v dokumentácii mostného objektu, zisťujú sa relevantné vlastnosti na základe diagnostického prieskumu a skúšok použitých materiálov vykonaných so súhlasom zadávateľa.

Vlastnosti materiálov by sa mali stanoviť skúškami v prípade mostných objektov:

- a) ak nie je dostupná dokumentácia objektu,
- b) pri ktorých vzniklo oprávnené podozrenie, že vlastnosti materiálov existujúceho mostného objektu nezodpovedajú vlastnostiam predpokladaným v jeho dokumentácii,
- c) pri ktorých sa prejavila únava, degradácia či korózia materiálov neočakávaným spôsobom,
- d) pri ktorých boli zistené poruchy, ktoré mohli byť spôsobené použitím materiálov nevhodných vlastností.

Pri zisťovaní hodnôt vlastností materiálov skúškami sa postupuje podľa STN EN 1990, STN ISO 13822. Pri určovaní vlastností materiálov je možné použiť deštruktívne aj nedeštruktívne metódy, prípadne ich vhodnú kombináciu. V prípade, ak je nutné odoberať vzorky z relevantných nosných častí mostného objektu pre deštruktívne testovanie, je potrebné zabezpečiť súhlas zadávateľa prepočtu. Miesto, z ktorého bola vzorka materiálu odobratá na laboratórne testovanie, je potrebné vhodným spôsobom sanovať.

Charakteristická hodnota pevnosti materiálu pri určovaní vlastností materiálov skúškami sa stanovuje:

- a) ako najmenšia z hodnôt zistených skúškami v prípade, ak pri náhodnom aj zámernom výbere vzoriek príp. výbere miest je početnosť vzoriek (miest) $n \leq 3$,
- b) pri náhodnom výbere pri početnosti vzoriek (miest) $n > 3$ podľa prílohy D v STN EN 1990 a NA 2.6 v STN ISO 13822.

Návrhová hodnota pevnosti materiálu R_d sa stanoví zo vzťahu:

$$R_d = R_k / \gamma_M, \quad (4.4)$$

kde: R_k je charakteristická hodnota pevnosti materiálu,
 γ_M je parciálny súčiniteľ spoľahlivosti materiálu resp. pre odolnosť.

Hodnoty parciálnych súčiniteľov spoľahlivosti materiálov γ_M existujúcich mostných objektov sú bližšie špecifikované v prílohách A, B, C, D a E tejto RÚ. Presnejší výpočet ich hodnôt je opísaný v prílohe G.

K vyšetrovaniu základov podpier sa pristupuje v prípadoch, ak sa pri prehliadke mostného objektu zistili poruchy, ktoré možno pripísať nedostatkom pri ich zakladaní, príp. ak dochádza k zmene zaťaženia. Pri vyšetrovaní základových pomerov sa postupuje podľa STN EN 1997-1 a STN EN 1997-2.

5 Metodika určovania zaťažiteľnosti mostných objektov

5.1 Určovanie zaťažiteľnosti mostného objektu prepočtom (V)

Základným a odporúčaným postupom stanovenia zaťažiteľnosti mostného objektu je jeho prepočet. Prepočet sa vykonáva podľa platných noriem a predpisov pre zaťaženia a

navrhovanie stavebných konštrukcií a mostných objektov doplnených o ustanovenia TP a iných platných predpisov. Normy a smernice platné v čase návrhu mostného objektu sa považujú za informatívne podklady.

Navrhujeme realizovať prepočty aj pre novo navrhované mosty. Ak sa pri novo navrhovanom moste stanovia jeho príslušné zaťažiteľnosti, budú zrejmé ich skutočné hodnoty, nakoľko návrh prvkov mosta je vždy vykonaný s určitou rezervou. Táto rezerva sa môže využiť napr. pri nadmerných prepravách. **Minimálne normálnu a výnimočnú zaťažiteľnosť odporúčame určovať pre kategóriu diaľnice, rýchlostné cesty, cesty I., II., a III. triedy vzhľadom na prijaté modely LM1 a LM3,** nakoľko nie sú po návrhu mosta jasne deklarované ich skutočné hodnoty.

Globálnu analýzu mostného objektu je žiaduce vykonávať prednostne pružnostnými metódami s využitím vhodného výpočtového modelu zodpovedajúceho relevantným medzným stavom. Podstatné je vystihnúť priestorového pôsobenia mostného objektu, najmä pri mostoch s deklarovanými poruchami. Odporúča sa preto používať priestorové výpočtové modely umožňujúce komplexnú globálnu analýzu mostného objektu zohľadňujúcu priamo jeho priestorové pôsobenie. Týmto sa však nevylučuje možnosť vykonania globálnej analýzy mostného objektu pomocou nelineárnych analýz najmä v súvislosti s presnejšími výpočtami betónových, murovaných alebo spriahnutých oceľobetónových mostných objektov a pod., kde aplikácia nelineárnych výpočtov môže byť výstižnejšia a žiaduca.

Pri globálnej analýze existujúceho mostného objektu sa vždy prihliada ku skutočnému stavu jeho jednotlivých prvkov a častí. Prípadné poruchy vrátane poškodení a príslušných imperfekcií nosných prvkov a častí mostného objektu je potrebné vhodným spôsobom zahrnúť do zvoleného výpočtového modelu tak, aby sa vplyv porúch premietol do výslednej odozvy mostného objektu na zaťaženie a zohľadnila sa redistribúcia vnútorných síl vyvolaná poruchami.

Pri voľbe výpočtových modelov sa má primerane zvážiť aj možné spolupôsobenie nenosných častí mostného objektu s jeho nosnou konštrukciou (napríklad spolupôsobenie ríms).

Vplyv porúch jednotlivých prvkov existujúceho mostného objektu je potrebné vhodným spôsobom zohľadniť aj pri stanovení odolností prierezu, prvkov a parciálnych častí mostného objektu ich implementáciou do modelov odolností zodpovedajúcich príslušným medzným stavom.

5.1.1 Medzné stavy únosnosti okrem porušenia únavou

Zaťažiteľnosť jednotlivých prvkov mostného objektu sa stanovuje metódou parciálnych súčiniteľov z podmienky spoľahlivosti kritériá príslušného medzného stavu podľa 4.2. V prípade medzných stavov únosnosti je to podmienka, že extrémne návrhové hodnoty účinkov zaťaženia zodpovedajúce stanovenej hodnote zaťažiteľnosti sa práve rovnajú návrhovej hodnote odolnosti príslušného prierezu alebo prvku mostného objektu. Účinky zaťaženia sa rozdelia na časť vyvolanú zvislými účinkami zaťaženia zaťažovacím modelom príslušnej zaťažiteľnosti a časť vyvolanú účinkami ostatných zaťažení pôsobiacich súčasne so zvislým premenným zaťažením cestnou dopravou v zmysle zásad kombinovania zaťažení podľa A2.2.2 a tab. A2.1 v STN EN 1990, Zmena A1, príloha A2, podľa tab. 4.4 a v STN EN 1991-2.

Normálna zaťažiteľnosť prvku mostného objektu sa môže stanoviť podľa všeobecného vzťahu:

$$V_n = \left[\left(R_d - \sum_{i=1}^{n-1} E_{rs,n,Ed,i} \right) / E_{LM1,Ed} \right] \cdot V_{n,rep} \quad (5.1a)$$

kde: R_d je návrhová hodnota odolnosti prierezu alebo prvku mostného objektu,
 $E_{LM1,Ed}$ je návrhová hodnota účinkov zvislého normálneho zaťaženia cestnou dopravou reprezentovaného zaťažovacím modelom 1,

$\sum_{i=1}^{n-1} E_{rs,n,Ed,i}$ sú návrhové, resp. kombinačné hodnoty účinkov ostatných zaťažení, ktoré pôsobia súčasne so zvislým normálnym zaťažením cestnou dopravou,
 $V_{n,rep}$ je hmotnosť reprezentatívneho vozidla pre normálnu zaťažiteľnosť v t.

Uvedený všeobecný vzťah platí pre rozpätia mostov $L > 30,0$ m. Podľa výstupov štúdie v prílohe H navrhujeme pre rozpätia mostov $L \leq 30,0$ m modifikáciu tohto vzťahu prenasobením vypočítanej hodnoty normálnej zaťažiteľnosti V_n podľa vzťahu (5.1a) výrazom:

$$(0,82 + 0,095L - 0,003L^2), \quad (5.1b)$$

kde: L je rozpätie mosta.

Hodnoty hmotností reprezentatívneho vozidla $V_{n,rep}$ sú uvedené v tabuľke 5.1.

Ďalšou možnosťou, ako riešiť výrazný nárast účinkov LM1 pre uvedené malé rozpätia a tým ich výrazne nízku zaťažiteľnosť, je aplikovať v prepočtoch týchto mostov LM1 s klasifikačným súčiniteľom $\alpha_{qi} = 0,8$ pre $i = 1$ až 3, $\alpha_{q1} = 0,8$, resp. $\alpha_{qi} = 1,0$ pre $i > 1$.

Je potrebné podotknúť už skôr spomínaný fakt, **že takto stanovená hodnota normálnej zaťažiteľnosti súčasne umožňuje prejazd ťažkého vozidla tiaže $1,5 V_n$** . Takisto je potrebné uviesť, **že v prípade mostov s jedným jazdným pruhom** (mostné provizória) **sa vypočítaná normálna zaťažiteľnosť prenasobí faktorom 1,5**, nakoľko bola stanovená z modelu LM1 reprezentovaného len zaťažením v prvom zaťažovacom pruhu.

Zaťažiteľnosť na jednu nápravu V_j je možné stanoviť s využitím zaťažovacieho modelu 2 podľa obr. 4.2 zo všeobecného vzťahu:

$$V_j = \left[\left(R_d - \sum_{i=1}^{n-1} E_{rs,j,Ed,i} \right) / E_{LM2,Ed} \right] \cdot V_{j,rep}, \quad (5.2)$$

kde: $E_{LM2,Ed}$ je návrhová hodnota účinkov zvislého zaťaženia cestnou dopravou na jednu nápravu reprezentovaného zaťažovacím modelom 2,

$\sum_{i=1}^{n-1} E_{rs,j,Ed,i}$ sú návrhové hodnoty účinkov ostatných zaťažení, ktoré pôsobia súčasne so zvislým zaťažením cestnou dopravou na jednu nápravu,
 $V_{j,rep}$ je hmotnosť reprezentatívnej nápravy pre zaťažiteľnosť na jednu nápravu v t.

Hodnoty hmotností reprezentatívneho vozidla $V_{j,rep}$ sú uvedené v tabuľke 5.1.

Výnimočná zaťažiteľnosť sa stanoví s využitím modelu zvláštneho vozidla 1800/200 resp. 3000/240 podľa STN EN 1991-2, prílohy A za podmienok prejazdu týchto súprav cez most opísaných v 4.3.2 zo všeobecného vzťahu:

$$V_e = \left[\left(R_d - \sum_{i=1}^{n-1} E_{rs,e,Ed,i} \right) / E_{LM3,Ed} \right] \cdot V_{e,rep}, \quad (5.3)$$

kde: $E_{LM3,Ed}$ je návrhová hodnota účinkov zvislého výnimočného zaťaženia cestnou dopravou reprezentovaného zaťažovacím modelom 3,

$\sum_{i=1}^{n-1} E_{rs,e,Ed,i}$ sú návrhové, resp. časté hodnoty účinkov ostatných zaťažení, ktoré pôsobia súčasne s výnimočným zaťažením,
 $V_{e,rep}$ je hmotnosť reprezentatívneho vozidla pre výnimočnú zaťažiteľnosť v t.

Hodnoty hmotností reprezentatívneho vozidla $V_{e,rep}$ sú uvedené v tabuľke 5.1.

Tab. 5.1 Hmotnosti reprezentatívnych vozidiel

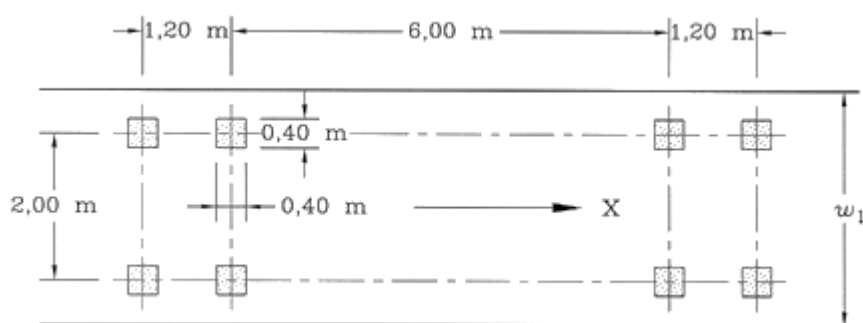
Kategória pozemnej komunikácie	$V_{n,rep}$	$V_{j,rep}$	$V_{e,rep,1}$	$V_{e,rep,2}$
Diaľnice, rýchlostné cesty, cesty I., II., a III. triedy	40,0 t	40,0 t	180,0 t	300,0 t
Miestne obslužné a účelové komunikácie	24,0 t	40,0 t	-	-

Poznámka: $V_{e,rep,1}$ je hmotnosť reprezentatívneho vozidla výnimočnej zaťažiteľnosti pre model zvláštneho vozidla 1800/200

$V_{e,rep,2}$ je hmotnosť reprezentatívneho vozidla výnimočnej zaťažiteľnosti pre model zvláštneho vozidla 3000/240

5.1.2 Medzný stav porušenia únavou

Dopravná premávka na mostoch vyvoláva napäťové spektrá v prvkoch konštrukcie, čo následne vyvoláva únavové javy konštrukcie. Napäťové spektrá závisia od geometrického tvaru vozidiel, nápravových zaťažení, od tvaru a zloženia dopravného prúdu a jeho dynamických účinkov. STN EN 1991-2 definuje 5 možných únavových modelov (FLM). Voľba a používanie jednotlivých únavových modelov sa aplikuje v závislosti od odporúčaných metód posudzovania únavy a podľa druhu jednotlivých materiálov, teda aplikácie návrhových noriem. STN EN pre navrhovanie mostných objektov odporúčajú pre únavové posúdenie aplikovať únavový model 3 (FLM3), t.j. štvornápravové vozidlo s tiažou 480 kN, teda po 120 kN na každú nápravu (geometrické parametre vozidla pozri obr. 5.1).



Obr. 5.1 Únavový zaťažovací model 3

Overenie medzného stavu únavového porušenia sa vyžaduje najmä pri mostných objektoch, pri ktorých bolo identifikované poškodenie únavou alebo pri ktorých sa dodatočne vykonali konštrukčné úpravy s cieľom zvýšenia zaťažiteľnosti, príp. pri konštrukciách so zvýšeným rizikom únavového porušenia (konštrukcie s nesprávne riešenými konštrukčnými detailmi, konštrukcie s výrazne štíhlymi prvkami, ktorých kmitanie môže vyvolať porušenie únavou, konštrukcie staršie ako 100 rokov a pod).

Pri overení sa odporúča použiť postup zjednodušenou metódou ekvivalentného rozkmitu napätia, v ktorej sa premenné zaťaženie cestnou dopravou predpokladá ako zaťaženie modelom FLM3. Alternatívne je možné vykonať overenie únavovej odolnosti s presnejším modelom únavového zaťaženia, t.j. pomocou spektier rozkmitov napätí získaných z vyhodnotenia nameranej histórie napäťovej odozvy nosnej konštrukcie mostného objektu na reálne prevádzkové zaťaženie (únavový model 5) alebo z vyhodnotenia histórie napäťovej odozvy na zaťaženie skupinou normalizovaných nákladných vozidiel (únavový model 4). Postup pre získanie a vyhodnotenie spektier rozkmitov napätí je uvedený v prílohe A v STN EN 1993-1-9.

Zaťažiteľnosť sa z medzného stavu porušenia únavou nestanovuje. Overenie sa vykoná s ohľadom na únavovú životnosť.

5.1.3 Medzné stavy používateľnosti

Medzné stavy používateľnosti je potrebné posúdiť z hľadiska príslušných podmienok a kritérií stanovených pre jednotlivé mostné objekty v STN EN 1990, Zmena A1, príloha A2 alebo STN EN 1991-2, príp. zohľadniť možné úľavy uvedené v prílohách A až E pre jednotlivé druhy mostov podľa materiálu ich zhotovenia. Všeobecne sa požaduje posúdenie týchto medzných stavov:

- Mostný objekt musí byť z hľadiska prevádzkového zaťaženia v pružnom stave, aby sa zabránilo plastickému tečeniu materiálov a prírastkovému zrúteniu.
- Pretvorenie nosnej konštrukcie mostného objektu nesmie prekročiť medzné hodnoty, aby sa zabránilo nepriaznivým dynamickým účinkom ovplyvňujúcim kvalitu jazdy dráhy a bezpečnosť dopravy.
- Vlastná frekvencia nosnej konštrukcie mostného objektu (lávky pre chodcov) nesmie prekročiť limitné hodnoty, aby sa obmedzilo jej neprijateľné kmitanie a zamedzilo sa porušeniu spôsobenému únavou pri rezonancii.
- Štíhlosti častí prierezov prvkov mostného objektu nesmú prekročiť medzné hodnoty, aby sa zabránilo ich nadmernému zvlneniu a dýchaniu, ktoré znižujú tuhosť prierezov a vyvolávajú nadmerné pretvorenia týchto prvkov.
- Pre zaistenie dostatočnej trvanlivosti jednotlivých betónových alebo murovaných prvkov a častí mostného objektu sa vyžaduje overenie medzného stavu obmedzenia trhlín.

Zaťažiteľnosti V_n , V_j a V_e prvku mostného objektu z hľadiska medzného stavu používateľnosti definovaného v 5.1.3 a) sa stanovuje zo všeobecnej podmienky, že návrhové účinky zaťaženia zodpovedajúce stanovenej príslušnej zaťažiteľnosti sa práve rovnajú hodnote pružnej odolnosti tohto prvku definovanej normami pre navrhovanie mostných objektov. Tento medzný stav sa overuje a zaťažiteľnosť z neho sa určuje len v prípadoch, ak bola v medzných stavoch únosnosti použitá plastická odolnosť prierezov prvkov a častí mostného objektu.

V prípade medzného stavu používateľnosti podľa 5.1.3 b) sa stanovuje len normálna zaťažiteľnosť V_n z podmienky, že pretvorenie nosnej konštrukcie mostného objektu zodpovedajúce stanovenej hodnote normálnej zaťažiteľnosti sa práve rovná jej medznej hodnote limitujúcej použiteľnosť mostného objektu, definovanej príslušnými normami a NA vydaným k nim, alebo ustanoveniami v prílohách A až E tejto RÚ.

Normálnu zaťažiteľnosť V_n z hľadiska kritérií neprípustných pretvorení definuje všeobecný vzťah v tvare:

$$V_n = \left[(\delta_{\text{lim}} - \sum_{i=1}^{n-1} \delta_{\text{rs},i}) / \delta_{\text{LM1}} \right] \cdot V_{n,\text{rep}}, \quad (5.4)$$

kde: δ_{lim} je medzná hodnota pretvorenia podľa kritéria príslušného medzného stavu používateľnosti, ktorú udávajú NA k príslušným STN EN pre navrhovanie mostov,

δ_{LM1} je hodnota pretvorenia vyvolaná zvislým normálnym zaťažením cestnou dopravou, reprezentovaným zaťažovacím modelom 1,

$\sum_{i=1}^{n-1} \delta_{\text{rs},i}$ sú hodnoty pretvorenia od ostatných relevantných zaťažení, ktoré pôsobia

súčasne so zvislým normálnym zaťažením cestnou dopravou v prípade, že neboli eliminované vonkajším zásahom (napríklad nadvýšením nosnej konštrukcie),

$V_{n,\text{rep}}$ je hmotnosť reprezentatívneho vozidla pre normálnu zaťažiteľnosť v t.

Bližšie je opis medzných stavov použiteľnosti definovaných v 5.1.3 b) a c) uvedený v STN EN 1990, Zmena A1, príloha A2. Limitné kritéria pre medzný stav použiteľnosti 5.1.3 b) sú pre oceľové mosty a lávky pre chodcov uvedené v STN EN 1993-2/NA. Kritéria pre medzný stav použiteľnosti definovaný v 5.1.3 d) sú uvedené v STN EN 1993-2.

Overenie medzného stavu obmedzenia trhlín a stanovenie zaťažiteľnosti z tohto medzného stavu sa vyžaduje u predpätých častí a prvkov mostných objektov. Postupuje sa podľa príslušných ustanovení v STN EN 1992-1-1 a STN EN 1992-2. Pri železobetónových prvkoch mostných objektov sa vyžaduje posúdenie šírky trhlín, avšak zaťažiteľnosť sa z tohto medzného stavu nemusí určovať. V prípade nesplnenia kritéria odporúčanej šírky trhlín sa nevyhovujúci stav uvedie v technickej správe k prepočtu mostného objektu.

Pokiaľ nie je stanovené inak príslušnými STN a STN EN pre navrhovanie mostných objektov, uvažujú sa pri overovaní medzných stavov použiteľnosti hodnoty parciálnych súčiniteľov pre stanovenie návrhových hodnôt účinkov zaťaženia aj odolností prierezov a prvkov mostných objektov podľa STN EN 1990, Zmena A1, príloha A2 hodnotami $\gamma_{F,ser} = \gamma_{M,ser} = 1,0$.

Z pohľadu **evidencie zaťažiteľností nových mostov stanovených prepočtom** (navrhujeme prepočítavať aj novo navrhované mosty, pozri 5.1, str. 41) sa predpokladá uvádzať zaťažiteľnosti takto:

Normálna zaťažiteľnosť:

- min 40,0 t (presnejšie podľa výsledku prepočtu nového mosta), pričom do mostného zošitu sa uvedie aj hmotnosť ťažkého vozidla 1,5 V_n – min 60,0 t, ktoré môže súčasne prechádzať cez most spolu s normálnym zaťažením.

Výnimočná zaťažiteľnosť:

- min. 180,0 t pre prejazd zvláštneho vozidla 1800/200 rýchlosťou 70 km/hod. bez vylúčenia dopravy (presnejšie podľa výsledku prepočtu),
- min. 300,0 t pre prejazd zvláštneho vozidla 3000/240 rýchlosťou 5 km/hod. v optimálnej stope s vylúčením dopravy (presnejšie podľa výsledku prepočtu).

V prípade existujúcich mostov sa výnimočná zaťažiteľnosť určí prepočtom pre vozidlo 1800/200 spolu s LM1 v častých hodnotách (bez vylúčenia dopravy), ako aj prepočtom pre vozidlo 3000/240 s vylúčením dopravy v restriktívnom režime prejazdu. Teda budú sa udávať dve výnimočné zaťažiteľnosti pre prípad prejazdu bez vylúčenia dopravy a pre prípad prejazdu s vylúčením dopravy v restriktívnom režime jazdy.

Pri mostoch na miestnych komunikáciách sa nepredpisuje ich návrh ani prepočet na výnimočné zaťaženie zvláštnymi vozidlami. K prípadnému návrhu nového mosta na účinky výnimočného zaťaženia sa pristúpi na základe dohody investora s budúcim správcom mosta. Pri takomto moste sa potom budú prepočtom stanovovať aj výnimočné zaťažiteľnosti pre zvláštne vozidlá 1800/200, resp. 3000/240.

5.2 Určovanie zaťažiteľnosti mostného objektu kombinovaným postupom (K)

Kombinovaný postup sa odporúča použiť v prípade, kedy k mostnému objektu nie je dostupná dokumentácia a niektoré oblasti konštrukcie nie je možné plnohodnotne diagnostikovať z dôvodu ich technickej nedostupnosti (napr. vedenie káblov nad podperou a pod.). Tento postup sa môže alternatívne uplatniť napr. v prípade betónových a spriahnutých oceľobetónových mostov. Zaťažiteľnosť stanovená kombinovaným postupom predstavuje kombináciu podrobného prepočtu, ktorý sa uplatní v častiach konštrukcie, ktoré boli overované diagnostikou a náhradnej analýzy mosta, ktorá sa uplatní, pri určovaní predpokladaného vystuženia betonárskou, prípadne predpínacou výstužou v častiach konštrukcie, ktorú nie je možné zistiť vystuženie bežnými diagnostickými metódami.

Pri náhradnej analýze je dôležité poznať rok uvedenia mosta do prevádzky, príp. roky, keď bola mostná konštrukcia opravovaná, pričom pri oprave došlo k staticky významným zmenám (rozšírenie, zosilnenie). Ako podklady sa použijú normy a predpisy platné v čase bezprostredne pred výstavbou, prípadne opravou objektu. Možno použiť i pomôcky, ktoré obsahujú údaje o starších normách a predpisoch. Výpočtový model konštrukcie sa určí na základe zistených rozmerov a na základe diagnostického prieskumu sa určia podmienky uloženia a väzby prvkov. Priechy roznos alebo spojitost' polí, či funkčnost' kĺbov v prípade viacpoľovej konštrukcie je možné posúdiť zaťažovacou skúškou.

Analýzou sa stanoví priebeh vnútorných síl a v rozhodujúcich prierezoch sa nadimenzuje plocha výstuže v súlade s platnými normami a predpismi v čase návrhu objektu. Materiálové charakteristiky sa určia s využitím kap. 4.5. Stanovené dimenzie prierezov a výstuže sa použijú pri výpočte zaťažiteľnosti kombinovaným postupom.

5.3 Určovanie zaťažiteľnosti mostného objektu odborným odhadom (O)

Určenie zaťažiteľnosti odborným odhadom (O) sa uplatňuje vtedy, ak nie je možné postupovať inak, teda najmä:

- ak nie sú k dispozícii podklady na určenie zaťažiteľnosti presnejším postupom,
- v časovej tiesni (posúdenie prejazdu špeciálneho vozidla, alebo konkrétneho nadmerného vozidla a pod.),
- v iných prípadoch odôvodnených správcom mostného objektu,

príčom skutočný stav mostného objektu jednoznačne neovplyvňuje stanovenú hodnotu zaťažiteľnosti.

Pri určovaní zaťažiteľnosti odborným odhadom sa musí zohľadniť skutočný stav mostného objektu. Ak sa na mostnom objekte vyskytujú poruchy preukázateľne ovplyvňujúce jeho zaťažiteľnosť, je nutné pristúpiť k stanoveniu jeho zaťažiteľnosti prepočtom.

Pomôckou na určenie zaťažiteľnosti odborným odhadom môže byť porovnanie účinkov pôvodného návrhového modelu zaťaženia vrátane príslušného dynamického súčiniteľa, znížených o hodnotu prípadného prírastku účinkov od stáleho zaťaženia, a zaťažovacieho modelu 1 pre rozhodujúce vnútorné sily. Rozhodujúce vnútorné sily a ich vplyvové čiary (ak sa nepostupuje inak) stanoví spracovateľ odhadu.

Normálnu zaťažiteľnosť V_n je možné potom stanoviť pomocou vzťahu:

$$V_n = \left[(E_{QL,k} - \Delta E_{G,k}) / E_{LM1,k} \right] \cdot V_{n,rep} \quad (5.5)$$

kde: $E_{QL,k}$ je charakteristická hodnota účinkov zvislého normálneho zaťaženia cestnou dopravou reprezentovaného modelom normálneho zaťaženia platným v čase návrhu mosta, vrátane zodpovedajúceho vtedy platného dynamického súčiniteľa,

$\Delta E_{G,k}$ je charakteristická hodnota prírastku účinkov stáleho zaťaženia v dôsledku priráženia mostného objektu dodatočným zaťažením (napr. zmenou mostného zvršku, úpravou ríms, chodníkov a pod.),

$E_{LM1,k}$ je charakteristická hodnota účinkov zvislého normálneho zaťaženia cestnou dopravou reprezentovaného zaťažovacím modelom 1,

$V_{n,rep}$ je hmotnosť reprezentatívneho vozidla pre normálnu zaťažiteľnosť v t.

Pri tejto metóde určovania zaťažiteľnosti je potrebné zohľadniť vývoj hodnôt dovolených namáhání materiálov oceľových a betónových mostov pomocou súčiniteľa β podľa tabuľky 3.1 v kapitole 3.3 tejto RÚ.

Rovnako, ak je to potrebné, sa stanoví výnimočná zaťažiteľnosť mostného objektu pomocou vzťahu (5.5) zámenou charakteristických účinkov normálneho zaťaženia cestnou dopravou za účinky charakteristického výnimočného zaťaženia.

Platnosť takto stanovenej hodnoty normálnej zaťažiteľnosti sú 2 roky. Po uplynutí tejto doby platnosti sa musí pristúpiť k spresneniu hodnoty zaťažiteľnosti prepočtom.

5.4 Zaťažiteľnosť spodnej stavby mostného objektu

Súčasťou prepočtu mostného objektu je aj zhodnotenie stavu jeho spodnej stavby a určenie jej zaťažiteľnosti. Kategória zaťažiteľnosti prvkov a častí spodnej stavby mostného objektu a tým aj spôsob a metodika určenia zaťažiteľnosti sa určí na základe dohody spracovateľa prepočtu mostného objektu a zadávateľa.

Ak po overení skutočného stavu mostný objekt a spodná stavba nevykazuje viditeľné poruchy, je možné zaťažiteľnosť spodnej stavby alebo jej časti určiť odborným odhadom podľa kap. 5.3.

V prípade zistenia porúch, ktoré môžu byť spôsobené nedostatočnou odolnosťou prvkov a častí spodnej stavby, príp. viditeľných deformácií vyvolaných sadaním spodnej stavby alebo jej časti, je potrebné posúdiť spodnú stavbu alebo jej časť a stanoviť jej zaťažiteľnosť prepočtom. V takom prípade je nutné vykonať diagnostický prieskum spodnej stavby mostného objektu a zistiť charakteristiky potrebné pre určenie zaťažiteľností jednotlivých častí spodnej stavby prepočtom. Spracovateľ prepočtu posúdi nosné časti spodnej stavby vrátane založenia, posúdi napätosť v základovej škáre a v jednotlivých prierezoch a overí stabilitu jednotlivých častí spodnej stavby proti preklopeniu a posunutiu na účinky zaťaženia a ich príslušné kombinácie. Ak na uvedené účinky zaťaženia spodná stavba, príp. jej časť nevyhoví, určí sa jej zaťažiteľnosť z príslušného kritéria nevyhovujúceho medzného stavu pre príslušný zaťažovací model zaťaženia cestnou dopravou.

V prípade pochybností o hodnovernosti zistených údajov alebo správnosti voľby výpočtového modelu spodnej stavby je možné na základe dohody spracovateľa prepočtu a zadávateľa pristúpiť k experimentálnemu overeniu správania sa spodnej stavby alebo jej časti zaťažovacou skúškou.

5.5 Zaťažiteľnosť lávok pre chodcov

Pre stanovenie účinkov zaťaženia chodcami alebo cyklistami sa v STN EN 1991-2 uvažujú tri vzájomne sa vylučujúce modely zvislého premenného zaťaženia:

- rovnomerné spojité zaťaženie q_{fk} ,
- osamelé sústredené zaťaženie Q_{fwk} ,
- zaťaženie reprezentujúceho služobné vozidlá Q_{serv} .

Odporúčaná charakteristická hodnota premenného rovnomerného zaťaženia je $q_{fk} = 5,0 \text{ kNm}^{-2}$. Tento model môže byť určený na pokrytie statických účinkov spojitého hustého davu ľudí tam, kde takéto riziko existuje. Ak sa použitie tohto modelu nevyžaduje, odporúča sa aplikovať hodnotu q_{fk} stanovenú podľa vzťahu:

$$g_{fk} = 2 + \frac{120}{L + 30}, \quad (5.6)$$

pričom: $g_{fk} \geq 2,5 \text{ kN.m}^{-2}$ a súčasne $g_{fk} \leq 5,0 \text{ kN.m}^{-2}$.

Charakteristická hodnota osamelého sústredného zaťaženia Q_{fwk} pôsobiaceho na plochu štvorca s hranou 0,1 m sa uvažuje s hodnotou 10 kN. Pri overeniach, kde sa rozlišujú lokálne a globálne účinky sa toto zaťaženie uvažuje len ako lokálne. Ak sa pre lávku pre chodcov uvažuje aj služobné vozidlo, zaťaženie sústredným bremenom sa nemá uvažovať.

Služobné vozidlo sa uvažuje ako model podľa STN EN 1991-2 zložený z dvojnápravovej zaťažovacej skupiny 40 kN (Q_{sv1}) a 80 kN (Q_{sv2}), s osovou vzdialenosťou náprav 3,0 m a s rázvorom 1,3 m. Kontaktná plocha kolesa má tvar štvorca s hranou 0,2 m.

STN EN 1991-2 predpisuje aj vodorovné pozdĺžne premenné zaťaženie Q_{flk} , ktoré odporúča zobrať ako väčšie z hodnôt:

- 10 % celkového zaťaženia zodpovedajúceho rovnomernému spojitému zaťaženiu,
- 60 % celkovej hmotnosti služobného vozidla, ak je to opodstatnené.

Vodorovná sila sa uvažuje pri súčasnom pôsobení zodpovedajúceho zvislého premenného zaťaženia (okrem sústredného bremena Q_{fwk}).

Skupiny dopravných zaťažení na lávkach pre chodcov sa majú uvažovať podľa tabuľky 5.1 v STN EN 1991-2.

Normálna zaťažiteľnosť lávok pre peších a cyklistov je najväčšia prípustná hodnota premenného rovnomerného zaťaženia v $kN.m^{-2}$ aplikovaná pozdĺžne aj priečne len v najnepriaznivejších častiach vplyvovej plochy rozhodujúcej vnútornej sily. Ak je zaťažiteľnosť menšia ako je hodnota q_{fk} stanovená podľa (5.6), je potrebné obmedziť jej prevádzku jedným z nižšie uvedených spôsobov:

- zmenšením voľnej šírky na lávke.
- obmedzením výskytu chodcov na lávke informatívnou tabuľkou (napr. upozorňujúcou na zákaz zhromažďovania osôb, dodržiavania rozstupov apod.); na informatívnej tabuli sa okrem toho uvedie aj maximálna hodnota rovnomerného zaťaženia v $kg.m^{-2}$.

5.6 Zaťažiteľnosť ekoduktov

Ekodukty (zelené mosty) primárne slúžia na prechod zvierat a osôb ponad dopravnú cestu (biokoridor). Zároveň však môžu slúžiť aj na prechod dopravy. Bližšie je tento typ migračných objektov opísaný v TP 067.

Globálna analýza objektu ekoduktu sa vykoná podľa odporúčaní v prílohách A až E v závislosti podľa použitých materiálov, z ktorých je mostný objekt zhotovený.

Pri ekoduktoch, pri ktorých sa predpokladá prejazd vozidiel a boli navrhované na účinky zaťaženia cestnou dopravou, sa posudzujú a ich zaťažiteľnosť stanovuje rovnako ako pre kategóriu cesty „Miestne obslužné a účelové komunikácie“ s príslušnými hodnotami kategorizačných súčiniteľov α_{Qi} a α_{qi} uvedenými v STN EN 1991-2/NA1 postupmi opísanými v časti 5.1.1.

Ekodukty navrhované bez možnosti prejazdu vozidiel sa posudzujú a zaťažiteľnosť sa určuje rovnako ako pri lávkach pre chodcov. Súčasne sa tento typ ekoduktu posúdi na prejazd servisného vozidla Q_{serv} podľa STN EN 1991-2.

V prípade pochybností o hodnovernosti zistených údajov alebo správnosti voľby výpočtového modelu objektu ekoduktu, je možné na základe dohody spracovateľa prepočtu a zadávateľa a možnosti prístupu skúšobného zaťaženia, overiť správanie sa ekoduktu experimentálnym overením objektu zaťažovacou skúškou.

Poznámka: Navrhuje sa označovať zaťažiteľnosti stanovené podľa tejto RÚ, resp. revidovaných TP 104 v tvare :

Z_{index1, index2, index3}

Písmeno Z zodpovedá v slovenskej terminológii zaťažiteľnosti.

index 1 označuje druh zaťažiteľnosti, napríklad :

n – normálna,

a – na jednu nápravu,

d – odstupová,

r – výhradná,
e – výnimočná,
l – lávka,
index 2 značí kategóriu zaťažiteľnosti (napr. P, V, K, O, Z, a pod.)
index 3 sa použije na označenie roku stanovenia zaťažiteľnosti mosta.

V prípade zaťažiteľností stanovených podľa predchádzajúcich starších, v súčasnosti neplatných predpisov, sa ponechá označenie zaťažiteľnosti písmenom V. Indexy sa použijú v súlade s návrhom uvedeným vyššie. Ak nejaký indexovaný údaj nebude známy, vypustí sa. Ak nebude známy rok stanovenia zaťažiteľnosti, uvedie sa rok výstavby.

5.7 Vplyv zmien na legislatívu, predpisy a dopad zmien do praxe

V tejto RÚ boli navrhnuté určité zmeny v porovnaní so súčasnou legislatívou a inými platnými predpismi. Ide najmä o vypustenie výhradnej zaťažiteľnosti, prijatie nového modelu výnimočného zaťaženia a úpravu jeho prejazdu cez most. Je potrebné tieto zmeny, ak sa prijmú, zapracovať do platnej legislatívy a normových predpisov. Z pohľadu vlastnej metodiky určovania zaťažiteľnosti sa navrhované zmeny dotýkajú len TP 104, ktorá sa navrhuje modifikovať. Podklady k týmto úpravám sú prezentované v predloženej RÚ. Konkrétne sa zásadné zmeny navrhované v tejto RÚ priamo dotýkajú tejto legislatívy, noriem a predpisov:

Vyhláška MV SR č. 30/2020 o dopravnom značení;

STN EN 1991-2/A1 Eurokód 1. Zaťaženia konštrukcií. Časť 2: Zaťaženia mostov dopravou. Národná príloha. SUTN 2020;

TP 075 Evidencia cestných mostov a lávok, MVD SR: 2013;

TP 103 Povoľovacie konanie na zvláštne užívanie pozemných komunikácií pri prepravách nadmerných a nadrozmerných nákladov (a niektoré súvisiace vybrané povinnosti správcov pozemných komunikácií a iných subjektov), MDV SR: 2017.

Z pohľadu Vyhlášky MV SR č. 30/2020 ide o zmenu v súvislosti s dopravným značením, nakoľko dodatková tabuľka č. 522 zrušením výhradnej zaťažiteľnosti stratí opodstatnenosť. Je však zrejmé, že sa zmeny dotknú len mostov prepočítavaných podľa metodiky navrhutej v tejto RÚ. Mosty prepočítané podľa starších dnes neplatných predpisov si túto kategóriu zaťažiteľnosti ponechajú.

Významné sú najmä zmeny v TP 103, ktorej sa dotkne zrušenie výhradnej zaťažiteľnosti a tým aj výhradného režimu jazdy cez most. Podobne aj návrh úpravy prejazdu zvláštneho vozidla, navrhnutý v tejto RÚ, predstavuje významnú zmenu aj pre STN EN 1991-2/NA1, nakoľko táto zmena normy sa bude týkať aj návrhu nových mostov a bude potrebné ju prediskutovať aj v rámci technických komisií pri SUTN Bratislava.

Z pohľadu dopadu zmien zaťažiteľností do praxe je dôležitá normálna zaťažiteľnosť, ktorá sa deklaruje dopravným značením na mostnom objekte. Jej definícia a stanovenie je v súlade s doteraz platnými TP 104. Tu sa metodika jej výpočtu výrazne nezmenila. Rozdiel oproti TP 104 je v rešpektovaní novej verzie STN EN 1991-2/NA1, ktorá upravila kategorizačné súčinitele pre mosty na diaľniciach, rýchlostných cestách, cestách I. II. a III. triedy na hodnoty $\alpha_{Qi} = 1,0$ pre $i = 1$ až 3 a $\alpha_{Qi} = 1,0$ pre $i \geq 1$. Na rozdiel od TP 104 sme zaviedli inú hodnotu reprezentatívneho vozidla normálnej zaťažiteľnosti, t.j. $V_{n,rep} = 40,0$ t. Súčasne predpokladáme modifikáciu úrovne spoľahlivosti pre existujúce mosty opísané v časti 3.4. **Teda hodnoty normálnych zaťažiteľností určené podľa návrhu v tejto RÚ budú rovnaké, resp. vyššie, ako hodnoty stanovené podľa platných TP 104. Teda dopad na obmedzenie dopravy nebude žiadny a netreba riešiť preklopenie súčasných hodnôt. Vždy platí, že**

zaťažiteľnosti stanovené podľa starších predpisov sa zachovávajú. K zmene dochádza až pri prepočte predmetného mosta, ktorý sa už realizuje podľa predpisu platného v dobe prepočtu. Vypustenie výhradnej zaťažiteľnosti bolo v RÚ jasne vysvetlené. Výhradné zaťaženie a výhradný režim jazdy v podstate prijatím STN EN 1991-2 zanikol. V tejto norme nie je k dispozícii žiadny model pre výhradné zaťaženie pri návrhu nových mostov. Keďže nebol k dispozícii model výhradného zaťaženia, v TP 104 sa umelo zaviedlo výhradné zaťaženie na stanovenie výhradnej zaťažiteľnosti, ktorá sa určuje z modelu zvláštneho vozidla, teda LM3. Súčasne je zrejmé, že pri existujúcej intenzite dopravy je výhradný režim jazdy cez most nerealizovateľný. V tejto RÚ sa navrhuje zohľadniť prejazd ťažkého vozidla jednak normálnou zaťažiteľnosťou modelom LM1, jednak v prípade ťažších prepráv výnimočnou zaťažiteľnosťou. **Zmena opäť nemôže vyvolať obmedzenia dopravy ani iný dopad na cestnú premávku. Nehrozia ani masívne prepočty existujúcich mostov, nakoľko ako bolo uvedené vyššie, zaťažiteľnosti stanovené podľa starších predpisov sa zachovávajú.** Takže výhradná zaťažiteľnosť zostane aj po zavedení revidovaných TP 104 zachovaná až do doby, kedy sa pristúpi k prepočtu mosta, ktorý sa spracuje už podľa revidovaných TP 104.

Zmena modelu výnimočnej zaťažiteľnosti sa uplatní tiež až po jej zavedení do revidovaných TP 104. Tým že je navrhnutý model 1800/200 kalibrovaný na zaťažovací model výnimočnej zaťažiteľnosti podľa ON 73 6220-1983, neočakávajú sa výraznejšie rozdiely v jednotlivých výnimočných zaťažiteľnostiach. Súčasne tento model umožní prejazd ťažkých vozidiel bez obmedzenia normálnej cestnej dopravy po moste, teda prispeje k zrýchleniu dopravy na moste. V RÚ súčasne uvádzame, **že ťažšie súpravy s hmotnosťou väčšou ako je výnimočná zaťažiteľnosť, stanovená pre model 1800/200, sa zohľadnia modelom zvláštneho vozidla 3000/240,** ktoré sa po moste pohybuje za podmienok prejazdu definovaných v čl. NA.2.16 v STN EN 1991-2/NA1. **Tento model je aplikovaný v súčasne platných TP 104, teda opäť nevyvolá žiadne zmeny oproti súčasnému stavu.**

V prílohe I uvádzame 4 príklady výstupov prepočtov mostných objektov. Dva príklady sú venované doskovému mostu o rozpätí 10,0 m, dva platia pre trámové mosty o rozpätí 30,0 m, pričom sa mení aj šírka mosta. Výsledky výpočtov podľa metodiky uvedenej v tejto RÚ sú porovnané s výstupmi prepočtov podľa súčasne platnej TP 104, ako aj podľa ON 73 6220. Z porovnania sú zrejmé priaznivejšie výsledky zaťažiteľností stanovené podľa tejto RÚ v porovnaní so súčasne platnými TP 104.

6 Obsah revízie TP 104

Navrhujeme nasledujúci obsah plánovaných TP 104 :

1 Úvod

- 1.1 Vzájomné uznávanie
- 1.2 Predmet technických podmienok (TP)
- 1.3 Účel TP
- 1.4 Použitie TP
- 1.5 Vypracovanie
- 1.6 Distribúcia TP
- 1.7 Účinnosť TP
- 1.8 Nahradenie predchádzajúcich predpisov
- 1.9 Súvisiace a citované právne predpisy
- 1.10 Súvisiace a citované normy
- 1.11 Súvisiace a citované technické predpisy a podmienky

- 1.12 Súvisiace a citované zahraničné normy a predpisy
- 1.13 Použitá literatúra
- 1.14 Použité skratky
- 1.15 Značky
- 2 Všeobecne
 - 2.1 Zaťažiteľnosť mostov
 - 2.2 Kategórie zaťažiteľnosti mostov
 - 2.3 Normálna zaťažiteľnosť
 - 2.4 Zaťažiteľnosť na jednu nápravu
 - 2.5 Výnimočná zaťažiteľnosť
 - 2.6 Normálna zaťažiteľnosť lávok pre peších a cyklistov
 - 2.7 Zaťažiteľnosť na prevádzkovaných objektoch
 - 2.8 Overenie zaťažiteľnosti zaťažovacou skúškou
- 3 Podklady pre stanovenie zaťažiteľnosti
 - 3.1 Všeobecne
 - 3.2 Základné podklady na stanovenie zaťažiteľnosti mosta
 - 3.3 Doplnujúce podklady na stanovenie zaťažiteľnosti mosta
 - 3.4 Všeobecné dokumenty na stanovenie zaťažiteľnosti mosta
 - 3.5 Prehliadka a diagnostický prieskum pred stanovením zaťažiteľnosti
 - 3.6 Zaťažovacie skúšky
- 4 Základné ustanovenia pre určovanie zaťažiteľností mostných objektov
 - 4.1 Medzné stavy existujúcich mostných objektov
 - 4.2 Zaťaženia pri určovaní zaťažiteľnosti
 - 4.3 Globálna analýza
 - 4.4 Kombinácie zaťažení pre medzné stavy únosnosti
 - 4.5 Kombinácie zaťažení pre medzné stavy používateľnosti
 - 4.6 Materiály a základová pôda pre prepočty
 - 4.7 Predpätie
- 5 Určovanie zaťažiteľnosti mostného objektu prepočtom
 - 5.1 Všeobecne
 - 5.2 Normálna zaťažiteľnosť
 - 5.3 Zaťažiteľnosť na jednu nápravu
 - 5.4 Výnimočná zaťažiteľnosť
 - 5.5 Posúdenie na únavu
 - 5.6 Medzné stavy používateľnosti
- 6 Určovanie zaťažiteľnosti mostného objektu kombinovaným postupom
 - 6.1 Použitie kombinovaného postupu určovania zaťažiteľnosti
 - 6.2 Podklady pre kombinovaný postup určovania zaťažiteľnosti
 - 6.3 Postup pri kombinovanom postupe určovania zaťažiteľnosti
- 7 Určovanie zaťažiteľnosti mostného objektu odborným odhadom
 - 7.1 Použitie odborného odhadu určovania zaťažiteľnosti

- 7.2 Postup pri odbornom odhade určovania zaťažiteľnosti
- 8 Zaťažiteľnosť spodnej stavby mostného objektu
- 9 Zaťažiteľnosť lávok pre chodcov
- 10 Zaťažiteľnosť ekoduktov
- 11 Zaťažovacie skúšky
 - 11.1 Všeobecne
 - 11.2 Študijná zaťažovacia skúška
 - 11.3 Overovacia zaťažovacia skúška
- 12 Evidencia zaťažiteľnosti
 - 12.1 Všeobecne
 - 12.2 Povinnosti zhotoviteľa projektovej dokumentácie mostov
- 13 Vyznačenie zaťažiteľnosti na mostoch

Príloha A – Betónové mostné objekty

- A.1 Vlastnosti materiálov
 - A.1.1 Vlastnosti betónu
 - A.1.2 Vlastnosti výstuže
- A.2 Prepočet existujúcich betónových mostných objektov
 - A.2.1 Globálna analýza
 - A.2.2 Medzné stavy únosnosti
 - A.2.3 Medzné stavy používateľnosti

Príloha B – Spriahnuté oceľobetónové mosty

- B.1 Identifikácia spriahnutej oceľobetónovej konštrukcie
- B.2 Globálna analýza spriahnutých mostov
- B.3 Medzné stavy únosnosti spriahnutých mostov
- B.4 Medzné stavy používateľnosti spriahnutých mostov

Príloha C – Oceľové mosty

- C.1 Vlastnosti materiálov
- C.2 Prepočet oceľových nosných konštrukcií existujúcich mostov
 - C.2.1 Globálna analýza
 - C.2.2 Medzné stavy únosnosti
 - C.2.3 Medzné stavy používateľnosti

Príloha D – Murované mostné objekty

- D.1 Vlastnosti materiálov
- D.2 Prepočet existujúcich murovaných mostných objektov

Príloha E – Drevené mosty

- E.1 Vlastnosti materiálov
- E.2 Prepočet drevených nosných konštrukcií

Príloha F – Prehľad zaťažiteľnosti časti mosta

Príloha G – Výpočet parciálnych súčiniteľov účinkov zaťaženia a materiálov existujúcich mostných objektov

- G.1 Úroveň spoľahlivosti existujúcich mostných objektov

G.2 Výpočet hodnôt parciálnych súčiniteľov účinkov zaťaženia

G.3 Výpočet hodnôt parciálnych súčiniteľov spoľahlivosti materiálov.

7 Záver

Táto RÚ bola spracovaná na základe podania podnetu a návrhu úlohy RVT “Určovanie zaťažiteľnosti mostov na pozemných komunikáciách a lávok pre chodcov“ s predpokladom pripraviť podklady k revízii TP 104.

Predložená RÚ v úvodnej kapitole uvádza súvisiace a citované právne predpisy, normy, TP a iné predpisy, zahraničné normy a predpisy a definuje použité skratky, ako aj uvádza použitú literatúru rešpektujúc pripomienky k 1. aj 2. návrhu RÚ. Druhá kapitola je venovaná termínom a definíciám priamo súvisiacim s riešenou problematikou prezentovanou v tejto RÚ.

V tretej kapitole sa autori RÚ sústredili na súčasný stav metodiky určovania zaťažiteľnosti mostov pozemných komunikácií, a to v časti 3.1 v SR a v časti 3.2 v zahraničí. V opisoch je zohľadnená aj história vzniku rôznych noriem a predpisov používaných na území Československej republiky, Českej republiky a Slovenskej republiky od roku 1964 až po súčasnosť. Prínosom týchto častí je najmä zhrnutie doposiaľ používaných zaťažovacích modelov pri určovaní zaťažiteľnosti mostov pozemných komunikácií.

Pozornosť je v RÚ venovaná úrovni spoľahlivosti aplikovanej pri overovaní odolností prierezov a prvkov existujúcich mostných objektov. Táto problematika je opísaná v časti 3.4 tejto RÚ. Všeobecne je rozšírený názor, že je potrebné rozlišovať úroveň spoľahlivosti nových mostných objektov od hladiny spoľahlivosti existujúcich mostov. Názor vychádza z úvahy, že o existujúcom moste máme podstatne viac informácií, ako pri návrhu nového mosta. Tieto informácie sa získavajú najmä dohliadacou činnosťou, príp. diagnostickým prieskumom a spresňujú dáta o geometrii mosta, vlastnostiach materiálov, výpočtovom modeli mosta, dopravnej intenzite na moste, poruchách a imperfekciách prvkov mostných objektov a pod. Získané informácie redukujú začiatočné neistoty vstupných parametrov procesu overovania spoľahlivosti. **V časti 3.4 je predstavená teoretická analýza, ako vplyv dohliadacej činnosti a tým aj redukciu neistôt vstupných parametrov implementovať do úrovne spoľahlivosti platnej pre existujúce mosty.** Výsledkom sú indexy spoľahlivosti $\beta_i(t)$ závislé od veku mosta, v ktorom sa realizovala prehliadka a vykonáva prepočet mosta, a zvolenej tzv. plánovanej zvyškovej životnosti mosta, resp. jeho posudzovaného prvku, ktorá súčasne definuje aj časovú platnosť prepočtu. **Hodnoty indexov spoľahlivosti $\beta_i(t)$ definujúcich úroveň spoľahlivosti existujúcich mostov sú uvedené v tab. 3.2 a použijú sa pri výpočte návrhových hodnôt účinkov zaťaženia a odolností prierezov a prvkov mosta, čo sa priamo premieta do výpočtu hodnôt parciálnych súčiniteľov účinkov zaťaženia a odolností mostných prvkov.** Táto myšlienka a prístup sú v súlade s najnovšími trendmi overovania spoľahlivosti existujúcich konštrukcií zahrnutými napríklad v STN ISO 13822 a STN P ISO 2394. Jej implementácia do revidovaných TP 104 **bude predstavovať zásadný nový prístup, prvýkrát v histórii zavedený do noriem a predpisov pre určovanie zaťažiteľnosti existujúcich mostov na pozemných komunikáciách v našich podmienkach.** Uvedená modifikácia však neznamená možnosť s časom bez prepočtu meniť zaťažiteľnosť. Zaťažiteľnosť je možné meniť len na základe výsledkov jej určenia, bez ohľadu na spôsob jej stanovenia (V,K,O). **Práve prepočtom je však možné získať opísaným postupom vyššie zaťažiteľnosti podľa zvolenej plánovanej zvyškovej životnosti.**

Opis najčastejších porúch a poškodení betónových a oceľových mostov a ich príčin a následkov je uvedený v tab. 3.3 a 3.4 v časti 3.5. Táto časť má význam najmä z pohľadu potreby implementácie porúch do výpočtových modelov odozvy mosta na zaťaženia a do modelov odolností prierezov a prvkov mostných objektov. Ide o prístup aplikovaný vo väčšine podobných predpisov s cieľom vyhnúť sa subjektívnemu hodnoteniu porúch na spoľahlivosť

mosta pomocou napríklad súčiniteľa stavebno-technického stavu. **Spracovateľ prepočtu musí v technickej správe uviesť, ktoré poruchy boli implementované do prepočtu a ktoré poruchy navrhuje odstrániť údržbou a opravami.** Vplyv poruchy alebo poškodenia je potrebné zaviesť jednak do výpočtových modelov odozvy mosta na zaťaženia, jednak do modelov odolností prierezov a prvkov mostných objektov. Postup zohľadňovania stavu mosta pomocou súčiniteľa stavebno-technického stavu je všeobecne odmietaný a nebol zahrnutý ani do súčasných TP 104. V tejto dobe sú k dispozícii overené softvérové produkty, ktoré sú schopné zohľadniť implementáciu poruchy alebo poškodenia konštrukčného prvku priamo vo výpočtovom modeli.

Zásadné podklady pre určovanie zaťažiteľnosti sú uvedené v kapitole 4. Navrhujú sa tri možnosti určovania zaťažiteľnosti, a to **podrobným prepočtom (V), kombinovaným postupom (K) a odborným odhadom podporeným porovnávacím prepočtom (O).** Prvé dva spôsoby sú rovnaké ako v TP104. Tretí postup pripúšťame len na existujúcich mostoch, ktorých stavebno-technický stav neovplyvňuje ich zaťažiteľnosť. Odhad je podporený porovnaním účinkov premenného zaťaženia, na ktoré bol most v minulosti navrhnutý, s účinkami premenných zaťažení cestnou dopravou podľa v súčasnosti platných noriem. **V tejto RÚ sa preferuje určovanie zaťažiteľnosti podrobným prepočtom mosta. To však neznamená, že všetky časti mosta sa musia prepočítavať. Napríklad zaťažiteľnosť spodnej stavby je možné stanoviť menej presnými postupmi (K,O).** Podrobnejšie sú tieto tri postupy opísané v častiach 5.1 až 5.3.

Pre určovanie zaťažiteľnosti mostov je potrebné poznať jednotlivé zaťaženia pôsobiace v čase prepočtu na mostný objekt. Podstatné sú zaťažovacie modely simulujúce jednotlivé druhy cestnej dopravy. Ich predstavenie je uvedené v časti 4.3. Už pri návrhu tejto úlohy bolo dohodnuté s objednávateľom, že sa budú aplikovať príslušné modely premenného zaťaženia cestnou dopravou z STN EN 1991-2, čo bolo aj splnené. **Pre normálnu zaťažiteľnosť sa uplatnil model LM1, pričom navrhujeme normálnu zaťažiteľnosť určovať z hmotnosti vozidla v druhom zaťažovacom pruhu. Nakoľko v prvom zaťažovacom pruhu je súčasťou LM1 ťažké vozidlo s hmotnosťou $1,5 V_n$, odporúčili sme aj preto zrušiť výhradnú zaťažiteľnosť V_r .** Prejazd výhradného zaťaženia ako jediného vozidla na moste za vylúčenia ostatnej dopravy je pri súčasnej intenzite dopravy a podmienok prejazdu vozidla, za splnenie ktorých zodpovedá vodič, nerealizovateľný. **Tým, že LM1 obsahuje ťažké vozidlo zodpovedajúce zvláštnemu vozidlu 600/150 z STN EN 1991-2, prílohy A, je výhradné zaťaženie pokryté čiastočne normálnou zaťažiteľnosťou. Správca teda môže umožniť prejazd vozidla s hmotnosťou $1,5$ násobku určenej V_n bez akýchkoľvek obmedzení. Ťažšie prepravy zohľadní výnimočná zaťažiteľnosť.**

Komparatívne analýzy v prílohe H poukázali na nízke hodnoty normálnej zaťažiteľnosti počítané z účinkov modelu LM1 pre mosty s rozpätiami menšími ako 30,0 m v porovnaní so súčasnými hodnotami stanovenými pre modely z ON 73 6220, resp. starších predpisov. **Preto navrhujeme možnosti, ako vypočítanú hodnotu normálnej zaťažiteľnosti pre mosty s rozpätiami do 30,0 m ďalej upraviť.** Zrealizovať sa to môže buď prenásobením zväčšovacím faktorom podľa vzťahu (5.1b), alebo redukciou charakteristických hodnôt LM1 klasifikačnými súčiniteľmi $\alpha_{qi} = 0,8$ pre $i = 1$ až 3, $\alpha_{q1} = 0,8$, resp. $\alpha_{qi} = 1,0$ pre $i > 1$.

Výnimočná zaťažiteľnosť mosta sa navrhuje odvodzovať od prejazdu zvláštnej súpravy 1800/200 resp. 3000/240 z STN EN 1991-2, prílohy A. Pristúpili sme na pripomienky KCMD Žilinskej univerzity a uplatnili sme pre model výnimočného zaťaženia **možnosť prejazdu tohto zvláštného vozidla 1800/200 cez most rýchlosťou 70 km/hod bez vylúčenia ostatnej cestnej dopravy.** Tá je v modeli zohľadnená častými hodnotami LM1 na zaťažovacích pruhoch nezaťažených zvláštnym vozidlom (pozri obr. 4.4). V STN EN 1991-2 v prílohe A, článku A.3 (7) sa uvádza, že sa má použiť dvojica zvláštnych vozidiel na zaťažovacích pruhoch obsadených týmito vozidlami. Vzhľadom na vysoké zaťaženie, ktoré

dvojica uvedených zvláštnych vozidiel vyvoláva, a to aj za predpokladu ich prejazdu pri stanovenej vzdialenosti medzi nimi, navrhli sme na základe porovnávacej štúdie aplikovať v modifikovanom modeli len jedno zvláštne vozidlo 1800/200. Použitie dvoch vozidiel by znamenalo výraznú redukciu výnimočnej zaťažiteľnosti na existujúcich mostoch. **Nový model výnimočného zaťaženia predstavuje významný zásah do jeho súčasného ponímania**, nakoľko sa doteraz výnimočné zaťaženie zohľadňovalo prejazdom zvláštneho vozidla 3000/240 rýchlosťou 5 km/hod v optimálnej stope cez most za vylúčenia akejkoľvek cestnej dopravy.

Ťažšie prepravy s hmotnosťou väčšou ako je výnimočná zaťažiteľnosť stanovená pre model 1800/200 sa budú pohybovať po moste pri reštrikčných podmienkach prejazdu, aké platia pre doteraz aplikovaný model zvláštneho vozidla 3000/240. Súčasne je tu možnosť pri týchto ťažších prepravách požadovať prepravnú spoločnosť o posúdenie mosta na prejazd ťažkého vozidla aj bez reštrikčných obmedzení, čo práve posúdenie môže preukázať.

K týmto záverom, aj ohľadom zrušenia výhradnej zaťažiteľnosti V_r , sme dospeli na základe analýzy výsledkov pomerne rozsiahlej parametrickej a komparatívnej štúdie prezentovanej v prílohe H. Model výnimočného zaťaženia 1800/200 bol vybraný, nakoľko jeho účinky najviac zodpovedali účinkom zvláštnej súpravy 14 x 1400 kN + 2 x 420 kN z ON 73 6220 pri rovnakom spôsobe prejazdu cez mostný objekt.

Zaťažiteľnosť na jednu nápravu navrhujeme ponechať v súlade s jej poňatím uvedeným v TP 104 vrátane zaťažovacieho modelu, ktorý rešpektuje schému LM2 z STN EN 1991-2.

Pri prepočtoch mostných objektov sa pracuje s návrhovými hodnotami zaťaženia. Tie sa určujú pomocou charakteristických hodnôt zaťaženia a ich parciálnych súčiniteľov. Táto RÚ, ako bolo uvedené vyššie, zavádza modifikovanú úroveň spoľahlivosti pre existujúce mosty, ktorá je formou indexov spoľahlivosti β uvedená v tab. 3.2. Tieto indexy sa použijú pri výpočte hodnôt parciálnych súčiniteľov účinkov zaťaženia a odolností prierezov a prvkov mostných objektov. **Pre základné druhy zaťaženia (stále, premenné zaťaženie cestnou dopravou) sú vzťahy pre výpočet ich parciálnych súčiniteľov vysvetlené priamo v texte tejto RÚ.** Bližšie je celá táto problematika a konkrétne postupy výpočtov hodnôt príslušných parciálnych súčiniteľov predstavená v prílohe G.

V kapitole 4 sú uvedené v časti 4.4 aj metódy globálnej analýzy mosta a **časť 4.5 opisuje všeobecne charakteristiky materiálov a metodiku určovania ich návrhových hodnôt.** Bližšie sú tieto postupy predstavené pre jednotlivé materiály, z ktorých sú mosty vybudované, v prílohách A až E.

Metodika výpočtu jednotlivých druhov zaťažiteľností je uvedená v tejto RÚ v kapitole 5. Postupy sú prezentované formou vzorcov pre normálnu zaťažiteľnosť (5.1a), zaťažiteľnosť na jednu nápravu (5.2) a výnimočnú zaťažiteľnosť (5.3). Štruktúra vzorca pre normálnu zaťažiteľnosť je podobná vzorcom (13) a (14) z TP 104, **len faktor zaťažiteľnosti F_z sa vypúšťa a počíta sa priamo hmotnosť vozidla normálneho zaťaženia v t.** Pritom hmotnosť reprezentatívneho vozidla $V_{n,rep}$ sa navrhuje v súlade s STN EN 1991-2 hodnotou 40,0 t (pozri tab. 5.1). Hmotnosť reprezentatívnej nápravy pre zaťažiteľnosť na jednu nápravu sa v spomenutej tabuľke 5.1 uvádza hodnotou tiež 40,0 t a hmotnosť reprezentatívneho vozidla pre výnimočnú zaťažiteľnosť je 180,0 t, resp. 300,0 t.

Pri prepočtoch mostov navrhovaných na premenné zaťaženia podľa STN EN 1991-2 sa pri výbere kombinačných pravidiel z hľadiska medzných stavov únosnosti uprednostňuje kombinácia (6.10) podľa STN EN 1990. Pre existujúce mosty navrhované podľa starších, dnes už neplatných noriem, odporúčame uprednostniť rozhodujúcu kombináciu z (6.10a) a (6.10b).

V tejto RÚ sa predpokladá stanovovať zaťažiteľnosť aj pre novo navrhované mosty. Sleduje sa tým myšlienka, aby mal správca mostu informácie o skutočných hodnotách

jednotlivých druhov zaťažiteľností mosta, ktoré budú pravdepodobne vyššie, ako udávajú ich limitné hodnoty. Výpočet zaťažiteľnosti nového mosta sa vykonáva na úroveň spoľahlivosti aplikovanú pri jeho návrhu. Reálne hodnoty zaťažiteľností je možné využívať napríklad pri prejazdoch nadmerných súprav.

Okrem určovania zaťažiteľnosti mostných objektov podrobným prepočtom sa kapitola 5 venuje podrobnejšie aj zvyšným postupom určovania zaťažiteľnosti, t.j. určovanie zaťažiteľnosti kombinovaným postupom a odborným odhadom. **Stručne je opísaná metodika určovania zaťažiteľnosti spodnej stavby, lávok pre chodcov a ekoduktov.**

Zmeny zavedené pre určovanie zaťažiteľnosti mostných objektov v tejto RÚ sa výraznejšie dotýkajú Vyhlášky MV SR č. 30/2020 o dopravnom značení v dôsledku zrušenia výhradnej zaťažiteľnosti a STN EN 1991-2/NA1, v ktorej bude potrebné, pri prijatí navrhovaných zmien, revidovať článok NA.2.16. **Podobne sa navrhovaná zmena týkajúca sa zrušenia výhradnej zaťažiteľnosti dotýka výraznejšie TP 103, ako aj TP 075.** Z pohľadu zmien prezentovaných v tejto RÚ sa nedajú očakávať významné dopady na súčasný stav praxe. Pri stanovení normálnej zaťažiteľnosti sa jej metodika výrazne nemení, takže je možné konštatovať, že hodnoty normálnej zaťažiteľnosti určené podľa postupov v tejto RÚ budú rovnaké, resp. aj vyššie ako hodnoty stanovené podľa súčasne platnej TP 104. Teda dopad na obmedzenie dopravy nebude žiadny a netreba riešiť preklopenie súčasných hodnôt. **Vždy platí, že zaťažiteľnosti stanovené podľa starších predpisov sa zachovávajú.**

Výhradná zaťažiteľnosť a výhradný režim dopravy v podstate prijatím STN EN 1991-2 zanikol. Súčasne je zrejmé, že pri existujúcej intenzite dopravy je výhradný režim jazdy cez most nerealizovateľný. Prejazd ťažkého vozidla sa tak podľa tejto RÚ zohľadňuje jednak v normálnej zaťažiteľnosti modelom LM1, jednak v prípade ťažších prepráv je zohľadnený výnimočnou zaťažiteľnosťou. Zmena opäť nemôže vyvolať obmedzenia dopravy ani iný dopad na cestnú premávku, práve naopak prispeje k plynulosti cestnej premávky. Netreba sa obávať ani dopadu zmeny na prepočty existujúcich mostov, nakoľko zaťažiteľnosti stanovené podľa starších predpisov sa zachovávajú. **Takže výhradná zaťažiteľnosť zostane aj po zavedení revidovaných TP 104 na moste zachovaná až do doby, kedy sa pristúpi k prepočtu mosta, ktorý sa spracuje už podľa revidovaných TP 104.**

Zmena modelu výnimočnej zaťažiteľnosti sa uplatní tiež až po jej zavedení do revidovaných TP 104. **Tým že navrhnutý model 1800/200, resp. 3000/240 sú kalibrované na zaťažovací model výnimočnej zaťažiteľnosti podľa ON 73 6220-1983, neočakávajú sa rozdiely hodnôt výnimočnej zaťažiteľnosti v porovnaní s hodnotami stanovenými podľa súčasne platnej TP 104.**

Kapitola 6 predstavuje návrh obsahu revidovaných TP 104.

Prílohy A až E sú venované určovaniu zaťažiteľnosti jednotlivých druhov mostných objektov členených podľa materiálov, z ktorých boli zhotovené. Členenie všetkých príloh je rovnaké, t.j. Vlastnosti materiálov, Prepočet existujúcich mostných objektov (globálna analýza, medzné stavy únosnosti, medzné stavy používateľnosti). V rámci revidovaných TP 104 budú v týchto prílohách konkretizované postupy, podklady a metodika určovania zaťažiteľnosti jednotlivých druhov mostných objektov v súlade so znením tejto RÚ a návrhu jej príloh. **Keďže sa v týchto prílohách rešpektujú znenia konštrukčných Eurokódov, je v nich zohľadnené aj využívanie plastických rezerv prierezov mostných prvkov. Súčasne sú rešpektované odlišnosti a riziká jednotlivých druhov mostných objektov, resp. ich častí a prvkov.**

Príloha F podáva návrh jednotného prehľadu zaťažiteľností jednotlivých prvkov mosta.

Príloha G prezentuje už vyššie spomenutý postup určovania hodnôt parciálnych súčiniteľov účinkov zaťaženia a odolností prierezov a prvkov mostov v súvislosti so zavedenou modifikáciou úrovne spoľahlivosti pre existujúce mosty.

Takisto už spomínaná **príloha H prezentuje parametrické a komparatívne analýzy účinkov zaťaženia cestnou dopravou** simulovanou výberom zaťažovacích modelov podľa v súčasnosti platných noriem a noriem a predpisov platných v minulosti. **Výstupy štúdie boli veľmi dôležité pri formulácii záverov a navrhovaných zmien pre revíziu TP 104.**

V prílohe I sú prezentované 4 príklady prepočtov vybraných mostných objektov podľa navrhutej metodiky a sú porovnané s výsledkami prepočtov podľa platnej TP 104, ako aj podľa ON 73 6220. Z porovnania sú zrejmé priaznivejšie výsledky zaťažiteľností stanované podľa tejto RÚ v porovnaní s výstupmi podľa súčasne platnými TP 104.

Katedra cestnej a mestskej dopravy, Fakulty prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov Žilinskej univerzity v Žiline požadovala v pripomienkach k prvému návrhu RÚ podstatne rozsiahlejšiu analýzu zameranú aj na modely prejazdov reálneho prevádzkového zaťaženia určitými rýchlosťami cez mostné objekty. Preto hodláme navrhnuť SSC spracovanie spoločnej RÚ v roku 2021 **práve smerom k podrobnejším analýzam účinkov zaťaženia cestnou dopravou v SR** a zosúladiť požiadaviek TP 103 na prejazdy nadmerných súprav cez mosty v SR s metodikou určovania zaťažiteľnosti podľa revidovanej TP 104.

V Žiline, 30.11.2020

Prílohy:

- Príloha A – Betónové mostné objekty
- Príloha B – Spriahnuté oceľobetónové mosty
- Príloha C – Oceľové mosty
- Príloha D – Murované mostné objekty
- Príloha E – Drevené mosty
- Príloha F – Prehľad zaťažiteľnosti časti mosta
- Príloha G – Výpočet parciálnych súčiniteľov účinkov zaťaženia a materiálov
- Príloha H – Štúdia účinkov zaťaženia mostov cestnou dopravou
- Príloha I – Príklady vyčíslení zaťažiteľností

PRÍLOHA A - Betónové mostné objekty

A.1 Vlastnosti materiálov

A.1.1 Vlastnosti betónu

Druh betónu a jeho vlastnosti sa stanovujú niektorým z týchto spôsobov:

- a) na základe prehliadkou overenej dokumentácie mostného objektu s využitím noriem a predpisov platných v dobe jeho návrhu,
- b) na základe výsledkov diagnostického prieskumu a skúšok materiálu vykonaných so súhlasom odborného útvaru zadávateľa.

Z dostupnej dokumentácie sa podľa charakteristickej hodnoty zaručenej kockovej pevnosti betónu v tlaku $f_{ck,cube}$ betón zaradi do príslušnej triedy. V prípade, ak nie je k dispozícii dokumentácia mostného objektu, príp. z tejto dokumentácie nie je možné jednoznačne stanoviť vlastnosti betónu existujúceho mostného objektu sa vlastnosti stanovujú na základe diagnostického prieskumu a skúšok materiálu. V tomto prípade je charakteristická hodnota valcovej pevnosti f_{ck} alebo charakteristická hodnota kockovej pevnosti $f_{ck,cube}$ definovaná hodnotou pevnosti zodpovedajúcej 5%-nému kvantilu zo všetkých výsledkov skúšok pevnosti základného súboru daného betónu.

Pri zisťovaní kvality betónu je možné aplikovať deštruktívne aj nedeštruktívne diagnostické metódy. V prípade, že sa pre zisťovanie pevnosti betónu využije deštruktívna metóda skúšania na jadrových vývrtoch, získa sa charakteristická hodnota valcovej pevnosti betónu v tlaku f_{ck} podľa STN EN 12504-1, STN EN 206+A1 a STN EN 206/NA. Charakteristiky betónu f_{cd} , f_{ctm} , $f_{ctk0,05}$, f_{ctd} , E_{cm} a E_{cd} sa môžu určiť podľa STN EN 1992-1-1.

V prípade, ak sa pre zisťovanie pevnosti betónu použijú nedeštruktívne metódy skúšania, získa sa charakteristická hodnota zaručenej kockovej pevnosti betónu v tlaku $f_{ck,cube}$ (R_{bg}) a jej hodnota sa určí podľa STN EN 12504-2, STN EN 12504-4, STN EN 206+A1 a STN EN 206/NA v závislosti na metóde skúšania a s prihliadnutím k STN ISO 13822. Charakteristická hodnota valcovej pevnosti betónu v tlaku f_{ck} sa vypočíta z charakteristickej hodnoty zaručenej kockovej pevnosti betónu v tlaku ako $0,8 \cdot f_{ck,cube}$.

Stredná hodnota sečnicového modulu pružnosti betónu E_{cm} , ak nie je určená priamo skúškami, sa môže určiť podľa tab. 3.1 v STN EN 1992-1-1. Návrhová hodnota modulu pružnosti betónu E_{cd} sa získa delením strednej hodnoty modulu pružnosti E_{cm} parciálnym súčiniteľom spoľahlivosti betónu γ_c .

A.1.2 Vlastnosti výstuže

Druh výstuže a jej vlastnosti sa určujú niektorým z týchto spôsobov:

- a) na základe prehliadkou overenej dokumentácie mostného objektu s využitím noriem a predpisov platných v dobe jeho návrhu,
- b) na základe prehliadky podľa tvaru prierezu, povrchu výstuže a znalosti doby realizácie mostného objektu,
- c) na základe výsledkov diagnostického prieskumu a skúšok materiálov vykonaných so súhlasom odborného útvaru zadávateľa.

Betonárska výstuž

V prípade, ak je v dokumentácii mostného objektu uvedený druh výstuže a z prehliadky mostu nevyplyva potreba jej overenia skúškami, prevezmú sa príslušné pevnostné charakteristiky výstuže z tabuliek v prílohe NC z STN ISO 13822.

Charakteristické hodnoty medze klzu výstuže f_{yk} (alebo dohovoreného napätia $f_{0,2k}$), ako aj ďalšie parametre súvisiace s pracovným diagramom ocele, je možné pre jednotlivé druhy betonárskej výstuže určiť podľa 3.2 v STN EN 1992-1-1.

V prípade, ak druh betonárskej ocele a jej vlastnosti nie sú známe, sa pevnostné charakteristiky výstuže sa stanovujú na základe skúšok na odobraných vzorkách. Za charakteristickú hodnotu pevnosti ocele v ťahu a v tlaku sa považuje zaručená medza klzu f_{yk} (alebo dohovoreného napätia $f_{0,2k}$). Požadované vlastnosti betonárskych ocelí sa overujú pomocou skúšobných postupov v súlade s STN EN ISO 6892-1 a STN EN ISO 15630-1.

Návrhová hodnota modulu pružnosti betonárskej výstuže E_s sa uvažuje hodnotou $E_s = 200$ GPa.

Predpínacia výstuž

V prípade, ak je v dokumentácii mostného objektu uvedený druh predpínacej výstuže a z prehliadky mostu nevyplýva potreba jej overenia skúškami, zistia sa príslušné pevnostné charakteristiky predpínacej výstuže v prípade drôtov a lán z tabuliek v prílohe NC normy STN ISO 13822.

V prípade predpínacej výstuže z druhov ocelí podľa predchádzajúcich platných noriem a predpisov sa charakteristická hodnota pevnosti predpínacej výstuže v ťahu f_{pk} rovná normovej hodnote pevnosti v ťahu R_{pn} uvádzanej v predchádzajúcich platných normách. Charakteristické dohovorené hodnoty medze klzu $f_{p0,1k}$ sú definované výrobcom, alebo je možné využiť aj prevodný vzťah medzi uvádzanými hodnotami $\sigma_{0,2}$, pričom $f_{p0,1k} = 0,95 \cdot \sigma_{0,2}$. Pevnostné charakteristiky jednotlivých druhov používaných drôtov a lán je možné prevziať z tabuliek v prílohe NC v STN ISO 13822.

Pre patentované drôty popúšťané, použité ako predpínacia výstuž v konštrukciách navrhnutých podľa ČSN 73 1251 z roku 1969 alebo podľa smernice pre navrhovanie mostov z roku 1951, sa charakteristická hodnota pevnosti predpínacej výstuže v ťahu f_{pk} stanoví rovnako ako pri drôtoch nepopúšťaných a ostatné charakteristiky sa určujú ako pri popúšťaných drôtoch.

Ďalšie parametre predpínacej výstuže súvisiace s pracovným diagramom ocele sa určujú podľa 3.3 v STN EN 1992-1-1.

V prípade, ak druh predpínacej výstuže a jej charakteristiky nie sú známe, je možné vlastnosti predpínacej výstuže stanoviť materiálovými skúškami podľa STN ISO 13822.

Požadované vlastnosti predpínacích ocelí sa potom overujú pomocou skúšobných postupov v súlade s STN EN ISO 6892-1 a STN EN ISO 15630-1.

Návrhová hodnota modulu pružnosti E_p sa uvažuje hodnotou $E_p = 205$ GPa pre drôty a tyče a hodnotou $E_p = 195$ GPa pre láná.

A.2 Prepočet existujúcich betónových mostných objektov

A.2.1 Globálna analýza

Pri prepočte existujúcich betónových mostných objektov podľa príslušných medzných stavov sa vychádza z STN EN 1992-1-1 a STN EN 1992-2 a týchto odporúčaní. Globálnu analýzu betónového mostného objektu je možné podľa 5.3 v STN EN 1992-2 vykonať nasledujúcimi spôsobmi:

- lineárnou pružnostnou analýzou,
- lineárnou pružnostnou analýzou s obmedzenou redistribúciou,
- nelineárnou analýzou.

Globálna analýza existujúceho betónového mostného objektu sa obvykle vykonáva pružnostnou metódou za predpokladu pružného správania sa materiálu bez ohľadu na úroveň zaťaženia. V prípade, že sú na konštrukcii zistené významné poruchy ako výrazné úbytky prierezu vplyvom degradácie betónu alebo rozsiahle trhliny, ktoré by mohli významne ovplyvniť redistribúciu vnútorných síl v konštrukcii, je možné využiť aj nelineárne modely, ktoré zohľadňujú materiálové prípadne aj geometrické nelinearity. Odporúča sa prednostne používať priestorové výpočtové modely umožňujúce presnejšie vystihnúť skutočného pôsobenia mostného objektu a súčasne aj zohľadnenia prípadnej redistribúcie vnútorných síl v dôsledku porúch prvkov a častí mostného objektu. Je možné využiť priestorové prútové modely, dosko-stenové modely alebo kombinované modely.

V prípadoch, kedy je výsledné rozdelenie napätosti a vnútorných síl v existujúcej betónovej nosnej konštrukcii ovplyvnené jej nehomogenitou, resp. časovým faktorom ovplyvňujúcim vlastnosti betónu, je nutné pri stanovovaní odozvy nosnej konštrukcie na zaťaženia zohľadňovať aj vplyv postupu výstavby a históriu zaťaženia. Ide najmä o spojité predpäté nosné konštrukcie alebo konštrukcie veľkých rozpätí, kde postup a použitá technológia výstavby významne ovplyvňujú úroveň napätia vo výstuži a výslednú napätosť v betóne. Nehomogenita konštrukcie sa uvažuje jednak v rámci prierezu (napr. kombinácia prefabrikovaný nosník-monolitická doska a pod.) a jednak aj po dĺžke konštrukcie. (napr. letmá betonáž mosta alebo postupná betonáž mosta s presunom skruže a pod.). Pre stanovenie odozvy na zaťaženia je možné využiť viacero metód uvedených napr. v prílohe KK v STN EN 1992-2. Obecne použiteľná je step-by-step metóda - metóda časovej diskretizácie. Pre stanovenie globálnej časovej osi a následne časového kroku zavedeného do výpočtu, je potrebné poznať časový postup výstavby. V prípade, že je k dispozícii dokumentácia z priebehu výstavby (stavebný denník a pod.), je možné aplikovať príslušné časové kroky podľa skutočnosti. V prípade, že je k dispozícii len pôvodná projektová dokumentácia s predpísaným postupom výstavby, je možné jednotlivé časové kroky odhadnúť podľa používaných postupov pri danej technológii. V prípade absencie dokumentácie týkajúcej sa postupu výstavby mosta, sa vychádza zo zvyklostí a z predpokladu voľby technológie výstavby a jej časových krokov, podľa typu nosnej konštrukcie.

U predpätých nosných konštrukcií je možné stanoviť predpínaciu silu niektorým z nasledovných postupov:

- a) Analyticko - experimentálnymi metódami – aplikáciou niektorej z dostupných priamych alebo nepriamych metód stanovovania aktuálnej úrovne predpätia.
V prípade aplikácie priamych metód hovoríme hlavne o novších, sledovaných mostoch, kde je na predpínacej výstuži osadený snímač (napr. elastomagnetický snímač a pod.) a z ktorého je možné priamo stanoviť veľkosť aktuálnej predpínacej sily.
V prípade aplikácie nepriamych metód kedy sa jedná o staršie mosty alebo v prípade pochybností o veľkosti predpätia, je možné nepriamo stanoviť veľkosť aktuálnej predpínacej sily využitím niektorých metód, ako napr. princípu sledovania odozvy konštrukcie na zaťaženie alebo metódy uvoľnenia napätí a pod. V tomto prípade budú hodnoty faktorov r_{inf} a $r_{sup} = 1,0$.
- b) Analytickou metódou - z vypočítanej veľkosti predpínacej sily pri predpínaní nosnej konštrukcie (napr. podľa pôvodnej analýzy konštrukcie v dobe návrhu alebo záznamu o predpínaní) s uvážením vplyvu strát predpätia (krátkodobé, dlhodobé), ktoré sú dané spôsobom predpínania a skutočnou históriou pôsobenia nosnej konštrukcie od jej vybetónovania a zavedenia predpätia až do sledovaného okamihu. Pri analýze dlhodobých účinkov predpätia sa použijú normové reologické modely v prípade, že sa skutočnosť (hlavne priehyby konštrukcie) významne nelíšia od vypočítaných hodnôt.

V tomto prípade budú pre mosty, ktoré boli navrhované v súlade s normami STN EN 1992-1-1, resp. 1992-2, hodnoty faktorov r_{inf} a r_{sup} uvažované ako v návrhu. V prípade mostov navrhovaných podľa starších noriem sa tieto faktory neuplatnia.

Analytický postup sa neodporúča v prípade zistenia významných statických porúch na moste alebo zistených pochybností, napr. trhliny, nadmerné deformácie, zistené poškodenie alebo významná korózia predpínacej výstuže, kotvenia a pod.

A.2.2 Medzné stavy únosnosti

Existujúce betónové mostné objekty sa overujú podľa STN EN 1992-1-1, STN EN 1992-2 na nasledujúce medzné stavy únosnosti, prípadne ich kombinácie:

- medzný stav porušenia ohybovým momentom a/alebo normálovou silou,
- medzný stav porušenia šmykom (prípadne pretlačením),
- medzný stav porušenia krútením,
- medzný stav porušenia lokálne zaťažených oblastí.

Medzný stav porušenia ohybovým momentom a/alebo normálovou silou

V prípade, že vyšetrovaný prvok je namáhaný len ohybovým momentom M_{Ed} bez pôsobenia normálovej sily N_{Ed} , sa zaťažiteľnosť určí z ohybovej odolnosti M_{Rd} v súlade so základnými princípmi v kap. 5.1 tejto RÚ.

V prípade kombinovaného namáhania ohybovým momentom M_{Ed} a normálovou silou N_{Ed} sa odolnosť prierezu vyjadruje prostredníctvom ohybovej odolnosti M_{Rd} , ktorá však zahŕňa aj účinky normálových síl N_{Ed} . Odolnosť takto namáhaného prierezu je možné stanoviť pomocou charakteristických bodov interakčného diagramu alebo analýzou medzných pretvorení. Zaťažiteľnosť sa následne určí pomocou iteračného postupu splnením podmienky ekvivalencie odolnosti prierezu s vypočítanou zaťažiteľnosťou v súlade so základnými princípmi uvedenými v kap. 5.1 tejto RÚ.

Medzný stav porušenia šmykom (prípadne pretlačením)

V prípade prvkov bez šmykovej výstuže sa postupuje pri výpočtu šmykovej odolnosti $V_{Rd,c}$ betónového prierezu podľa 6.2.2 v STN EN 1992-1-1, resp. STN EN 1992-2.

V prípade prvkov vystužených šmykovou výstužou pri stanovení medze porušenia šmykom sa odporúča postupovať metódami založenými na priehradovej analógii so sklonom diagonál θ , ktorý nadobúda limitné hodnoty definované normou STN EN 1992-1-1. Pre šmykovú odolnosť je rozhodujúca návrhová hodnota odolnosti šmykovej výstuže $V_{Rd,s}$ alebo návrhová hodnota šmykovej odolnosti limitovaná drvením tlakových diagonál $V_{Rd,max}$. Medzné hodnoty uvedených odolností sa stanovujú podľa príslušných vzťahov v 6.2.3 STN EN 1992-1-1, resp. STN EN 1992-2. Zaťažiteľnosť sa stanoví podľa zásad v kap. 5.1 tejto RÚ. V prípade, že nie sú splnené podmienky požadované pre aplikáciu priehradovej analógie, postupuje sa ako v prípade prvkov bez šmykovej výstuže.

Pri výpočte odolnosti v šmyku pri pretlačení sa vychádza z postupov uvedených v kap. 6.4 v STN EN 1992-1-1.

Medzný stav porušenia krútením

Pri stanovení medze porušenia pri namáhaní len krútiacim momentom sa postupuje podľa 6.3.2 v STN EN 1992-2. Zaťažiteľnosť sa stanoví podľa zásad v kap. 5.1 tejto RÚ.

Pri stanovení medze porušenia krútiacim momentom T_{Ed} v kombinácii s priečnou silou V_{Ed} sa postupuje podľa 6.3.2 v STN EN 1992-2, pričom maximálna odolnosť prierezu namáhaného kombináciou krútenia a šmyku je obmedzená buď návrhovou hodnotou šmykovej odolnosti limitovanou drvením tlakových diagonál $V_{Rd,max}$ v betóne alebo odolnosťou

šmykovej a pozdĺžnej výstuže. Pri stanovovaní zaťažiteľnosti z návrhovej hodnoty šmykovej odolnosti limitovanej drvením tlakových diagonál sa postupuje podľa 6.3.2 v STN EN 1992-1-1 a zaťažiteľnosť sa stanoví pomocou iteračného postupu splnením podmienok tam uvedenej nerovnice.

Okrem overenia odolnosti tlakovej diagonály pri porušení krútiacim momentom T_{Ed} v kombinácii s priečnou silou V_{Ed} je nutné overiť odolnosť šmykovej aj pozdĺžnej výstuže. Jednotlivé zaťažiteľnosti sa opäť stanovujú pomocou iteračného postupu splnením podmienok uvedených nerovnic v tvare

Výsledná zaťažiteľnosť pri porušení krútiacim momentom v kombinácii s priečnou silou bude najmenšia z vyššie stanovených hodnôt zaťažiteľnosti.

Posúdenie lokálne zaťažených oblastí

Pri overovaní porušenia oblastí zaťažených lokálne sa postupuje podľa 6.5 a 6.7 v STN EN 1992-1-1 a 6.7 v STN EN 1992-2. Pre oblasti, kde nie je lineárne rozdelené pomerné pretvorenie (pôsobisko sústredených síl, rovinná napätosť), je možné použiť modely náhradnej priehradovej sústavy (vzpero-ťahadlové modely). Medzi typické oblasti, ktoré opisuje STN EN 1992-2 patrí:

- oblasť uloženia nosnej konštrukcie a úložných prahov (príloha J, STN EN 1992-2),
- pôsobenie sústredeného tlaku v kotevných zónach pri predpätých konštrukciách (príloha J, STN EN 1992-2),
- typické oblasti nespojitostí betónových mostov (napr. oblasti uloženia nosnej konštrukcie prostredníctvom nadpodporových priečnikov a pod., príloha OO, STN EN 1992-2).

Zaťažiteľnosť s ohľadom na únavovú životnosť

Dôležité je, aby nosné prvky mostného objektu namáhané významným rozkmitom napätia (štíhle prierezy a pod.) boli posúdené aj z hľadiska medzného stavu únavy na účinky zaťaženia stanovené pre najnižšiu hodnotu zaťažiteľnosti z medzných stavov únosnosti podľa 6.8 v STN EN 1992-2. Všeobecne sa nepožaduje posúdenie na únavu v prípade:

- oblúkových, klenbových a rámových železničných mostov s minimálnou presypávkou 1,50 m,
- základov, opôr a pilierov (okrem členených podpíer), ktoré nie sú votknuté do nosnej konštrukcie.

Pri overovaní nosnej konštrukcie s ohľadom na únavu sa vychádza z podmienok spoľahlivosti pre overenie únavovej odolnosti prierezov samostatne pre betón a samostatne pre výstuž. Vychádza sa z ustanovení v STN EN 1992-2, pričom je možné aplikovať zjednodušené výpočtové metódy pre stanovenie únavovej odolnosti ako pre betón, tak aj pre výstuž, napríklad metódu ekvivalentného rozkmitu napätí. Alternatívne je možné vykonať overenie na únavu aj aplikovaním presnejších modelov únavového zaťaženia.

A.2.3 Medzné stavy používateľnosti

Existujúce betónové mostné objekty sa overujú podľa STN EN 1992-1-1, STN EN 1992-2 na nasledujúce medzné stavy používateľnosti:

- obmedzenie napätí,
- obmedzenie trhlín.

Obmedzenie napätí

Základné predpoklady pre obmedzenie napätí sú uvedené v 7.2 v STN EN 1992-2. Pri výpočte normálových napätí v betóne a výstuži je nutné uvážiť aj prípadný rozvoj trhlín v betóne vzhľadom na vyšetrovanú úroveň zaťaženia, resp. kombináciu zaťažení. Pri výpočte napätosti sa má zohľadniť skutočný stav konštrukcie a história zaťaženia. Obmedzením tlakových napätí sa má zamedziť nadmerným účinkom dotvarovania (kvazistála kombinácia zaťažení) a vzniku mikrotrhlín znižujúcim trvanlivosť nosnej konštrukcie (charakteristická kombinácia zaťažení). Obmedzením napätí vo výstuži sa majú vylúčiť nepružné pretvorenia, ktoré by viedli k trvalým plastickým deformáciám. V betonárskej výstuži je obmedzenie definované hodnotou $0,80f_{yk}$ a v predpínacej výstuži hodnotou $\min\{0,75f_{pk}; 0,85f_{p0,1k}\}$. Základné podmienky výpočtu napätí sú uvedené v 7.2 v STN EN 1992-1-1.

V prípade predpätých betónových nosných konštrukcií by z dlhodobého hľadiska (trvanlivosť) nemalo maximálne tlakové napätie prekročiť hodnotu $0,60f_{ck}$ pri charakteristickej kombinácii zaťažení.

V prípade predpätých betónových prierezov, v ktorých nevzniká trhlina (pre charakteristickú kombináciu zaťažení, platí $\sigma_c \leq f_{ctm}$), sa vo vyšetrovanom vlákne prierezu s maximálnym tlakovým namáhaním môže stanoviť jeho zaťažiteľnosť z normálových napätí podľa vzťahu A.1. V prípade vzniku trhlín je nutné stanoviť zaťažiteľnosť iteratčným postupom na základe redukcie prierezových charakteristík v dôsledku rozvoja trhlín.

$$V_i = \left[\left(0,60f_{ck} + \sigma_{c,p} - \sum_{i=1}^{n-1} \sigma_{c,rs,i} \right) / \sigma_{c,Q,i} \right] \cdot V_{i,rep}, \quad (A.1)$$

kde:	V_i	je zaťažiteľnosť (normálna, na jednu nápravu, resp. výnimočná)
	$\sigma_{c,p}$	je charakteristická hodnota normálového napätia v betóne od predpätia vo vyšetrovanom bode prierezu v posudzovanom čase,
	$\sigma_{c,Q,i}$	je charakteristická hodnota normálového napätia v betóne vo vyšetrovanom bode prierezu od zvislého premenného zaťaženia dopravou reprezentovaného príslušným zaťažovacím modelom,
	$\sum_{i=1}^{n-1} \sigma_{c,rs,i}$	sú charakteristické, kombinačné alebo skupinové hodnoty normálového napätia v betóne vo vyšetrovanom bode prierezu od ostatných zaťažení (okrem predpätia), ktoré pôsobia súčasne so zvislým premenným zaťažením železničnou dopravou,
	$V_{i,rep}$	je hmotnosť reprezentatívneho vozidla pre danú zaťažiteľnosť v [t].

POZNÁMKA: Tlakové napätie sa dosadzuje do vzorca so znamienkom (+).

Obmedzenie trhlín

Pri overovaní medzného stavu obmedzenia trhlín sa postupuje podľa 7.3 v STN EN 1992-1-1 a 7.3 v STN EN 1992-2. Tento medzný stav môže byť rozhodujúci v prípade predpätých betónových konštrukcií so súdržnou predpínacou výstužou. U železobetónových mostov sa požaduje overenie šírky trhlín, zaťažiteľnosť sa však z tohto posúdenia nestanovuje.

V závislosti od stupňa vplyvu prostredia, v ktorom sa mostný objekt nachádza a typu predpätej nosnej betónovej konštrukcie v súlade s tab. A.1, sa zaťažiteľnosť určuje z medzných podmienok pôsobenia, a to pre stav dekompresie alebo šírky trhliny w_{max} . V súlade s tab. A.1 je požadovaný stav dekompresie len pre nosné konštrukcie so súdržnou predpínacou výstužou.

Tab. A.1 Odporúčané hodnoty $w_{\max}$

Stupeň vplyvu prostredia	Železobetónové prvky a prvky predpäté nesúdržnou výstužou		Prvky predpäté súdržnou výstužou	
	Mimo kontaktnej škáry	V kontaktnej škáre	Mimo kontaktnej škáry	V kontaktnej škáre
	Kombinácia zaťažení		Kombinácia zaťažení	
	Kvazistála	Charakteristická	Častá	Charakteristická
X0, XC1	0,4 mm ^{a)}	Dekompresia ^{c)}	0,2 mm	Dekompresia ^{c)}
XC2, XC3, XC4	0,3 mm		0,2 mm ^{b)}	
XD1, XD2, XD3	0,3 mm		Dekompresia	
a) Pre stupne vplyvu prostredia X0, XC1 nemá šírka trhliny vplyv na trvanlivosť a toto obmedzenie je stanovené pre zaistenie prijateľného vzhľadu. b) Pre uvedené stupne prostredia sa má overiť aj stav dekompresie pri kvazistálej kombinácii zaťažení. c) Kritérium sa využije len pre priečne delené konštrukcie (segmentové mosty). Kritérium zamedzuje nepriaznivému otváraniu kontaktných škár konštrukcie.				

Požiadavka dekompresie všeobecne znamená, že predpínacia výstuž v priereze vrátane kanálikov musí zostať pri stanovenej kombinácii zaťaženia aspoň 100 mm hlboko v tlačenej zóne. Zaťažiteľnosť predpätej konštrukcie pre stav dekompresie je možné stanoviť iteračným postupom splnením nerovnosti A.2 v tvare:

$$|\sigma_{c,p,dec}| - \sum_{i=1}^{n-1} \sigma_{c,rs,i} - \sigma_{c,Q,i} > 0, \quad (A.2)$$

kde: $\sigma_{c,p,dec}$ je charakteristická hodnota normálového napätia v betóne od predpätia vo vzdialenosti 100 mm od úrovne predpínacej výstuže umiestnenej najbližšie k ťahanému okraju,

$\sigma_{c,Q,i}$ je charakteristická hodnota normálového napätia v betóne od zvislého premenného zaťaženia cestnou dopravou reprezentovaného príslušným zaťažovacím modelom, ktoré pôsobí v rovnakom vyšetrovanom bode prierezu ako $\sigma_{c,p,dec}$,

$\sum_{i=1}^{n-1} \sigma_{c,rs,i}$ sú charakteristické, kombinačné alebo skupinové hodnoty normálových napätí od ostatných zaťažení (okrem predpätia), ktoré pôsobí súčasne so zvislým premenným zaťažením dopravou v rovnakom vyšetrovanom bode prierezu ako $\sigma_{c,p,dec}$.

V prípade, ak je šírka trhliny v predpätej betónovej konštrukcii stanovená výpočtom pre najnižšiu zaťažiteľnosť väčšia ako jej medzná hodnota $w_{\max}$ (tab. A.1), je potrebné určiť zaťažiteľnosť z medznej hodnoty šírky trhliny iteračným postupom v závislosti od rozdelenia tuhosti v nosnej konštrukcii podľa úrovne namáhania prierezu pre danú kombináciu zaťaženia. V prípade predpätých konštrukcií je potrebné stanoviť zaťažiteľnosť aj pre medzný stav únosnosti, kap. A.2.2. O výslednej zaťažiteľnosti bude rozhodovať potom najnižšia hodnota zaťažiteľnosti stanovená pre oba medzné stavy.

PRÍLOHA B - Spriahnuté ocel'obetónové mosty

B.1 Identifikácia spriahnutej ocel'obetónovej konštrukcie

V prípade mostov, kde je použitý betón nižšej pevnostnej triedy, než je uvedená dolná hranica v STN EN 1994-2, sa pri výpočte odporúča považovať konštrukciu za nespriahnutú. Tam, kde je použitý betón vyššej pevnostnej triedy a/alebo je použitá konštrukčná oceľ s vyššou medzou klzu než uvedené horné hranice v STN EN 1994-2, môžu sa použiť zásady tejto prílohy s prihliadnutím na možné dôsledky vyplývajúce z aplikácie postupov podľa STN EN 1994-2.

Ak v prípade **spriahnutých ocel'obetónových trámových mostov** neexistuje žiadna dokumentácia mosta, má sa postupovať nasledovne:

- a) ak sú pochybnosti, či ide o spriahnutú konštrukciu (napr. tomu nenasvedčujú rozmery horných a dolných pásnic nosníkov, alebo sú známe výsledky merania priehybov z minulosti, ktoré nasvedčujú o nižšej tuhosti, než je pripisovaná spriahnutým trámom), určuje sa zaťažiteľnosť ako v prípade ocelevej konštrukcie so železobetónovou nespriahnutou doskou mostovky;
- b) ak nie sú pochybnosti, či ide o spriahnutú konštrukciu, ale nie je známy typ a rozmiestnenie spriahovacích prvkov, postupuje sa alternatívne:
 - typ spriahovacích prvkov sa zistí diagnostickým prieskumom s využitím príslušných metód technickej diagnostiky (včítane deštruktívnych),
 - v analýze sa uvažuje bližšie nešpecifikované plné spriahnutie, ktorého usporiadanie a odolnosť umožňuje plne využiť pružnú návrhovú odolnosť spriahnutého prierezu bez možnosti využitia plastickej odolnosti prierezu.

V prípade doskových mostov alebo aj doskových mostoviek so zabetónovanými ocel'ovými prierezmi sa pri rozhodovaní, či je možné doskovú konštrukciu považovať za spriahnutú alebo nie v zmysle STN EN 1994-2, má vychádzať z bežne rešpektovaných teoretických predpokladov o spriahnutí ocel'obetónových prierezov (rozstupy nosníkov, minimálne obetónovanie, tvar zabetónovaných nosníkov, spôsob zabezpečenia dostatočného spolupôsobenia betónu s ocel'ovými nosníkmi). V prípade chýbajúcej dokumentácie alebo nedostatočných údajov sa môže uvažovať miera spolupôsobenia na základe roku výstavby mosta a predpokladu, že bol navrhnutý podľa predpisu/smernice platného/platnej v dobe výstavby. Je tu možnosť aj využitia starších smerníc pre tieto typy mostov vydávaných na našom území pre železničné mosty (roky 1939, 1971, 1981).

B.2 Globálna analýza spriahnutých mostov

Majú sa aplikovať také výpočtové modely, ktoré zohľadňujú doskové pôsobenie spriahnutej dosky. Prúťové modely samostatných nosníkov so spolupôsobiacou šírkou spriahnutej dosky sa môžu použiť pre globálnu analýzu iba v prípade nosných konštrukcií s kolmým, resp. takmer kolmým uložením, pričom sa musí čo najpresnejšie zohľadniť priečny roznos zaťaženia na jednotlivé nosníky. Je potrebné zohľadniť tiež vplyv trhlín v betónovej doske a ich dopad na zmeny tuhosti v prípadoch spojenej spriahnutej konštrukcie.

Pri globálnej analýze sa majú uvážiť tiež hlavné reologické zmeny betónu - dotvarovanie a zmrašťovanie. Má sa zohľadniť rozdielne dotvarovanie a zmrašťovanie rôzne starých častí betónu. Pri absencii akýchkoľvek údajov, alebo v prípadoch, keď sa rozdiely v reologických zmenách rôzne starých častí javia ako marginálne, možno zjednodušene uvažovať jednotný vek betónu.

Ak nie sú z dokumentácie mostného objektu známe postupy betónovania dosky, dĺžka ošetrovania betónu a časové následnosti výstavby, a ak nie sú k dispozícii ani všeobecné zásady o technologických postupoch v čase výstavby, prípadne údaje zo smerníc pre betonáž a spracovanie betónu platných v čase návrhu mosta, odhad časových nadväzností výstavby musí zväziť spracovateľ prepočtu. Ako odporúčané hodnoty možno v týchto prípadoch uvažovať 1 deň pre ošetrovanie betónu po betonáži a vek betónu 28 dní pre vnesenie všetkých stálych zaťažení spôsobujúcich dotvarovanie betónu.

Ak nie je zrejmé, akým spôsobom sa realizovala výstavba betónových častí spriahnutých prierezov, má sa pri globálnej analýze predpokladať, že bola počas výstavby aplikovaná betonáž bez medziľahlého podopretia aj betonáž na spojitú skruži. Rozhoduje potom nižšia hodnota zaťažiteľnosti získaná z takto vykonaných dvoch analýz.

V prípade, že je použitá prefabrikovaná mostovka alebo prefabrikované dosky tvoria len časť dosky mostovky spolupôsobiacej s betónovou vrstvou dobetónovanou na stavenisku, je nutné toto pri prepočte zohľadniť. Do výpočtového modelu je tak potrebné zahrnúť, do akej miery sú styky týchto prefabrikovaných častí schopné prenášať tlakové a ťahové namáhanie. Pri absencii údajov o betonáži a prefabrikátoch, je možné uvažovať jednotný vek betónu prefabrikátov aj monolitickéj časti.

B.3 Medzné stavy únosnosti spriahnutých mostov

V prípade existujúcich spriahnutých ocel'obetónových nosných konštrukcií sa vyžaduje overenie nasledujúcich odolností, resp. určenie príslušnej zaťažiteľnosti z:

- odolnosti spriahnutých prierezov,
- odolnosti betónových prvkov vrátane únavy,
- odolnosti nespriahnutých ocel'ových prierezov a prvkov (priečniky, stužidlá a pod.) vrátane únavy,
- odolnosti šmykového spojenia (spriahnutia) vrátane únavy,
- odolnosti voči strate stability tvaru prvkov (napr. klopenie).

Využitie plastickej odolnosti spriahnutého prierezu je samozrejme podmienené zatriedením prierezov v zmysle ustanovení STN EN 1993-1-1 a STN EN 1994-1-1. Ďalšou podmienkou je však aj kontrola polohy neutrálnej osi. V prípade, že dochádza k plastizácii prierezu v úrovni spriahnutia, musí byť systém spriahnutia schopný poddaťného pôsobenia. Tuhé prvky spriahnutia takúto podmienku obyčajne nespĺňajú, a teda je často potrebné overiť prierez iba v pružnom stave, resp. využiť pružno-plastickú odolnosť.

Vo výpočte odolnosti je potrebné prihliadať k relevantným vplyvom, ktoré sa v týchto kombinovaných konštrukciách vyskytujú (postupnosť výstavby, reológia betónu – zmrašťovanie, dotvarovanie, ochabnutie normálových napätí vplyvom šmyku, vydúvanie štíhlych častí, trhliny v betóne a ťahové spevnenie betónu medzi trhlinami, prípadné predpätie,...). V relevantných prípadoch špecifikovaných v príslušných častiach STN EN 1994-2 je možné niektoré z týchto efektov zanedbať (napr. pri vyčísl'ovaní plastickej odolnosti a pod.).

Pri posúdení spriahnutia, ak nie je známy typ spriahovacích prvkov a/alebo ich rozmiestnenie pozdĺž prvku, sa smie predpokladať šmykové spojenie, ktoré je navrhnuté tak, že jeho usporiadanie a odolnosť umožňujú dosiahnutie pružnej odolnosti spriahnutého prierezu. Do záverov prepočtu sa má vtedy uviesť najväčšia hodnota pozdĺžnej šmykovej sily získaná z posúdenia spriahnutého nosníka v medzných stavoch únosnosti od maximálneho zaťaženia na úrovni zaťažiteľnosti nosníka.

V navrhovaných TP by mali byť nad rámec STN EN 1994-2 uvedené aj odporúčania pre stanovenie odolnosti starších prvkov spriahnutia.

B.4 Medzné stavy používateľnosti spriahnutých mostov

Existujúce spriahnuté oceľobetónové nosné konštrukcie sa majú posúdiť a zaťažiteľnosť sa má stanoviť z nasledujúcich medzných stavov používateľnosti:

- obmedzenie pružných napätí v spriahnutých prierezoch (kontroluje v prierezoch, ktoré boli v medznom stave únosnosti overované s predpokladom plastického alebo nelineárneho priebehu napätia),
- prekročenie medzných pretvorení,
- obmedzenie trhlín.

PRÍLOHA C - Oceľové mosty

C.1 Vlastnosti materiálov

Vlastnosti kovových materiálov oceľových konštrukcií mostov pozemných komunikácií a ich charakteristické a návrhové hodnoty sa určujú:

- a) na základe prehliadkou overenej dokumentácie mostného objektu s využitím noriem a predpisov platných v čase jeho návrhu,
- b) na základe výsledkov diagnostického prieskumu a skúšok materiálu vykonaných so súhlasom zadávateľa.

Ak je možné postupovať podľa a), potom sa za charakteristickú hodnotu medze klzu ocele považuje zaručená medza klzu ocele uvedená v dokumentácii mostného objektu alebo v norme platnej v čase jeho návrhu, prípadne je možné postupovať podľa STN ISO 13822. Takto zistené hodnoty sa odporúča overiť tvrdomernými skúškami ocelí. Návrhová hodnota medze klzu ocele sa v tomto prípade pre medzné stavy únosnosti okrem únavy stanoví z charakteristickej hodnoty medze klzu ocele delením jej hodnoty parciálnymi súčiniteľmi spoľahlivosti materiálu γ_{Mi} , ktoré sú uvedené v tab. A.1. Hodnoty uvedené v tejto tabuľke je možné použiť aj v prípade, ak sa nezachovala dokumentácia mostného objektu, ale je známy rok jeho výstavby a nie sú pochybnosti o tom, že vlastnosti použitého materiálu zodpovedajú kvalite ocelí triedy S235, S275 alebo S355 podľa STN EN 10025-2.

Ak sú informácie o vlastnostiach materiálu nedostatočné a okolnosti neumožňujú postupovať podľa a), vlastnosti ocelí sa musia stanoviť materiálovými skúškami podľa STN ISO 13822 a kapitoly 4.1.3 tejto RU v závislosti od početnosti skúšobných vzoriek. Návrhová hodnota medze klzu materiálu sa pre medzné stavy únosnosti okrem únavy stanoví zo zaručenej medze klzu ocele zistenej materiálovými skúškami delením jej hodnoty parciálnymi súčiniteľmi spoľahlivosti materiálu γ_{Mi} . Hodnoty parciálnych súčiniteľov spoľahlivosti materiálu γ_{Mi} je možné v tomto prípade stanoviť presnejšie podľa STN EN 1990, prílohy D a STN ISO 13822, NA 2.6. Ak sa nepostupuje presnejšie, je možné použiť hodnoty parciálnych súčiniteľov z tab. C.1, príp. aplikovať postup podľa prílohy G s odporúčanými štatistickými parametrami ocelí.

Uvedené hodnoty materiálových vlastností platia pre namáhanie ťahom/tlakom a ohybom. V prípade stanovenia pevnosti ocele v šmyku sa postupuje podľa STN EN 1993-1-1 s výnimkou pre zvarkové železo, kedy sa jeho pevnosť v šmyku sa stanoví vynásobením návrhovej hodnoty medze klzu určenej postupmi podľa a), resp. b)0 pomocou súčiniteľa 0,5.

Ak nie je známy materiál nitov alebo skrutiek použitých v oceľovej konštrukcii mostu zhotovenej do roku 1968, je možné v jej prepočte uvažovať s charakteristickými hodnotami vlastností materiálov nitov a skrutiek podľa tab. C.2 v závislosti od kvality ocelí spojovaných prvkov. Hodnota parciálneho súčiniteľa γ_{M2} pre odolnosť spoja sa uvažuje podľa tab. C.1. Charakteristické hodnoty vlastností materiálov nitov a skrutiek a ich parciálne súčinitele sa pre konštrukcie vyrobené po roku 1968 môžu uvažovať podľa STN EN 1993-1-8.

Hodnoty uvedené v tabuľke C.2 platia pre nity s polguľovou hlavou (nezapustené). Pre nity polozapustené a zapustené sa uvedené hodnoty majú redukovať pri namáhaní šmykom o 20 %.

Tab. C.1 Vlastnosti ocelí a parciálne súčinitele spoľahlivosti materiálu

Rok výroby	Materiál pevnostnej triedy		Dovolené namáhanie σ_{adm} [MPa]	Zaručená medza klzu f_y [MPa]	Medza pevnosti f_u [MPa]	γ_{M0}	γ_{M1}	γ_{M2}	Predpis Norma
do 1894	zvárkové železo		130	210	340	1,10	1,20	1,30	
1895-1904	zvárkové železo		130	210	340	1,10	1,20	1,30	Nariadenie 97/1904
	plávková oceľ		140	230	360	1,10	1,20	1,30	
1905-1937	plávková oceľ		140	230	360	1,10	1,20	1,30	ČSN 1230
1938-1950	37 (S235)		140 ¹⁾	230	360	1,10	1,20	1,30	ČSN 1232
	52 (S355)		195	335	490	1,10	1,25	1,30	
1951-1968	37 (S235)	hrúbka $t \leq 25$ mm	140	230	360	1,10	1,20	1,30	Smernica pre navrhovanie mostov, ČSN 73 6202 ČSN 73 6204
		> 25	130	210	340	1,10	1,20	1,30	
	52 (S355)	≤ 16	210	360	510	1,10	1,25	1,30	
		> 17	200	340	490	1,10	1,25	1,30	
1969-1985	37 (S235)	≤ 25		235	360	1,00	1,10	1,25	STN 73 6205 STN ISO 13822 STN EN 10025-2
		> 25		215	360				
	52 (S355)	≤ 50		355	510				
1986-1998	37 (S235)	≤ 25		235	360	1,00	1,10	1,25	
		> 25		215	360				
	52 (S355)	≤ 25		355	510				
		> 25		335	470				
Po roku 1998	S235	≤ 40		235	360	1,00	1,10	1,25	
	S235	$40 < t \leq 80$		215	360				
	S275	≤ 40		275	430				
	S275	$40 < t \leq 80$		255	410				
	S355	≤ 40		355	510				
	S355	$40 < t \leq 80$		335	470				

Tab. C.2 Charakteristické hodnoty vlastností materiálov nitov a skrutiek

Pevnostná charakteristika	Nity		Presné skrutky	
	v konštrukciách z materiálu s medzou klzu			
	$f_y \leq 300 \text{ MPa}$	$f_y > 300 \text{ MPa}$	$f_y \leq 300 \text{ MPa}$	$f_y > 300 \text{ MPa}$
$f_y \text{ [MPa]}$	200	245	300	
$f_u \text{ [MPa]}$	310	440	500	

Návrhové hodnoty odolností trecích spojov sa stanovujú podľa STN EN 1993-1-8 na základe údajov o ich zhotovení na oceľovej konštrukcii existujúceho mostu, prevzatých z dokumentácie mostného objektu. V prípade chýbajúcej dokumentácie a informácií o kvalite trecích plôch spoja sa odporúča spoj posúdiť konzervatívne ako predpätý s minimálnym, príp. bezpečne odhadnutým súčiniteľom trenia podľa STN EN 1993-1-8.

Informatívne hodnoty návrhovej pevnosti liatiny je možné uvažovať podľa tab. C.3. Tieto hodnoty sa nedelia parciálnymi súčiniteľmi spoľahlivosti materiálu γ_{Mi} . Vzhľadom na to, že uvedené hodnoty sú konzervatívne, odporúča sa stanoviť ich presnejšie pomocou skúšok.

Tab. C.3 Informatívne hodnoty návrhovej pevnosti liatiny

Konštrukčné prvky	V tlaku a v tlaku za ohybu [MPa]	V ťahu a v ťahu za ohybu [MPa]
Podpery (stĺpy)	100	45
Ostatné prvky	65	30

C.2 Prepočet ocelových nosných konštrukcií existujúcich mostov

C.2.1 Globálna analýza

Pre globálnu analýzu ocelových konštrukcií existujúcich mostov sa všeobecne odporúča prednostne používať priestorové výpočtové modely umožňujúce presnejšie vystihnúť skutočného pôsobenia a súčasne aj zohľadnenie prípadnej redistribúcie vnútorných síl v dôsledku imperfekcií a porúch prvkov a častí ocelevej konštrukcie mostu. Zjednodušené rovinné výpočtové modely je možné uvažovať iba v súvislosti s kontrolnými a overovacími výpočtami alebo pre posúdenie niektorých špecifických prípadov, ktoré nie je možné vystihnúť pomocou primárnych priestorových (prútových) modelov. V takom prípade sa požaduje zohľadniť priestorové pôsobenie ocelevej konštrukcie iným spôsobom. Odozva ocelevej konštrukcie na zaťaženie sa pri globálnej analýze stanoví vždy pružnostnou metódou za predpokladu pružného správania sa materiálu bez ohľadu na úroveň zaťaženia. Obvykle je možné aplikovať pružnostnú globálnu analýzu prvého rádu so začiatočným tvarom konštrukcie. Vplyv pretvorenia konštrukcie (účinky teórie druhého rádu) sa má zobrať do úvahy, pokiaľ významne zväčšuje účinky zaťaženia a tým aj vnútorných síl alebo významne mení správanie konštrukcie. Globálna analýza podľa teórie prvého rádu sa môže použiť vtedy, ak je splnené kritérium čl. 5.2.1 (3) v STN EN 1993-1-1.

Pri globálnej analýze sa požaduje zohľadniť vplyv podstatných imperfekcií prvkov a častí ocelevej konštrukcie mostu, ktorými sú pri existujúcich mostoch aj prípadné poruchy. Tvar a veľkosť imperfekcií, ktoré môžu evidentne ovplyvniť redistribúciu vnútorných síl a tým aj zaťažiteľnosť postihnutých prvkov, sa majú získať priamym zameraním na konštrukcii. Hlavnými predstaviteľmi týchto imperfekcií sú najmä:

- c) zreteľné globálne vybočenie prútových sústav tvoriacich jeden celok (napríklad oblúky oblúkových mostov alebo tlačené pásy otvorene usporiadaných mostov),
- d) výrazné deformácie nosných prvkov a častí ocelevej konštrukcie mostu od nárazov dopravných prostriedkov,
- e) chýbajúce prvky alebo časti prvkov (chýbajúce stužidlá a pod.),
- f) skorodované prierezy nosných prvkov s výrazným úbytkom ich prierezovej plochy.

V technickej správe k prepočtu ocelevej konštrukcie existujúceho mostu sa požaduje vždy uviesť, ktoré zistené poruchy a imperfekcie boli v jeho výpočtovom modeli pri globálnej analýze zohľadnené a ktoré sa odstránia údržbou alebo opravami, takže nemajú vplyv na zaťažiteľnosť mostu.

U častí konštrukcií alebo konštrukčných prvkov, ktoré nevykazujú výrazné imperfekcie, je možné pre zohľadnenie účinkov teórie druhého rádu využiť ekvivalentné geometrické imperfekcie podľa STN EN 1993-1-1 a STN EN 1993-1-5. V tom prípade sa odporúča stanoviť tvar imperfekcie prvku alebo časti ocelevej konštrukcie mostu z pružného tvaru straty stability konštrukcie alebo jej časti. Veľkosť amplitúdy začiatočného tvaru imperfekcie sa určí podľa 5.3.2 v STN EN 1993-1-1. U nitovaných konštrukcií, kde nie je významný vplyv reziduálnych napätí, je možné využiť pre globálnu analýzu nosnej konštrukcie alebo jej častí skutočne zamerané geometrické imperfekcie.

Ak sa má zohľadniť pri analýze konštrukcie vplyv účinkov teórie druhého rádu, potom je potrebné overiť stabilitu konštrukcie postupmi podľa 5.2.2 v STN EN 1993-1-1. Účinky pretvorenia konštrukcie a vplyv teórie druhého rádu sa môžu zohľadniť buď komplexne priamo v globálnej analýze konštrukcie, alebo čiastočne pomocou globálnej analýzy a čiastočne posúdením stability prútov metódou náhradného prúta, alebo kompletne posúdením individuálnych prútov pomocou metódy náhradného prúta.

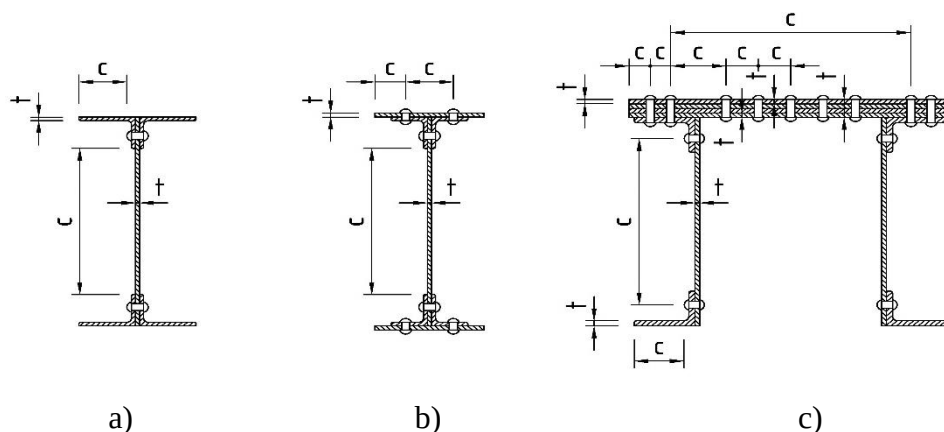
Pri globálnej analýze dosko-stenových nosných konštrukcií sa musí zohľadniť vplyv ochabnutia normálových napätí v širokých doskových pásoch vplyvom šmyku (šmykové ochabnutie). Pokiaľ sa nepostupuje s využitím dosko-stenových finitných modelov, je možné účinky šmykového ochabnutia v pásoch zohľadniť pomocou spolupôbiacej šírky podľa kapitoly 3 v STN EN 1993-1-5. Vydúvanie štíhlych tlačných častí prierezu sa môže v pružnostnej globálnej analýze zohľadniť pomocou účinných plôch príslušných častí prierezu podľa 4.3 v STN EN 1993-1-5.

V prípade, že je zaťažiteľnosť nosnej konštrukcie alebo jej časti významne limitovaná odolnosťou niektorých veľmi štíhlych tlačných prvkov, je možné pri globálnej analýze nosnej konštrukcie zväziť možnosť vynechania týchto prvkov po dosiahnutí ich príslušnej odolnosti, avšak len za predpokladu, že je možná pružná redistribúcia vnútorných síl a zvyšná časť konštrukcie je schopná ďalej prenášať pôsobiace zaťaženia.

C.2.2 Medzné stavy únosnosti

Pri prepočtoch ocelových konštrukcií existujúcich mostných objektov sa požaduje rešpektovať medzné stavy únosnosti definované v časti 4.1.1 tejto RÚ.

O spôsobe stanovenia a overenia odolnosti prierezov a určenia ich zaťažiteľnosti rozhoduje klasifikácia prierezov. Zvárané prierezy ocelových konštrukcií mostov sa klasifikujú podľa tab. 5.2 v STN EN 1993-1-1. Pozdĺžne vystužené tlačné steny a pásy sa klasifikujú v súlade s pravidlami v STN EN 1993-1-5. Pre zatriedenie nitovaných prierezov sa použijú šírky príslušných častí prierezu podľa obr. C.1. Okrem priečneho smeru je potrebné overiť aj zatriedenie z hľadiska vzdialenosti nitov rovnobežne so smerom pôsobiacich tlakových napätí. Medzné štíhlosti tých tlačných častí, ktorých vybočeniu nie je ničím bránené, sa uvažujú podľa tab. 5.2 v STN EN 1993-1-1. Medzné štíhlosti častí prierezu, ktoré sú proti vydúvaniu čiastočne podopreté inou časťou prierezu, sa môžu uvažovať podľa tab. C.4.



Obr. C.1 Definícia širok pre zatriedenie nitovaných prierezov
 a), b) I prierez pľnostenného nosníka alebo výplňového prúta priehradového nosníka
 c) dvojstenný prierez horného pásu priehradového nosníka

Tab. C.4 Maximálne vzdialenosti nitov pre zatriedenie tlačných častí podopretých stenou alebo uholníkom

Orientácia vzhľadom na smer tlakových napätí	Časť prierezu	Trieda 2*	Trieda 3*
Kolmo na smer tlakových napätí	Odstávajúca časť prierezu	14t·ε	20t·ε
	Vnútna časť prierezu	45t·ε	50t·ε
Rovnobežne so smerom tlakových napätí	Odstávajúca aj vnútorná časť prierezu	22t·ε	25t·ε

Účinky šmykového ochabnutia a účinky lokálneho vydúvania štíhlych prierezov triedy 4 sa majú pri stanovení ich odolnosti zohľadniť pomocou spolupôsobiacich širok a účinných plôch podľa STN EN 1993-1-5. Účinky vydúvania vplyvom šmyku sa majú taktiež zohľadniť podľa STN EN 1993-1-5.

Pri jednoosej normálovej napätosti (ťah, osový tlak alebo ohyb) sa zaťažiteľnosť prierezov V_n , V_j , V_e určí zo vzťahov (5.1) až (5.3), kde sa za návrhovú hodnotu odolnosti R_d dosadí príslušná návrhová hodnota odolnosti prierezu v ťahu $N_{t,Rd}$, osovom tlaku $N_{c,Rd}$ alebo ohybe $M_{c,Rd}$, ktoré sa stanovujú v závislosti od typu prierezu (plný alebo oslabený) a jeho klasifikácie podľa 6.2.3, 6.2.4 a 6.2.5 v STN EN 1993-1-1, s prihliadnutím ku kap. 4 v STN EN 1993-1-5 pri štíhlych prierezoch triedy 4 namáhaných tlakom. Podobne zaťažiteľnosť V_n , V_j , V_e prierezov namáhaných šmykom od priečnej sily resp. od krútenia sa stanoví zo vzťahov (5.1) až (5.3), kde sa za návrhovú hodnotu odolnosti R_d dosadí návrhová hodnota odolnosti prierezu v šmyku $V_{c,Rd}$, resp. v krútení T_{Rd} , pri určení ktorých sa rozdelenie šmykových napätí v stene prierezu uvažuje v závislosti od spôsobu stanovenia pružnej alebo plastickej odolnosti v šmyku v súlade s 6.2.6 v STN EN 1993-1-1. Normálové a šmykové napätia vyvolané krútením, ako aj ich interakcia s normálovými a šmykovými napätiami od pôsobenia normálovej sily, ohybového momentu a priečnej sily sa stanoví v súlade s 6.2.7 v STN EN 1993-1-1. Okrem toho je nutné overiť aj vplyv vydúvania pri namáhaní šmykom podľa kap. 5 v STN EN 1993-1-5.

Pružná odolnosť prierezov triedy 1,2 a 3 namáhaných kombináciou dvojosového ohybu a normálovej sily sa overí s využitím všeobecných vzťahov (6.1) a (6.2) v STN EN 1993-1-1 s ohľadom na veľkosť priečnej sily V_{Ed} . Zaťažiteľnosti V_n , V_j a V_e overovaného prierezu sa stanovujú pomocou nasledujúceho vzťahu

$$V_k = \left(\frac{1 - \eta_{l,rs}}{\eta_{l,LMi}} \right) \cdot V_{k,rep}, \quad k = n, j, e \quad (C.1)$$

$$\text{kde: } \eta_{l,rs} = \frac{N_{rs,Ed}}{A \cdot f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,rs,Ed}}{W_{el,y} \cdot f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,rs,Ed}}{W_{el,z} \cdot f_y / \gamma_{M0}}, \quad (C.2)$$

$$\eta_{l,LMi} = \frac{N_{LMi,Ed}}{A \cdot f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,LMi,Ed}}{W_{el,y} \cdot f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,LMi,Ed}}{W_{el,z} \cdot f_y / \gamma_{M0}}, \quad i = 1, 2, 3 \quad (C.3)$$

$N_{LMi,Ed}$, $M_{y,LMi,Ed}$, $M_{z,LMi,Ed}$

sú návrhové hodnoty vnútorných síl od zvislého premenného zaťaženia cestnou dopravou reprezentovaného príslušným zaťažovacím modelom (LM1, LM2, LM3),

$N_{rs,Ed}$, $M_{y,rs,Ed}$, $M_{z,rs,Ed}$

sú návrhové, kombinačné alebo skupinové hodnoty vnútorných síl od ostatných zaťažení, ktoré pôsobia súčasne so zvislým premenným zaťažením cestnou dopravou.

Vyššie opísaný postup výpočtu zaťažiteľností platí za predpokladu, že priečna sila V_{Ed} je menšia ako polovica priečnej sily plastickej odolnosti steny v šmyku ($V_{pl,Rd}$ resp. $V_{bw,Rd}$). V opačnom prípade je potrebné zaťažiteľnosť určiť iteráčným postupom s využitím vzťahu (7.1) v STN EN 1993-1-5 pri rešpektovaní zásad z 5.1 tejto RÚ.

Pri súčasnom pôsobení priečnej sily a krútiaceho momentu sa priečna sila odolnosti prierezu v šmyku $V_{pl,Rd}$, resp. $V_{bw,Rd}$ nahradí priečnou silou odolnosti v šmyku $V_{pl,T,Rd}$, resp. $V_{bw,T,Rd}$, čím sa zohľadnia účinky krútenia podľa 6.2.7 v STN EN 1993-1-1.

Pri overovaní plastickej odolnosti zváraných prierezov triedy 1 a 2 namáhaných ohybom, šmykom a ťahom alebo tlakom je možné stanoviť ich zaťažiteľnosť konzervatívne podľa vzťahu (C1) v závislosti od úrovne namáhania šmykom s tým, že sa vo vzťahoch (C2) a (C3) miesto pružných návrhových ohybových momentov odolnosti sa použijú plastické návrhové ohybové momenty odolnosti stanovené pomocou plastických prierezových modulov $W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$. Pre dvojosoovo symetrické zvárané I-prierezy a pre zvárané uzatvorené prierezy s rovnakými pásnicami a stenami, pri ktorých sa nemusia zohľadňovať otvory pre spájacie prostriedky, je možné stanoviť zaťažiteľnosť presnejšie z overenia odolnosti podľa 6.2.9.1 v STN EN 1993-1-1, so zohľadnením vplyvu šmyku podľa 6.2.10 v STN EN 1993-1-1.

Overovanie odolnosti štíhlych prierezov triedy 4 musí rešpektovať vplyvy šmykového ochabnutia a vydúvania stien, ktoré sa v prepočte ocelevej konštrukcie môžu zohľadniť pomocou účinných prierezových charakteristík. Pri posudzovaní týchto typov prierezov sa postupuje podľa 6.2.9.3 v STN EN 1993-1-1 a kap. 3 a 4 v STN EN 1993-1-5. Zaťažiteľnosť štíhlych prierezov namáhaných ohybom, šmykom a ťahom alebo tlakom sa stanovuje podľa vzťahu (C1) závislosti od úrovne šmykového namáhania s tým, že do vzťahov (C2) a (C3) sa dosadia účinné prierezové charakteristiky a zohľadní sa prípadný posun ťažiskovej osi účinného prierezu podľa 6.2.2.5 v STN EN 1993-1-1.

Vzperná odolnosť tlačенých prútov a odolnosť ohýbaných prútov pri strate priečnej a torznej stability (klopenie nosníkov) sa určujú podľa 6.3.1 a 6.3.2 v STN EN 1993-1-1 a STN EN 1993-2. Ich zaťažiteľnosť sa môže určiť pomocou vzťahov (5.1) a ž (5.3) v tejto RÚ, do ktorého sa dosadí príslušná návrhová hodnota normálovej sily vzpernej odolnosti $N_{b,Rd} = \chi N_{Rd}$, resp. návrhová hodnota ohybového momentu vzpernej odolnosti v klopení $M_{b,Rd} = \chi_{LT} M_{Rd}$, kde χ je súčiniteľ vzperu pre rovinný vzper tlačeneho prúta a χ_{LT} je súčiniteľ klopenia pri strate stability klopením pri ohybe prúta. Pri overovaní odolnosti a určovaní zaťažiteľnosti prútov namáhaných tlakom a dvojsovým ohybom sa vychádza z podmienok spoľahlivosti podľa 6.3.3 a prílohy B pre metódu 2 v STN EN 1993-1-1. Určenie zaťažiteľností týchto prútov je nutné vykonať iteráčným postupom.

Prvková mostovka

V prípade prvkových mostoviek staršieho typu s nosným podkladom tvoreným rôznymi oceľovými profilmi (Zorés, puklovky, žľabiny) je dôležité spoľahlivo zhodnotiť technický stav tak nosného podkladu ako aj samotnej mostovky. Ten je obvykle veľmi negatívne ovplyvnený presakujúcou vodou, ktorá spolu s posypovými soľami používanými pri zimnej údržbe spôsobuje značné poškodenia oceľových prvkov chloridovou koróziou. Statická schéma profilov nosného podkladu sa môže voliť ako jednoduchý nosník. Statická schéma pozdĺžnikov sa volí buď ako jednoduchý nosník alebo ako spojitý nosník, v závislosti od konštrukčného riešenia (pozdĺžniky zapustené medzi priečniky, pozdĺžniky nasadené na priečniky). Prípoj priečnikov na hlavné nosníky sa môže vo vodorovnom smere uvažovať ako kĺbový, vo zvislom smere je účelné zohľadniť skutočnú tuhosť prípoja, ktorá v prípade mostov s dolnou mostovkou a otvoreným usporiadaním ovplyvňuje stabilitu hlavných nosníkov.

V prípade nosného podkladu vozovky tvoreného železobetónovou doskou uloženou na pozdĺžnikoch a priečnikoch (prípadne len na pozdĺžnikoch alebo len na priečnikoch) je dôležité

identifikovať existenciu/neexistenciu prvkov spriahnutia medzi betónovou doskou a prvkami mostovky. Ak nie je k dispozícii pôvodná dokumentácia a diagnostikou nie je možné zistiť použitie prvkov spriahnutia, uvažuje sa betónová doska bezpečne ako nespriahnutá s prvkami mostovky. V smere kolmom na podporujúce prvky sa uvažuje ako spojitá doska, prípadne ako jednoducho uložená doska, v závislosti od miery vystuženia betonárskou výstužou nad oceľovými podporujúcimi nosníkmi. Statické pôsobenie pozdĺžnikov a priečnikov sa uvažuje obdobne ako v predchádzajúcom prípade.

Pri stanovení odozvy na zaťaženie je možné využiť roznos kolesových síl cez vrstvy vozovky až po úroveň strednicovej roviny profilov nosného podkladu, resp. betónovej dosky. Zaťažiteľnosť betónovej dosky v smere kolmom na podporujúce oceľové prvky sa stanoví podľa prílohy A tejto RÚ. Zaťažiteľnosť nespriahnutých pozdĺžnikov a priečnikov sa stanoví podľa tejto prílohy v závislosti od klasifikácie prierezu a od úrovne šmykového namáhania. V prípade betónovej dosky spriahnutej s prvkami mostovky sa postupuje pri stanovení zaťažiteľnosti jednotlivých častí mostovky podľa prílohy B tejto RÚ. Pri stanovení odozvy na zaťaženie priečnikov otvorene usporiadaných mostov, ktoré sú súčasťou priečných U-rámov a svojou ohybovou tuhosťou prispievajú ku globálnej stabilite hlavných nosníkov, je potrebné do kombinácie zaťaženia zahrnúť aj namáhanie priečnikov v dôsledku vzperu tlačeneho pásu hlavných nosníkov.

Dosková ortotropná mostovka

Ortotropné mostovky, ktoré sú zároveň súčasťou hlavného nosného systému mosta, sa overujú s ohľadom na napätosť:

- g) od lokálneho namáhania pozdĺžnych výstuh s účinnou časťou plechu mostovky,
- h) od lokálneho namáhania priečných výstuh pri zohľadnení prípadných výrezov pre jednotlivé pozdĺžne výstuhy.
- i) od globálneho namáhania mostovky ako súčasti hlavného nosného systému,

Podobne ako priečniky prvkových mostoviek, aj priečne výstuhy ortotropných mostoviek otvorene usporiadaných mostov je potrebné overiť aj na účinky vzperu tlačenej pásu hlavných nosníkov.

Plnostenné hlavné nosníky

Zaťažiteľnosť s ohľadom na ohybovú odolnosť prierezu plnostenných hlavných nosníkov (prípadne v kombinácii s osovou silou) sa určí v závislosti od klasifikácie ich prierezov a úrovne namáhania šmykom. V prípade plnostenných nosníkov ako súčasti Langrovho trámu sa odporúča pri overovaní vydúvania štíhlej steny s využitím metódy účinnej šírky vychádzať z celkovej napätosti v stene od kombinácie namáhání.

Priehradové hlavné nosníky

Zaťažiteľnosť prierezov prútov priehradových hlavných nosníkov sa stanoví v závislosti od spôsobu namáhania a klasifikácie prierezu. Vplyv mimouzlového pripojenia prútov v rovine hlavného nosníka sa môže zanedbať, ak:

- j) pri zváraných pásoch hlavných nosníkov je odchýlka ťažiskovej osi prúta od vyrovnanej ťažiskovej osi pásu menšia ako 2,5 % najväčšej výšky pásu, najviac však 20 mm,
- k) pri nitovaných pásoch hlavných nosníkov priesečník diagonál s osou zvislíc padne do priestoru vymedzeného vyrovnanou ťažiskovou osou pásu a spojnicou krčných nitov pásových uholníkov.

Zanedbanie vplyvu mimouzlového pripojenia prútov z roviny hlavného nosníka sa nepripúšťa.

Tlačené pásy otvorene usporiadaných mostov

Tlačené pásy otvorene usporiadaných priehradových a plnostenných mostov (s I prierezmi) s dolnými mostovkami sú zabezpečené proti vybočeniu zo svojej roviny pružným odporom priečných U-rámov. Stanovenie zaťažiteľnosti s ohľadom na ich stabilitu z roviny je preto potrebné realizovať vo vzťahu k tuhosti týchto priečných U-rámov jedným z týchto postupov:

- l) nelineárnou pružnostnou analýzou (GNIA) na výpočtovom modeli celej nosnej konštrukcie alebo na modeli začiatčne zakriveného prúta na pružných podporách s pružinovými konštantami zodpovedajúcimi tuhostiam priečných U-rámov.
- m) stabilitnou pružnostnou analýzou (LBA) na výpočtovom modeli celej nosnej konštrukcie alebo na modeli pásu ako ideálneho prúta na pružných podporách s pružinovými konštantami zodpovedajúcimi tuhostiam priečných U-rámov, ktorou sa stanoví kritická sila v páse.

Komorové nosné konštrukcie

Ak nie je tvar priečného rezu komorového mosta zabezpečený tuhými priečnymi stužidlami v miestach uloženia mosta a aspoň v štvrtinách jeho rozpätia, resp. vzdialenosť priečných stužidiel je viac ako 12 m, je potrebné v prepočte zohľadniť vplyv distorzie priečného rezu mostnej konštrukcie. Pri splnení vyššie opísaných podmienok je možné vplyv distorzie prierezu nosnej konštrukcie zanedbať a zaťažiteľnosť určiť z namáhania ohybom v kombinácii s krútením, ktorým sa zohľadňuje vplyv excentricity zaťaženia.

Výstuhy stien a pásov nosníkov

V prepočte ocelevej konštrukcie existujúceho mosta sa požaduje overiť zaistenie nepoddajného podopretia stien plnostenných nosníkov priečnymi výstuhami podľa STN EN 1993-1-5. Ak sa preukáže nedostatočná tuhosť priečných výstuh stien, je potrebné overiť odolnosť prierezu nosníka presnejším postupom pomocou geometricky nelineárnej pružnostnej analýzy (GNIA). Okrem toho je potrebné overiť zaťažiteľnosť aj z pevnostného posúdenia priečných výstuh stien nosníkov podľa STN EN 1993-1-5.

Odolnosť spojov

Spoje prvkov oceleových konštrukcií sa v prepočte existujúceho mosta overujú podľa STN EN 1993-1-8 s prihliadnutím k C.1 tejto RÚ.

C.2.3 Overenie únavovej odolnosti

Overenie únavovej odolnosti sa vykoná pomocou zjednodušenej metódy využívajúcej ekvivalentný rozkmit napätia podľa časti 5.1.2 tejto RÚ a s využitím podmienok spoľahlivosti pre overenie únavovej odolnosti definovaných v STN EN 1993-1-9 v závislosti od spôsobu namáhania (normálové napätia, šmykové napätia, kombinácia). Overenie sa vykoná pre všetky konštrukčné detaily náchylné na únavové poškodenie, ktorých únavová pevnosť sa stanoví s využitím kategorizácie detailov v STN EN 1993-1-9, s prihliadnutím na odporúčania v prílohe C v STN EN 1993-2. Na stanovenie únavovej pevnosti nitovaných konštrukčných detailov, ktoré nie sú zahrnuté v STN EN 1993-1-9, je možné využiť dostupnú literatúru, napr. (Taras, Grainer - 2010).

C.2.4 Medzné stavy používateľnosti

Napätia a deformácie v medznom stave používateľnosti sa majú určovať pomocou lineárnej pružnostnej analýzy s použitím prierezových charakteristík zohľadňujúcich vplyv šmykového ochabnutia podľa STN EN 1993-1-5. Vplyv vydúvania štíhlych stien a pásov je možné zanedbať. Pri výpočte priehybu sa zohľadňuje vplyv normálových aj šmykových napätí. Pri overovaní medzného stavu prekročenia medzných pretvorení nosnej konštrukcie a stanovení zaťažiteľnosti sa postupuje všeobecne podľa 5.1.3 tejto RÚ.

Pokiaľ sa pri prepočte ocelej konštrukcie mostu v medznom stave únosnosti použili pružné odolnosti prierezov nosných prvkov, overenie kritéria obmedzenia pružných napätí prierezov a prvkov ocelej konštrukcie mostu sa v medznom stave používateľnosti nevyžaduje.

Ak bola pri určení zaťažiteľnosti zvarovaných prierezov triedy 1 alebo 2 v medznom stave únosnosti využitá ich plastická odolnosť, je nutné overiť ich pružné správanie v medznom stave používateľnosti. Zaťažiteľnosť sa v tomto prípade stanoví obdobným postupom ako v prípade prierezov triedy 3 v medznom stave únosnosti, avšak s použitím parciálnych súčiniteľov pre stanovenie návrhových hodnôt účinkov zaťaženia aj odolností prierezov $\gamma_{F,ser} = \gamma_{M,ser} = 1,0$.

Pri štíhlych prierezoch je potrebné kontrolovať štíhlosti nevystužených i vystužených stien prierezov, aby sa zabránilo nadmernému dýchaniu stien, ktoré môže vyvolať únavový lom v okolí prípoja steny k pásnici. Ak štíhlosť stien nevyhoví limitným hodnotám v STN EN 1993-2, je potrebné stanoviť zaťažiteľnosť aj s ohľadom na obmedzenie dýchania štíhlych stien s využitím príslušných podmienok spoľahlivosti v STN EN 1993-2.

PRÍLOHA D - Murované mostné objekty

D.1 Vlastnosti materiálov

Mechanické vlastnosti muriva (kameňa, tehál a vlastnosti malty) sa stanovujú na základe prehliadkou overenej dokumentácie mostného objektu s využitím noriem a predpisov platných v dobe jeho návrhu, alebo na základe výsledkov diagnostického prieskumu a skúšok materiálov vykonaných so súhlasom odborného útvaru zadávateľa. Pokiaľ nie je k dispozícii dokumentácia mostného objektu, príp. sú pochybnosti o kvalite materiálov, je potrebné vlastnosti materiálov a muriva stanoviť na základe skúšok.

Pri posúdení murovacích prvkov sa vychádza z ich normalizovanej priemernej pevnosti v tlaku f_b murovacieho prvku v smere pôsobiaceho zaťaženia. Normalizovaná pevnosť murovacích prvkov v tlaku sa stanoví zo vzťahu:

$$f_b = \eta \cdot \delta \cdot f_u, \quad (D.1)$$

kde: δ je súčiniteľ vyjadrujúci vplyv výšky a šírky murovacieho prvku podľa prílohy A v STN EN 772-1,

η je súčiniteľ vyjadrujúci vplyv vlhkosti muriva podľa prílohy A v STN EN 772-1,

f_u je priemerná pevnosť murovacieho prvku v tlaku stanovená skúškami.

Pevnosť malty v tlaku f_m sa stanoví na základe prehliadkou overenej dokumentácie mostného objektu alebo sa zistí skúškami podľa STN EN 1015-11. Je možné predpokladať, že u existujúcich murovaných mostných objektov nebude známe zloženie malty. V tom prípade sa malta považuje za obyčajnú maltu so zložením určeným podľa návrhovej pevnosti v tlaku v MPa. Charakteristická hodnota pevnosti muriva v tlaku f_k sa stanoví z výsledkov pevnostných skúšok muriva podľa STN EN 1052-1 alebo vyhodnotením údajov o skúškach, ktoré je založené na závislosti charakteristickej hodnoty pevnosti muriva v tlaku f_k , normalizovanej priemernej pevnosti v tlaku murovacieho prvku f_b a pevnosti malty v tlaku f_m . Výsledky skúšok charakteristickej hodnoty pevnosti muriva v tlaku sa odporúča uvádzať v tvare podľa 3.6.1.2(1) v STN EN 1996-1-1. Konštanta K sa uvažuje podľa STN EN 1996-1-1 a exponenty α a β sa odporúča uvažovať v súlade s STN ISO 13822.

Pokiaľ sa pri stanovení mechanických vlastností postupuje na základe prehliadkou overenej dokumentácie mostného objektu, návrhové hodnoty vlastností materiálov sa stanovujú podľa 2.4.1 v STN EN 1996-1-1 tak, že sa charakteristické hodnoty vlastností materiálov delia parciálnym súčiniteľom spoľahlivosti materiálu γ_M . Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti materiálu γ_M sa pre existujúce murované mostné objekty uvažuje hodnotou:

- $\gamma_M = 1,80$ pre neporušené murivo bez trhlín existujúcich murovaných mostných objektov z malty navrhnutého zloženia (návrhové pevnosti v MPa),
- $\gamma_M = 2,00$ pre neporušené murivo bez trhlín existujúcich murovaných mostných objektov z malty predpísaného zloženia (predpísaný pomer objemových dielov cement : vápno : piesok).

Pri murovaných mostných objektoch mladších ako 30 rokov sa hodnoty parciálneho súčiniteľa spoľahlivosti materiálu γ_M uvažujú podľa 2.4.3 v STN EN 1996-1-1.

Ak je murivo porušené, stanoví sa parciálny súčiniteľ spoľahlivosti materiálu γ_M pre existujúce murované mostné objekty podľa prílohy NF v STN ISO 13822.

Pokiaľ sa pri stanovení mechanických vlastností postupuje na základe výsledkov diagnostického prieskumu a skúšok materiálov, stanovujú sa návrhové hodnoty vlastností materiálov rovnako podľa 2.4.1 v STN EN 1996-1-1 tak, že sa charakteristická hodnota vlastností materiálu delí parciálnym súčiniteľom spoľahlivosti materiálu γ_M , ktorého hodnota sa stanoví podľa prílohy NF v STN ISO 13822.

D.2 Prepočet existujúcich murovaných mostných objektov

Pre globálnu analýzu existujúcich murovaných mostných objektov sa odporúča prednostne používať priestorové výpočtové modely umožňujúce presnejšie vystihnúť jeho skutočného pôsobenia pri interakcii so zemínou a súčasne aj zohľadnenie prípadnej redistribúcie vnútorných síl v dôsledku imperfekcií a porúch prvkov a častí mostných objektov. Použitie zjednodušených rovinných výpočtových modelov je možné uvažovať najmä v súvislosti s kontrolnými a overovacími výpočtami, alebo pre posúdenie niektorých špecifických prípadov, ktoré nie je možné vystihnúť pomocou primárnych priestorových modelov. Ak sa murovaný mostný objekt modeluje pomocou jednoduchších submodelov, má sa jeho priestorové pôsobenie vždy zohľadniť iným spôsobom. Pri globálnej analýze existujúceho murovaného mostného objektu sa požaduje zohľadniť vplyv podstatných imperfekcií a porúch. Tvar a veľkosť imperfekcií, ktoré môžu evidentne ovplyvniť zaťažiteľnosť, sa má získať priamym zameraním na mostnom objekte.

Globálna analýza existujúcej murovanej klenby sa má vykonať pomocou:

- trojrozmernej (3D) analýzy metódou konečných prvkov,
- dvojrozmernej (2D) analýzy metódou konečných prvkov.

Pri globálnej analýze klenieb sa odporúča zohľadniť nelineárne materiálové správanie sa muriva vyplývajúce z redukcie tuhosti prierezu vplyvom roztvárania trhlín. To nastáva vtedy, ak sa zvolí iné posúdenie než pružnostné s podmienkou zachovania výslednice zaťaženia v jadre prierezu. Náhradná dĺžka murovanej klenby L_Φ pre výpočet dynamického súčiniteľa sa uvažuje hodnotou rovnou dvojnásobku svetlosti klenby mostného objektu.

Ak sa nepočíta presnejšie, je možné interakciu murovanej presypanej klenby s materiálom zásypu zanedbať a zásyp nahradiť statickým zaťažením zodpovedajúcim silovému účinku zásypu na klenbu (vodorovné a zvislé sily).

Pri zjednodušenej globálnej analýze je možné vyšetrovať pás murovanej klenby jednotkovej šírky ako rovinnú konštrukciu. Pokiaľ má murovaná klenba po šírke mostu premennú hrúbku, môže sa v globálnej analýze vykonanej pomocou rovinného výpočtového modelu uvažovať s jej priemernou hodnotou.

Ak sa nepostupuje presnejšie, je možné pri prepočte existujúcej murovanej klenby a určení jej zaťažiteľnosti uvažovať iba dve zaťažovacie polohy:

- premenné zaťaženie dopravou na pozemných komunikáciách po celej dĺžke klenby,
- premenné zaťaženie dopravou na pozemných komunikáciách iba na polovici dĺžky klenby (od vrcholu k päte klenby).

Pri murovaných klenbách s výraznými poruchami je možné pripustiť zmenu statického systému postupným vytváraním plastických kĺbov, pokiaľ sa nedosiahne tvarovej neurčitosti. Tento postup vedie na nelineárny výpočet. Spolupôsobenie čelných múrikov a nadmurovky je možné obvykle zanedbať. Jeho prípadný priaznivý vplyv môže byť zohľadnený iba vtedy, ak sa ich spolupôsobenie s klenbou spoľahlivo preukáže alebo sa zaistí opravou.

Posúdenie spoľahlivosti existujúcich murovaných mostných objektov sa vykonáva metódou parciálnych súčiniteľov podľa STN EN 1990 a STN EN 1996-1-1, STN ISO 13822 a v súlade s STN EN 1991-1-1, STN EN 1991-2 a nasledujúcich článkov tejto prílohy. Zaťažiteľnosti V_n, V_j, V_e sa stanoví postupmi podľa 5.1 tejto RÚ.

Overenie spoľahlivosti existujúcich murovaných mostných objektov a určenie ich zaťažiteľnosti musí rešpektovať kritéria príslušných medzných stavov únosnosti podľa 2.4.3 a kap. 6 v STN EN 1996-1-1 a podľa 4.1.1 tejto RÚ.

Medzné stavy únosnosti existujúcich murovaných mostných objektov zahŕňajú:

- porušenie prierezu alebo prvku murovaného mostného objektu prekročením návrhovej pevnosti materiálu (porušenie ohybovým momentom a/alebo normálovou silou, porušenie šmykom, porušenie lokálne zaťažených oblastí),
- stratu stability tvaru prvku mostného objektu alebo jeho častí,
- únavové porušenie pri opakovanom namáhaní,
- stratu stability polohy.

Murované klenby sa nemusia posudzovať na:

- únavové porušenie pri opakovanom namáhaní,
- porušenie lokálnym namáhaním,
- stratu stability polohy s výnimkou čelných múrikov a krídiel.

Čelné múriky a krídla klenieb sa posudzujú na stratu stability polohy posunutím a preklopením. Zemný tlak zasypávky na rub múrikov a krídiel sa považuje za aktívny podľa STN EN 1997-1. Odolnosť rozhodujúcich prierezov murovaných mostných objektov sa stanoví podľa kap. 6 v STN EN 1996-1-1.

Murivo zaťažené prevažne normálovými silami sa odporúča vyšetrovať za vylúčeného ťahu v murive a za predpokladu rovnomerne rozdeleného napätia v tlačenej oblasti. Zaťažiteľnosti V_n, V_j, V_e murovanej klenby z medzných stavov únosnosti je potrebné stanoviť pomocou iteračného postupu s využitím zásad v 5.1 tejto RÚ.

Murované mostné objekty sa posudzujú na medzné stavy používateľnosti podľa 2.4.4 a kap. 7 v STN EN 1996-1-1 a podľa 5.1 tejto RÚ. Medzné stavy používateľnosti murovaných mostných objektov zahŕňajú:

- obmedzenie napätí v ťahu (dekompresia) pri viacvrstvových klenbách,
- obmedzenie pretvorenia,
- obmedzenie trhlín.

V medznom stave obmedzenia napätia nemá tlakové napätie v charakteristickej kombinácii zaťaženia prekročiť hodnotu $0,45 f_k$ a súčasne má byť otvorenie škáry menšie ako polovica hrúbky posudzovaného prierezu. Pokiaľ to nie je splnené, je potrebné určiť zaťažiteľnosti V_n, V_j, V_e iteračným postupom z podmienky obmedzenia napätia a otvorenia škáry postupom podľa 5.1 tejto RÚ.

Prierez sa má v medznom stave používateľnosti vyšetrovať za vylúčeného ťahu a za predpokladu lineárne rozdeleného napätia v tlačenej časti prierezu. Murované mostné objekty musia byť dostatočne tuhé, aby ich pretvorenie neprekročilo dané prevádzkové požiadavky. Priehyb murovaných mostných objektov sa stanovuje samostatne pre zaťaženie stále a pre zvislé premenné zaťaženie dopravou na pozemných komunikáciách.

Pre murované klenby z viacerých vrstiev muriva má byť maximálna výška ťahanej oblasti prierezu pri charakteristickej kombinácii zaťaženia menšia ako $2/3$ hrúbky lícovej vrstvy muriva (pozri obr. D.1 - ide o požiadavku dekompresie - obmedzenie ťahového napätia). Táto

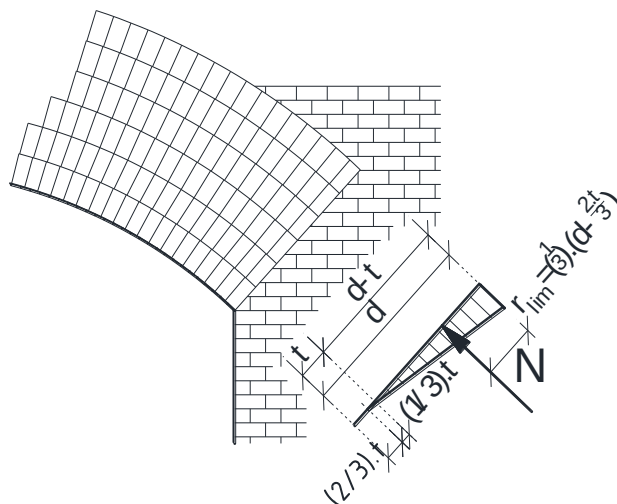
podmienka je splnená, ak vzdialenosť r pôsobiska tlakovej sily od horného okraja klenby je väčšia ako medzná vzdialenosť $r_{\min}$ podľa vzťahu:

$$r > r_{\lim} = \frac{1}{3} \cdot (d - 2t/3), \quad (\text{D.2})$$

kde: t je hrúbka lícovej vrstvy muriva (pozri obr. D.1),

d je celková hrúbka klenby.

Zaťažiteľnosti V_n , V_j , V_e je možné stanoviť iteračnou formou z podmienky $r = r_{\min}$ postupom podľa 5.1 tejto RÚ.



Obr. D.1

Ak zadávateľ nestanoví inak, požaduje sa z hľadiska medzných stavov použiteľnosti murovanej klenby len overenie medzného stavu obmedzenia pretvorenia (priehybov).

PRÍLOHA E - Drevené mosty

E.1 Vlastnosti materiálov

Pri určovaní fyzikálno-mechanických vlastností dreva a materiálov na báze dreva sa postupuje podľa 4.1.3 tejto RÚ.

Známe vizuálne triedy konštrukčného dreva (S0, SI, SII) môžu byť zaradené do pevnostných tried podľa STN EN 1912 a následne je možné pre výpočet zaťažiteľnosti použiť charakteristické hodnoty vlastností definovaných v STN EN 338. Ak nie je k dispozícii pôvodná dokumentácia, alebo sú pochybnosti o kvalite použitého dreva, stanovujú sa jeho materiálové charakteristiky pomocou skúšok v zmysle STN EN 384 a súvisiacich noriem.

Charakteristické vlastnosti konštrukcií z lepeného lamelového dreva spĺňajúceho požiadavky STN EN 14080 môžu byť uvažované v zmysle tejto normy. V prípade potreby získania materiálových vlastností skúškami sa postupuje podľa STN EN 408+A1.

Návrhové hodnoty vlastností dreva a materiálov na báze dreva sa stanovujú podľa STN EN 1995-1-1. Parciálne súčinitele spoľahlivosti γ_M vlastností dreva, resp. materiálov na báze dreva a odolností spojov či kovových súčastí je možné uvažovať podľa STN EN 1995-2/NA. Pre najbežnejšie používané materiály, t.j. pre smrekové drevo a lepené lamelové drevo sa hodnota parciálneho súčiniteľa spoľahlivosti materiálu stanoví pomocou prílohy G tejto RÚ. Modifikačný faktor trvania zaťaženia a vlhkosti sa uvažuje podľa STN EN 1995-1-1.

Vlastnosti oceľových častí sa stanovujú podľa prílohy B. Vlastnosti betónových konštrukčných častí sa stanovujú podľa prílohy A.

E.2 Prepočet drevených nosných konštrukcií

Na globálnu analýzu drevených konštrukcií existujúcich mostov sa odporúča prednostne používať priestorové výpočtové modely umožňujúce presnejšie vystihnúť skutočného pôsobenia nosnej konštrukcie. Pokiaľ sa nosná konštrukcia modeluje pomocou parciálnych submodelov, má sa jej priestorové pôsobenie vždy zohľadniť iným spôsobom.

Odozva na zaťaženie sa pri globálnej analýze nosnej konštrukcie stanoví prednostne pružnostnou metódou za predpokladu lineárneho pôsobenia konštrukčného materiálu. Obvykle je možné aplikovať pružnostnú globálnu analýzu prvého rádu so začiatočným tvarom konštrukcie. Vplyv pretvorenia konštrukcie (účinky teórie druhého rádu) sa má zobrať do úvahy, pokiaľ významne zväčšuje účinky zaťaženia alebo významne mení správanie sa konštrukcie (napr. pri oblúkových konštrukciách). Pri globálnej analýze je tiež potrebné zohľadniť vhodným spôsobom poddajnosť spojov (napr. ich rotačnou alebo posuvnou tuhosťou).

Pri statickom prepočte drevených mostných konštrukcií je nutné rešpektovať ich skutočný stav, ktorý sa zisťuje najmä s ohľadom na znehodnotenie dreva (poškodenie dreva hnilobou alebo drevokazným hmyzom), koróziu kovových spájacích prostriedkov a prípadných oceľových súčastí a tiež kvalitu spojov (dotiahnutie svorníkov a skrutiek, celistvosť lepených spojov a pod.). Pri zisťovaní skutočného stavu sa súčasne stanoví rozsah a spôsob nutných opráv mosta (výmeny alebo zosilnenie poškodených prvkov a pod.). Na posúdenie znehodnotenie dreva sa používajú najmä vizuálna kontrola a nedeštruktívne diagnostické metódy. Zvýšenú pozornosť je potrebné venovať miestam s dlhodobou zvýšenou vlhkosťou dreva.

Zaťažiteľnosť drevenej nosnej konštrukcie z hľadiska MS únosnosti sa stanovuje podľa kapitoly 5 tejto RÚ s využitím príslušných podmienok spoľahlivosti pre overenie základných spôsobov namáhania drevených prierezov, prvkov a spojov podľa STN EN 1995-1-1.

Zaťažiteľnosť spriahnutých drevo-betónových prvkov, rovnako ako aj lamelových doskových mostoviek sa stanoví s využitím STN EN 1995-2.

Pri určovaní zaťažiteľnosti z hľadiska MS použiteľnosti sa pri overovaní medzných pretvorení nosnej konštrukcie postupuje všeobecne podľa 5.1.3 tejto RÚ s využitím limitných hodnôt priehybov uvedených v STN EN 1995-2.

PRÍLOHA F - Prehľad zaťažiteľnosti mosta/časti mosta

A. Identifikácia mosta

Identifikačné číslo mosta: Správca: km:

--	--	--	--	--	--

Predmet premostenia alebo prevedenia:

B. Identifikácia časti mosta

Časť mosta: nosná konštrukcia /opora /pilier, Por. číslo,
(v smere staničenia)

C. Doplnujúce údaje časti mosta/časti mosta

Kategória zaťažiteľnosti: Výpočtový model:

Priestorové usporiadanie uvažované v prepočte mosta/časti mosta (v smere staničenia):

na začiatku v strede na konci

Polomer oblúka [m] [m] [m]

Opis porúch uvažovaných v prepočte mosta/časti mosta:

.....
.....
.....

Dátum zistenia technického stavu mosta: SSC:
spracovateľom prepočtu:

Por. č.	Prvok	Detail	Namáhanie	$\gamma_{F,Q}$	V_n [t]	V_j [t]	$V_{e,1}^{1)}$ [t]	$V_{e,1}^{2)}$ [t]	Poznámky ³⁾
1	2	3	4	5	7	8	9	10	11

Dňa: , zaťažiteľnosť určil:
Dňa: , do MZ zadal:

¹⁾ $V_{e,1}$ je hodnota výnimočnej zaťažiteľnosti pre model zvláštneho vozidla 1800/200

²⁾ $V_{e,2}$ je hodnota výnimočnej zaťažiteľnosti pre model zvláštneho vozidla 3000/240

³⁾V Poznámke sa uvedie napríklad kategória príslušnej zaťažiteľnosti

PRÍLOHA G - Výpočet parciálnych súčiniteľov účinkov zaťaženi a materiálov existujúcich mostných objektov

G.1 Úroveň spoľahlivosti existujúcich mostných objektov

Mostné objekty pozemných komunikácií sú kontrolované v rámci pravidelnej dohliadacej činnosti poskytujúcej informácie o ich aktuálnom technickom stave, ktoré neboli k dispozícii pri ich návrhu. Údaje tak dopĺňajú základné informácie získané z dokumentácie mostného objektu. Spolu s ďalšími údajmi získanými v priebehu životnosti mostného objektu predstavujú zdroj informácií redukujúcich neistoty vstupných parametrov procesu overovania spoľahlivosti. Súčasne je potrebné zohľadniť, že spoľahlivosť existujúcich mostných objektov sa v rámci prepočtov overuje na zvyškovú životnosť a nie na návrhovú životnosť, ktorá pri nových mostoch je 100 rokov, zatiaľ čo pri existujúcich je preukázateľne nižšia. Tieto úvahy možno s využitím matematickej teórie pravdepodobnosti spracovať a pre posudzovanie existujúcich mostných objektov tak pripustiť nižšiu hladinu spoľahlivosti, než aká platí pri posudzovaní novostavieb (Koteš, P. - Vičan, J., 2012). Pomocou aparátu matematickej teórie spoľahlivosti boli spracované úrovne spoľahlivosti pre nosné prvky existujúcich mostných objektov v závislosti od ich veku a plánovanej zvyškovej životnosti. Úrovně spoľahlivosti sú definované hodnotami indexu spoľahlivosti β_t , ktoré sú pre tieto časové parametre uvedené v tab. G.1.

Tab. G.1 Úroveň spoľahlivosti existujúcich mostných objektov

Zvyšková životnosť (roky)	Úroveň hladiny spoľahlivosti daná indexom spoľahlivosti β_t podľa veku nosného prvku v rokoch								
	10 a menej	20	30	40	50	60	70	80	90 a viac
5	3,358	3,212	3,112	3,035	2,972	2,918	2,871	2,829	2,791
10	3,468	3,356	3,274	3,209	3,155	3,108	3,066	3,029	2,996
20	3,545	3,467	3,405	3,354	3,310	3,271	3,236	3,205	
30	3,576	3,516	3,466	3,424	3,386	3,352	3,322		
40	3,593	3,544	3,502	3,465	3,433	3,403			
50	3,604	3,563	3,526	3,494	3,465				
60	3,611	3,575	3,543	3,515					
70	3,617	3,585	3,557						
80	3,621	3,592							
90	3,624								

Hodnoty indexov spoľahlivosti z tab. G.1 sa použijú na stanovenie návrhových hodnôt účinkov zaťaženi a odolností prierezov a prvkov existujúcich mostných objektov pomocou ich charakteristických hodnôt a príslušných parciálnych súčiniteľov účinkov zaťaženi a materiálov, ktorých výpočet je uvedený ďalej.

G.2 Výpočet hodnôt parciálnych súčiniteľov účinkov zaťaženia

Hodnoty parciálneho súčiniteľa účinkov stáleho zaťaženia γ_G sa stanovujú za predpokladu normálneho rozdelenia podľa vzťahu:

$$\gamma_G = \gamma_{sd} \cdot (1 - \alpha_E \cdot \beta_t \cdot v_G), \quad (G.1)$$

kde: α_E je súčiniteľ citlivosti metódy FORM pre zaťaženie, $\alpha_E = -0,7$,
 β_t je index spoľahlivosti uvažovaný podľa tab. G.1 v závislosti od veku nosného prvku mostného objektu a jeho plánovanej zvyškovej životnosti,
 γ_{sd} je parciálny súčiniteľ zohľadňujúci neistoty modelu odozvy stáleho zaťaženia, príp. i modelu zaťaženia, $\gamma_{sd} = 1,05$,
 v_G je variačný koeficient stáleho zaťaženia,
 $v_G = 0,100$ – pre nosné a nenosné prvky mostných objektov s parametrami nekontrolovanými meraním,
 $v_G = 0,050$ – pre nosné a nenosné prvky mostných objektov, ktorých minimálne geometrické parametre boli kontrolované meraním.

Vypočítané hodnoty parciálneho súčiniteľa účinkov stáleho zaťaženia sa môžu zaokrúhliť na 0,05.

V prípade stanovenia hodnôt stálych zaťažení pomocou odobratých vzoriek a šetrením na existujúcom mostnom objekte je možné zohľadniť štatistické hodnoty získané vyhodnotením experimentálne zistených údajov. V tomto prípade sa odporúča postupovať podľa STN EN 1990, prílohy D a STN ISO 13822, NA 2.5.

KOMENTÁR: V súvislosti s vyhodnotením štatistických charakteristík skúšaných materiálov sa môžu použiť aj postupy uvedené v TP 224, ktoré sú platné v ČR.

Hodnoty parciálneho súčiniteľa účinkov premenného zaťaženia cestnou dopravou $\gamma_{Q, LM1}$ sa stanovujú za predpokladu Gumbelovho rozdelenia podľa vzťahu:

$$\gamma_{Q, LM1} = \gamma_{sd} \cdot \frac{1 - v_Q [0,449 + 0,778 \cdot \ln(-\ln \Phi(-\alpha_E \cdot \beta_t))]}{1 - v_Q [0,449 + 0,778 \cdot \ln(-\ln(0,95))]}, \quad (G.2)$$

kde: Φ je distribučná funkcia normovaného normálneho rozdelenia,
 v_Q je variačný koeficient premenného zaťaženia cestnou dopravou,
 $v_Q = 0,23$,
 $\gamma_{sd} = 1,05$.

Ostatné veličiny sú vysvetlené pri vzťahu (G.1). Vypočítané hodnoty parciálneho súčiniteľa účinkov zaťaženia cestnou dopravou sa môžu zaokrúhliť na 0,05.

Hodnoty parciálneho súčiniteľa $\gamma_{Q, LM1}$ platia aj pre zaťažovací model 2, ako aj pre všetky zložky premenného zaťaženia cestnou dopravou, t.j. odstredivé sily, rozjazdové a brzdné sily.

Hodnoty parciálneho súčiniteľa účinkov premenných klimatických zaťažení (zaťaženia vetrom, teplotou) γ_Q sa určujú za predpokladu Gumbelovho rozdelenia pravdepodobnosti výskytu jednoročných extrémov zo vzťahu:

$$\gamma_Q = \gamma_{sd} \cdot \frac{1 - v_Q [0,449 - 0,778 \cdot \ln N + 0,778 \cdot \ln(-\ln \Phi(-\alpha_E \cdot \beta_t))]}{1 - v_Q [0,449 + 0,778 \cdot \ln(-\ln(0,98))]}, \quad (G.3)$$

kde: N je pomer plánovanej zvyškovej životnosti v rokoch a základného referenčného intervalu, ktorý sa uvažuje 1 rok,
 v_Q je variačný koeficient premenného klimatického zaťaženia, $v_Q = 0,12 - 0,13$.

Ostatné veličiny boli vysvetlené pri vzťahu (G.1).

Variačné koeficienty v_Q premenného zaťaženia vetrom resp. teplotou je možné stanoviť pre konkrétnu geografickú polohu mosta na základe údajov SHMÚ.

Vypočítané hodnoty parciálneho súčiniteľa účinkov klimatických zaťažení sa môžu zaokrúhliť na 0,05.

G.3 Výpočet hodnôt parciálnych súčiniteľov spoľahlivosti materiálov

Hodnoty parciálneho súčiniteľa spoľahlivosti betónu γ_C sa stanovujú za predpokladu log-normálneho rozdelenia pravdepodobnosti výskytu náhodných vlastností betónu podľa vzťahu:

$$\gamma_C = \gamma_{\text{conv}} \cdot e^{(-k_{\alpha x} \cdot v_x - \alpha_R \cdot \beta_t \cdot v_R)}, \quad (\text{G.4})$$

kde: v_R je variačný koeficient pevnosti betónu, $v_R = 0,166$,
 v_x je variačný koeficient neistoty materiállovej vlastnosti, $v_x = 0,150$,
 γ_{conv} je súčiniteľ konverzie pre betón, $\gamma_{\text{conv}} = 1,15$,
 $k_{\alpha x}$ je štatistický súčiniteľ zodpovedajúci pravdepodobnosti výskytu charakteristickej hodnoty (5% kvantil), $k_{\alpha x} = 1,645$.

Vypočítané hodnoty parciálneho súčiniteľa spoľahlivosti betónu sa môžu zaokrúhliť na 0,05.

Hodnoty parciálnych súčiniteľov spoľahlivosti betonárskej a predpínacej výstuže γ_S sa stanovujú za predpokladu log-normálneho rozdelenia pravdepodobnosti výskytu náhodných vlastností betonárskej a predpínacej ocele podľa vzťahu:

$$\gamma_S = e^{(-k_{\alpha x} \cdot v_x - \alpha_R \cdot \beta_t \cdot v_R)}, \quad (\text{G.5})$$

kde: v_R je variačný koeficient medze klzu betonárskej a predpínacej výstuže, $v_R = 0,069$,
 v_x je variačný koeficient neistoty materiállovej vlastnosti, $v_x = 0,040$.

Ostatné veličiny boli vysvetlené pri predchádzajúcich vzťahoch.

Vypočítané hodnoty parciálneho súčiniteľa spoľahlivosti betonárskej a predpínacej výstuže sa môžu zaokrúhliť na 0,05.

Parciálne súčinitele spoľahlivosti $\gamma_{M,i}$ konštrukčných ocelí vyrobených do roku 1968 sa stanovujú za predpokladu gama rozdelenia pravdepodobnosti výskytu náhodných vlastností konštrukčných ocelí podľa vzťahu:

$$\gamma_{M,i} = \gamma_{Rd} \frac{1 - k_{\alpha x} \cdot (1 - \kappa_k \cdot a_R) \cdot v_R}{m_a \left[1 + \alpha_R \cdot \beta_t \cdot (1 - \kappa_d \cdot a_R) \cdot \sqrt{v_R^2 + v_a^2} \right]}, \quad (\text{G.6})$$

kde: γ_{Rd} je parciálny súčiniteľ zohľadňujúci neistoty modelu odolnosti,
 $\gamma_{Rd} = 1,00$ pri stanovení γ_{M0} ,
 $\gamma_{Rd} = 1,10$ pri stanovení γ_{M1} ,
 α_R je súčiniteľ citlivosti metódy FORM pre odolnosť, $\alpha_R = -0,80$,
 $k_{\alpha x}$ je štatistický súčiniteľ zodpovedajúci pravdepodobnosti výskytu charakteristickej hodnoty medze klzu oceli (5% kvantil), $k_{\alpha x} = 1,645$,
 m_a je pomerná stredná hodnota prierezovej charakteristiky,
 v_a je variačný koeficient prierezovej charakteristiky,
 a_R je koeficient nesymetrie rozdelenia medze klzu ocele,

v_R je variačný koeficient medze klzu ocele,
 κ_k, κ_d sú konštanty súvisiace s úpravou hodnoty indexu spoľahlivosti v súvislosti so zavedením gama rozdelenia.

Hodnoty m_a a v_a predstavujú pomer skutočnej hodnoty prierezové charakteristiky k jej menovitej hodnote, pričom sa uplatňuje vplyv plochy pričného rezu. Tieto hodnoty vyjadrujúce vplyv prierezovej charakteristiky na výslednú pevnosť ocele sa na základe štatistického vyhodnotenia udávajú hodnotami:

$m_a = 1,00$ $v_a = 0,030$ - pre plechy a širokú oceľ,
 $m_a = 1,05$ $v_a = 0,065$ - pre tvarové tyče I, U, L, T a pod.,
 $m_a = 1,03$ $v_a = 0,067$ - pre nitované a zvárané prierezy.

Variačné koeficienty a koeficienty šikmosti medze klzu konštrukčných ocelí je možné uvažovať hodnotami:

$v_R = 0,084$ $a_R = 0,509$ - pre oceľ S 235,
 $v_R = 0,070$ $a_R = 0,116$ - pre oceľ S 355.

Konštanta κ_k má hodnoty:

$\kappa_k = 0,20$ ak $0 \leq a_R < 1$,
 $\kappa_k = 0,16$ ak $-1 < a_R \leq 0$.

Konštanta κ_d sa stanovuje pre pravdepodobnosti $P_f = \Phi(\alpha_R \beta_t) = \Phi(-0,8 \beta_t)$, čo znamená, že každej zvolenej hladine spoľahlivosti definovanej indexom spoľahlivosti β_t zodpovedá iná hodnota súčiniteľa κ_d . Pre výpočet možno uvažovať hodnoty κ_d podľa tab. G.2.

Vypočítané hodnoty parciálneho súčiniteľa spoľahlivosti konštrukčnej ocele sa môžu zaokrúhliť na 0,05.

Hodnota parciálneho súčiniteľa γ_{M2} sa stanoví podľa tab. C.1 v prílohe C.

Pre konštrukčné ocele vyrobené po roku 1968 sa odporúča uvažovať hodnoty parciálnych súčiniteľov podľa tab. C.1 v prílohe C tejto RÚ.

Tab. G.2 Hodnoty konštanty κ_d

Zvyšková životnosť (roky)	Vek nosného prvku v rokoch								
	10 a menej	20	30	40	50	60	70	80	90 a viac
	$0 \leq a_r \leq 1$	$0 \leq a_r \leq 1$	$0 \leq a_r \leq 1$	$0 \leq a_r \leq 1$	$0 \leq a_r \leq 1$	$0 \leq a_r \leq 1$	$0 \leq a_r \leq 1$	$0 \leq a_r \leq 1$	$0 \leq a_r \leq 1$
5	0,381	0,364	0,353	0,344	0,337	0,331	0,324	0,317	0,312
10	0,393	0,381	0,371	0,364	0,358	0,352	0,348	0,343	0,340
20	0,400	0,393	0,386	0,380	0,375	0,371	0,367	0,363	
30	0,403	0,397	0,393	0,388	0,384	0,380	0,377		
40	0,405	0,400	0,396	0,393	0,389	0,386			
50	0,406	0,402	0,398	0,395	0,393				
60	0,406	0,403	0,400	0,397					
70	0,407	0,404	0,401						
80	0,407	0,405							
90	0,408								

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti muriva γ_M sa stanoví za predpokladu log-normálneho rozdelenia pravdepodobnosti výskytu náhodných vlastností muriva podľa vzťahu:

$$\gamma_M = e^{(-k_{ax} \cdot v_R - \alpha_R \cdot \beta_t \cdot v_R)}, \quad (G.7)$$

kde: v_R je variačný koeficient pevnosti muriva.

Pre variačný koeficient pevnosti muriva sa odporúčajú uvažovať tieto hodnoty:

$v_R = 0,543$ - pre murované konštrukcie mostných objektov z malty navrhnutého zloženia,

$v_R = 0,618$ - pre murované konštrukcie mostných objektov z malty predpísaného zloženia (predpísaný pomer objemových dielov cement: vápno: piesok).

Ostatné veličiny boli vysvetlené pri predchádzajúcich vzťahov. Vypočítané hodnoty parciálneho súčiniteľa spoľahlivosti muriva sa môžu zaokrúhliť na 0,05.

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti dreva γ_M sa stanoví za predpokladu log-normálneho rozdelenia pravdepodobnosti výskytu náhodných vlastností dreva podľa vzťahu:

$$\gamma_S = e^{(-k_{ax} \cdot v_x - \alpha_R \cdot \beta_t \cdot v_R)}, \quad (G.8)$$

kde: v_R je variačný koeficient pevnosti dreva,

$v_R = 0,141$ pre lepené lamelové drevo,

$v_R = 0,149$ pre rastené drevo

v_x je variačný koeficient neistoty materiálovej vlastnosti,

$v_x = 0,115$ pre lepené lamelové drevo,

$v_x = 0,105$ pre rastené drevo.

Ostatné veličiny boli vysvetlené pri predchádzajúcich vzťahov. Vypočítané hodnoty parciálneho súčiniteľa spoľahlivosti dreva sa môžu zaokrúhliť na 0,05.

V prípade vykonania skúšok materiálov (konštrukčná oceľ, betón, betonárska a predpínacia oceľ, murivo, drevo) je možné zohľadniť skutočné štatistické charakteristiky získané ich vyhodnotením. V tom prípade sa odporúča postupovať podľa STN EN 1990 prílohy D a STN ISO 13822, NA2.6.

KOMENTÁR: V súvislosti s vyhodnotením štatistických charakteristík skúšaných materiálov sa môžu použiť aj postupy uvedené v TP 224, ktoré sú platné v ČR.

PRÍLOHA H - Štúdia účinkov zaťaženia mostov cestnou dopravou

H.1 Štúdia zameraná na normálnu zaťažiteľnosť

H.1.1 Porovnanie účinkov zaťažovacích modelov

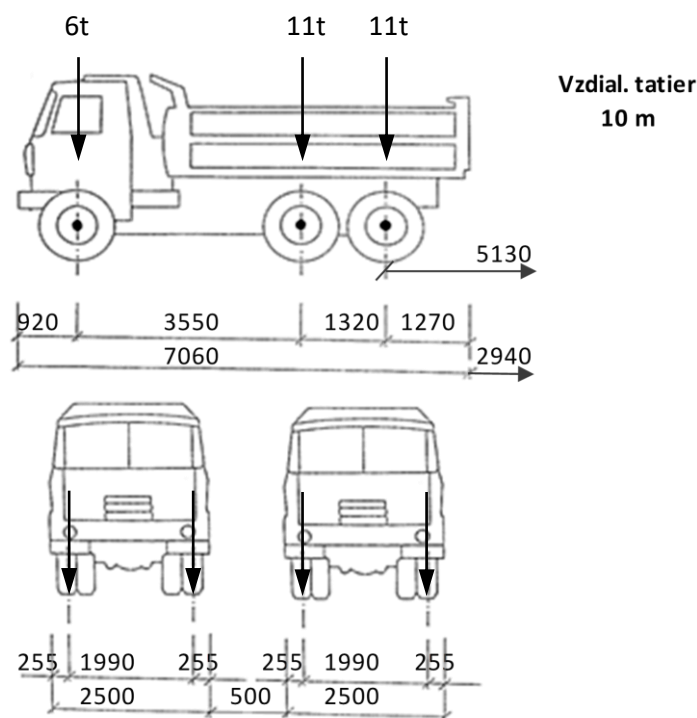
Štúdia je zameraná na porovnanie účinkov zaťaženia dopravou od rôznych zaťažovacích modelov na mostoch pozemných komunikácií. Ako reprezentatívna vzorka boli uvažované jednoducho uložené trámové nosné konštrukcie (s hornou mostovkou) s rozpätím od 2 m do 80 m, s rôznou šírkou prevádzanej komunikácie a tomu zodpovedajúcim rôznym počtom trávov v rôznych osových vzdialenostiach. V štúdii uvažované šírky pozemnej komunikácie a im zodpovedajúce počty a vzdialenosti trávov sú uvedené v tabuľke H.1.

Tab. H.1 Šírkové parametre priečného rezu mostov v štúdii

Šírka cesty (m)	Vzdialenosť nosníkov (m)	Počet nosníkov	Šírka cesty (m)	Vzdialenosť nosníkov (m)	Počet nosníkov
5,0	1,0	6	5,4	1,0	6
	1,2	5		1,2	5
	1,3	4		1,5	4
	1,6	4		1,8	4
	1,8	3		2,0	3
	2,0	3		2,5	3
	2,5	3		3,0	2
	3,0	2		3,5	2
	3,5	2		4,0	2
	4,0	2		4,5	2
	4,5	2		5,0	2
	5,0	2		5,4	2
6,5	1,0	7	7,5	1,0	8
	1,2	6		1,2	7
	1,5	5		1,5	6
	2,0	4		1,8	5
	2,5	3		2,0	4
	3,0	3		2,5	4
	3,5	2		3,0	3
	4,0	2		3,5	3
	4,5	2		4,0	2
	5,0	2		5,0	2
	5,5	2		6,0	2
	6,5	2		7,5	2
9,5	1,1	9	11,5	1,1	11
	1,3	8		1,4	9
	1,5	7		1,8	7
	1,8	6		2,3	6
	2,2	5		2,8	5
	3,0	4		3,0	4
	3,5	3		3,8	4
	4,5	3		4,5	3
	6,0	2		5,5	3
	7,0	2		7,0	2
	8,0	2		8,0	2
	9,0	2		9,0	2

V štúdiu boli zahrnuté tieto zaťažovacie modely:

- zaťažovací model 1 (LM1) podľa STN EN 1991-2, s tiažou vozidiel (tandem systém) v jednotlivých pruhoch 600 kN, 400 kN a 200 kN a rovnomerným zaťažením (UDL systém) $9,0 \text{ kN/m}^2$ v 1. pruhu a $2,5 \text{ kN/m}^2$ v ostatných pruhoch a zvyšnej časti;
- zoskupenie zaťaženia I (ZZI, obr. 3.1) podľa STN 73 6203, s tiažou vozidiel 320 kN a rovnomerným zaťažením $2,5 \text{ kN/m}^2$;
- zoskupenie zaťaženia II (ZZII, obr. 3.2) podľa STN 73 6203, s intenzitou rovnomerného zaťaženia $320/36 = 8,89 \text{ kN/m}^2$ v pruhu šírky 3 m a $0,4 \cdot 320/36 = 3,56 \text{ kN/m}^2$ v zvyšnej časti;
- štvornápravové vozidlo (4NV, obr. 3.3) podľa STN 73 6203, s tiažou 800 kN;
- dvojnápravové vozidlo (2NV, obr. 3.1), s tiažou 160 kN – len pre rozpätia $L \leq 10 \text{ m}$;
- trojnápravové vozidlo (3NV, obr. 3.1), s tiažou 500 kN – len pre rozpätia $L \leq 10 \text{ m}$;
- pre porovnanie s dopravným prúdom ťažkých vozidiel v jednom alebo aj v dvoch pruhoch (prípade „kvázi reálnej“ ťažkej dopravy na moste) sa zvolil súvislý rad trojnápravových vozidiel s tiažou 280 kN v osových rozstupoch 10 m. Tento model si je možné predstaviť ako rad pomaly sa pohybujúcich nákladných vozidiel Tatra 815 (obr. H.1). Tiaž vozidla je teda 28 t (čo je o cca 10% viac ako povoľuje Vyhlášky č. 134/2018 Z.z.) a navyše so súčiniteľom zaťaženia až 1,35 (pozri nižšie). Viacnápravové vozidlá v bežnej doprave sú štandardne dlhšie, a pokiaľ nie sú preťažené nad rámec Vyhlášky č. 134/2018 Z.z., sú spravidla menej účinné ako tento zvolený náhradný model s relatívne krátkymi vzdialenosťami medzi nápravami i pomerne malými rozstupmi medzi idúcimi vozidlami. Model bude v porovnaní označovaný ako „T815“.



Obr. H.1 Zaťažovací model „T815“ - súvislý rad krátkych 3-nápravových nákladných vozidiel

Vodorovné účinky dopravných zaťažení rovnako ako ani zaťaženie chodcami nie sú v štúdiu uvažované.

Účinky zvislého zaťaženia dopravou sú vyjadrené hodnotou maximálneho ohybového momentu uprostred rozpätia a maximálnej priečnej sily nad podperou na jednoducho uloženom krajnom nosníku trámového mosta. Zaťažovacie modely boli umiestnené vždy v najnepriaznivejšej polohe v priečnom aj pozdĺžnom smere vzhľadom na príslušnú vnútornú silu.

Parametre jednotlivých zaťažovacích modelov v priečnom smere boli uvažované s ohľadom na šírku cesty v súlade s príslušnými normami (šírka a počet zaťažovacích pruhov v prípade LM1, počet radov vozidiel v prípade ZZI, geometria 4NV). V prípade zaťaženia vozidlami Tatra 815 bol pri šírke cesty menšej ako 6 m uvažovaný jeden rad vozidiel, pri šírke cesty aspoň 6 m boli uvažované 2 rady vozidiel. Na priečny roznos zaťaženia dopravou na jednotlivé nosníky bola použitá metóda tuhého stužidla, ktorá je dostatočne výstižná a zároveň jednoduchá na automatizáciu výpočtu. Vplyv odľahčujúcich účinkov zaťaženia bol uvažovaný v súlade s príslušnými normami. V prípade vozidiel Tatra 815 bola aplikovaná podobná zásada ako pre TS zaťažovacieho modelu 1, t.j. vozidlá sú uvažované vždy ako celok.

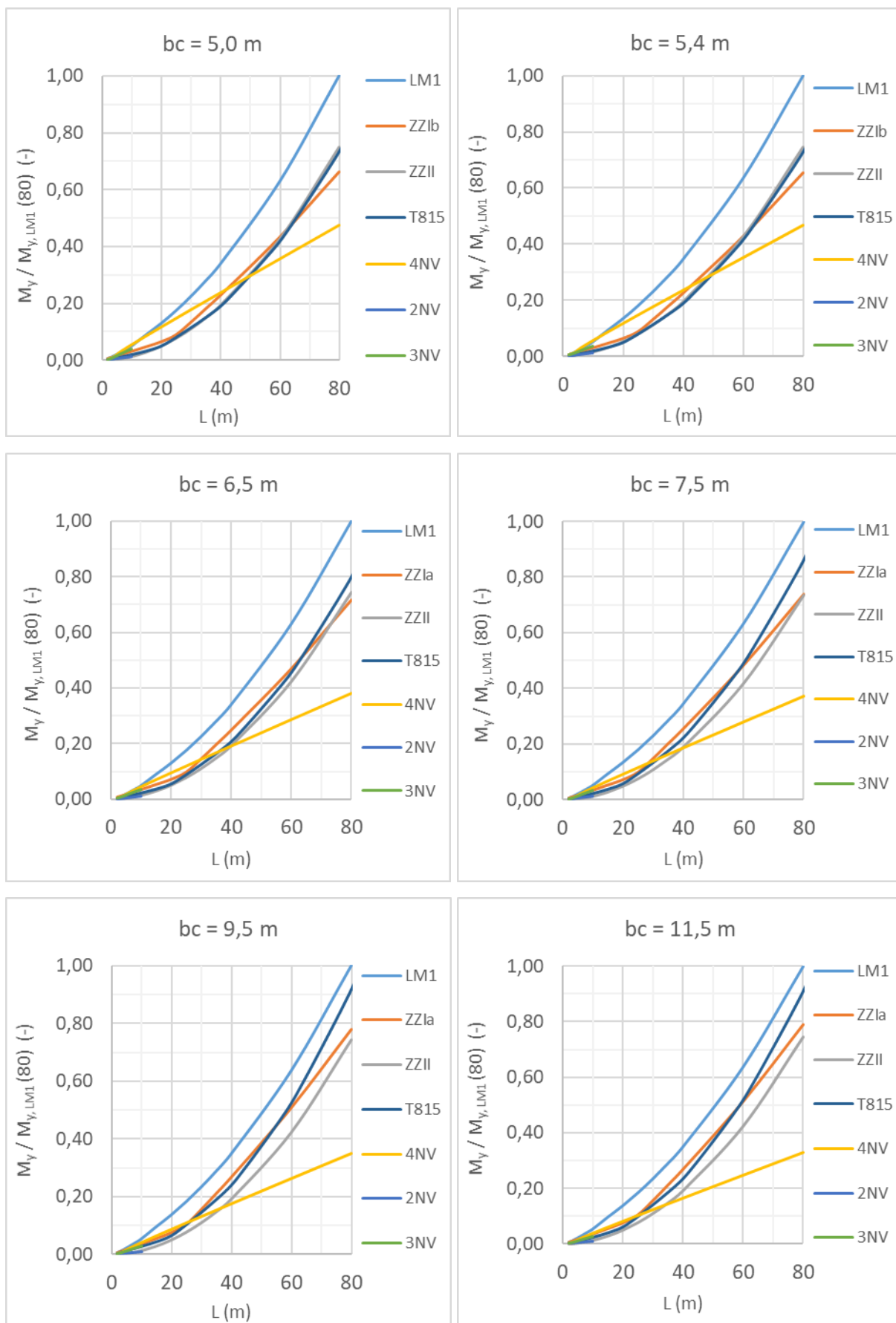
Porovnané sú návrhové hodnoty vnútorných síl s týmito hodnotami súčiniteľov zaťaženia:

- LM1 $\gamma_F = 1,35$
- ZZI, ZZII $\gamma_F = 1,40$
- 4NV, 2NV, 3NV $\gamma_F = 1,20$
- Tatra 815 $\gamma_F = 1,35$

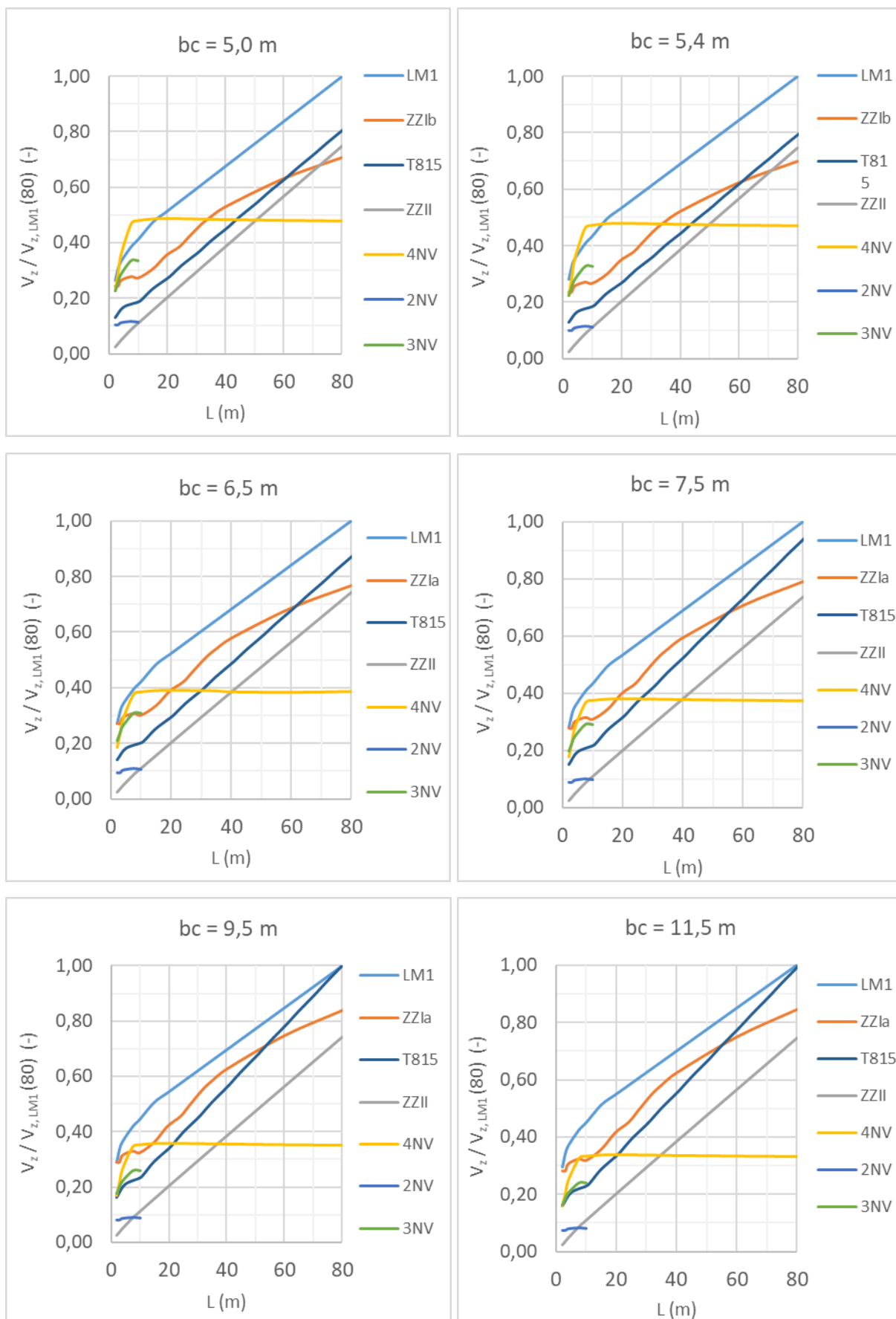
Dynamické účinky všetkých zaťažovacích modelov okrem LM1 (v ktorom sú dynamické účinky implicitne zahrnuté) sú uvažované v súlade s STN 73 6203 podľa vzťahu:

$$\delta_r = \frac{1}{0,95 - (1,4L)^{-0,6}} \leq 1,5 \quad (\text{H.1})$$

Maximálne hodnoty ohybových momentov a priečných síl v závislosti od teoretického rozpätia boli graficky spracované v tabuľkovom procesore. Pre lepšiu názornosť sú grafické závislosti uvedené v relatívnej mierke vzťahnutej k maximálnej hodnote príslušnej vnútornej sily od zaťažovacieho modelu 1 pri rozpätí 80 m. Relatívne závislosti sledovaných vnútorných síl sú pre jednotlivé šírky cesty takmer identické pre všetky šírkové usporiadania priečného rezu (rôzne počty a vzdialenosti trámov). Na obr. H.2 a obr. H.3 sú uvedené sledované závislosti ohybových momentov, resp. priečných síl pre všetky uvažované šírky pozemnej komunikácie na moste. Na obr. H.4 a obr. H.5 sú prezentované vo zväčšenej mierke rovnaké výsledky pre kratšie rozpätia.

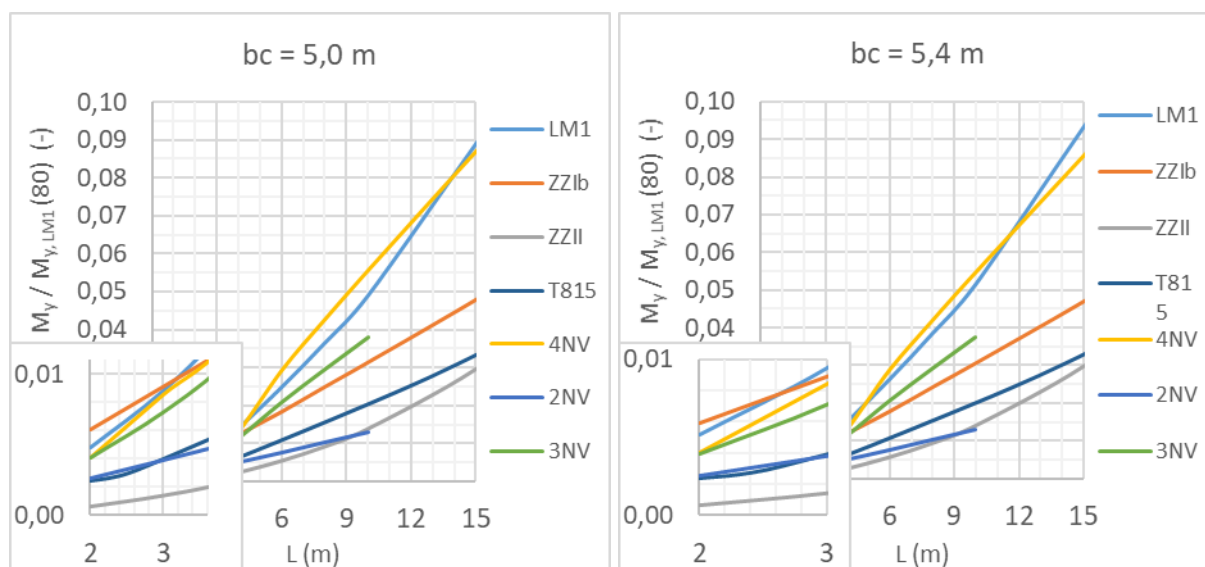


Obr. H.2 Ohybové momenty uprostred rozpätia v závislosti od šírky cesty a rozpätia mosta



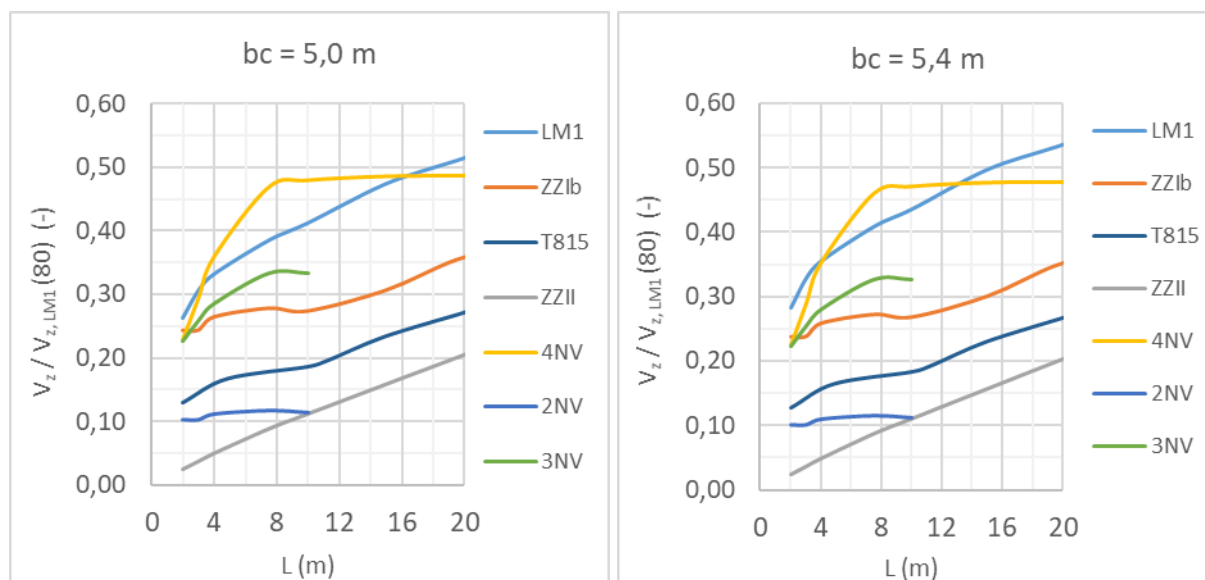
Obr. H.3 Priečne sily nad podperou v závislosti od šírky cesty a rozpätia mosta

Z grafov na obr. H.2 je zrejmé, že návrhová hodnota ohybového momentu od zaťažovacieho modelu 1 je prakticky vždy väčšia ako od všetkých ostatných zaťažovacích modelov, s výnimkou úzkych ciest šírky menej ako 6 m, kde pri veľmi krátkych rozpätiach menších ako 15 m sú návrhové ohybové momenty od 4NV nepatrne väčšie ako od LM1 (obr. H.4). V prípade veľmi krátkych rozpätí menších ako cca 3,5 m sú rozhodujúce účinky zaťažovacieho modelu ZZIb (obr. H.4).



Obr. H.4 Ohybové momenty na mostoch s rozpätím do 15 m pri úzkych cestách

Podobný efekt je možné konštatovať aj z grafov na obr. H3, na ktorých je návrhová hodnota priečnej sily od zaťažovacieho modelu 1 vždy výrazne väčšia ako od všetkých ostatných zaťažovacích modelov, s výnimkou prípadov veľmi úzkych ciest šírky menšej ako 6 m, kde pri rozpätiach menších ako 16 m návrhové priečne sily od 4NV nadobúdajú v porovnaní so zaťažovacím modelom 1 väčšie hodnoty (obr. H.5).



Obr. H.5 Priečne sily na mostoch s rozpätím do 20 m pri úzkych cestách

Ak predpokladáme, že šírka cesty menej ako 6 m sa vyskytuje prakticky len na miestnych a účelových komunikáciách, na ktorých sa v minulosti štandardne uvažovala

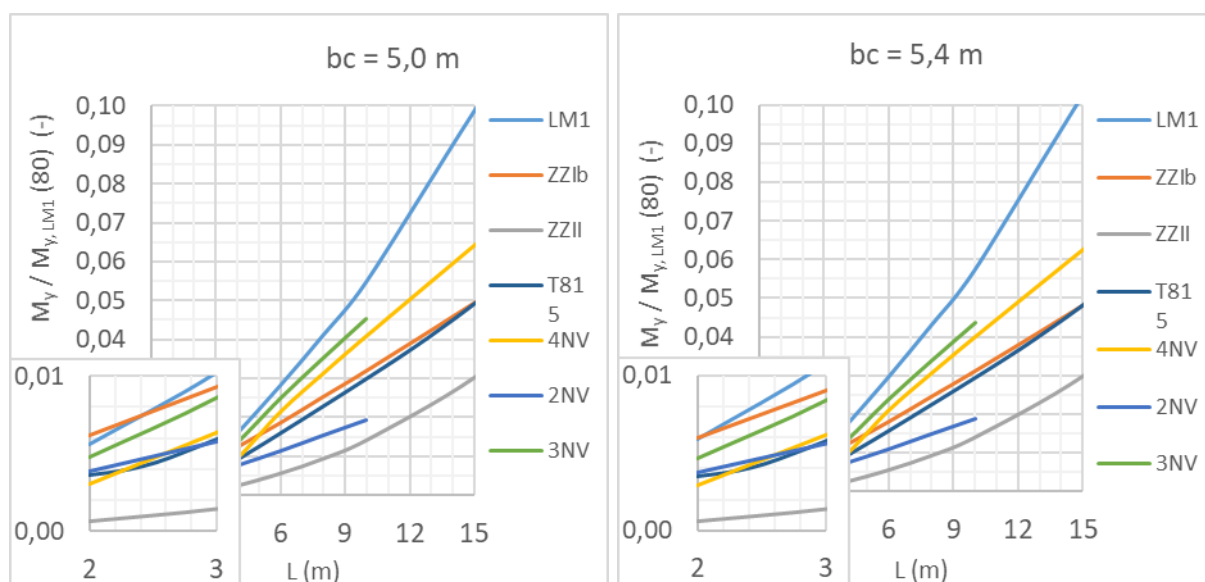
zaťažovacia trieda B v zmysle STN 73 6203, potom môžeme uvažovať s nasledujúcimi intenzitami zaťaženia cestnou dopravou:

- ZZI - tiaž dvojnápravových vozidiel 220 kN, rovnomerné zaťaženie $2,5 \text{ kN/m}^2$;
- ZZII - rovnomerné zaťaženie $220/36 = 6,11 \text{ kN/m}^2$, resp. $0,4 \cdot 220/36 = 2,44 \text{ kN/m}^2$;
- 4NV - tiaž vozidla 400 kN;
- 2NV - tiaž vozidla 160 kN – len pre rozpätia $L \leq 10 \text{ m}$;
- 3NV - tiaž vozidla 400 kN – len pre rozpätia $L \leq 10 \text{ m}$;
- T815 - dopravný prúd 3-nápravových vozidiel s tiažou 280 kN.

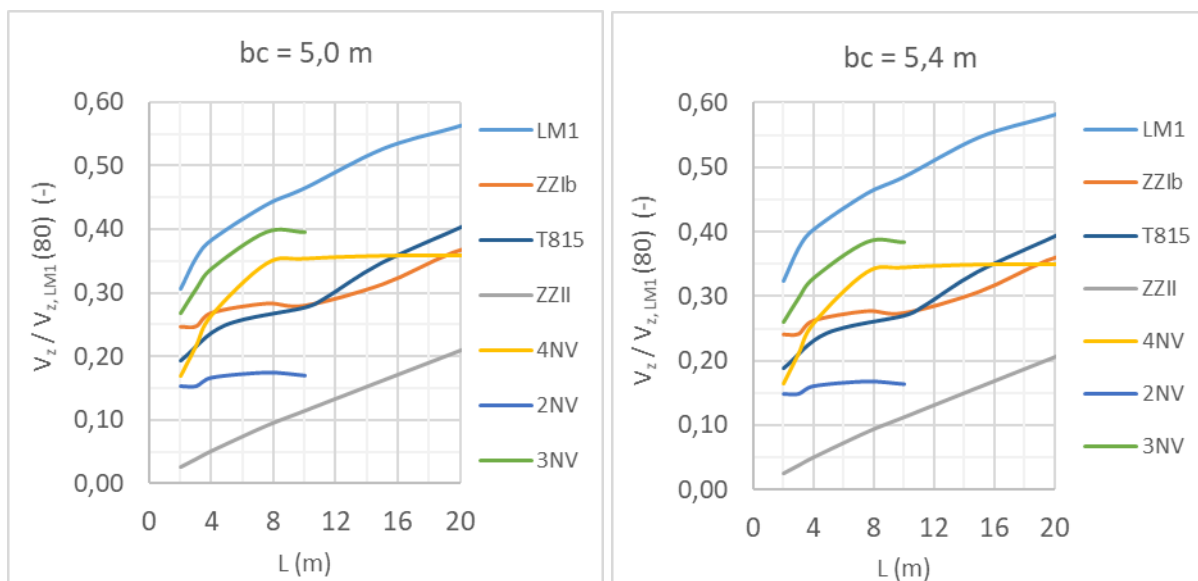
Podobne v prípade zaťažovacieho modelu 1 môžeme podľa STN EN 1991-2/NA1 uvažovať pre miestne obslužné a účelové komunikácie nasledujúce hodnoty kategorizačných súčiniteľov zaťaženia cestnou dopravou:

- $\alpha_{Q1} = 0,8$, $\alpha_{Q2} = 0,6$
- $\alpha_{q1} = 0,6$, $\alpha_{q2} = \alpha_{qr} = 1,0$

Za predpokladu použitia týchto „redukovaných“ hodnôt zaťaženia bude aj v prípade mostov s malou šírkou a krátkych rozpätí dominantný zaťažovací model 1 (obr. H.6, obr. H.7). Len v prípade veľmi úzkej cesty šírky 5 m a veľmi krátkeho rozpätia menšieho ako 2,5 m vyvodzuje nepriaznivejšie účinky zaťažovací model ZZI (obr. H.6).



Obr. H.6 Ohybové momenty od „redukovaných“ zaťažení dopravou na mostoch s rozpätím do 15 m pri úzkych cestách



Obr. H.7 Priečne sily od „redukovaných“ zaťažení dopravou na mostoch s rozpätím do 20 m pri úzkych cestách

H.1.2 Porovnanie získaných normálnych zaťažiteľností

Na základe štúdie H.1.1 a v nej zrealizovaných analytických výpočtov sa v druhom kroku štúdie vyčíslilo **vyše 2800 normálnych zaťažiteľností** pre vybrané modelové prípady.

Do úvahy sa brali tieto zaťažovacie modely (ZM):

- a), b) schémy starej zaťažovacej normy pre normálnu zaťažiteľnosť: **ZZ1 (32 t)** ako aj **ZZ2 (32 t)**;
- c), d), e) schémy starej zaťažovacej normy pre výhradnú zaťažiteľnosť: **4NV (80 t)**, **3NV (40 t)** a **2NV (16 t)**;
- f) ďalej tiež model aproximujúci dopravnú zápchu z ťažkých vozidiel v dvoch pruhoch (resp. v jednom pruhu pri úzkych mostoch) modelovaný trojnápravovými vozidlami v rozostupoch 10 m, označený v ďalšom ako model **TATRY (28 t)**;
- g), h) súčasnú platnú úpravu pre prepočty mostov založenú faktore F zaťažiteľnosti od modelu LM1, pričom zaťažiteľnosť za vyčíslí pre násobením faktora hodnotou 32 t, označíme vo výsledkoch ako **LM1_F_(32 t)**;
- i), j) modifikácia vyššie uvedeného postupu, avšak bez uvažovania závislosti účinkov UDL v zaťažovacích pruhoch č. 2, 3 a „r“ od zaťažiteľnosti (zaťaženie $2,5 \text{ kN/m}^2$ nezávisí tak od zaťažiteľnosti), tento model označíme **LM1_F_bez 2.5 (32 t)**;
- k), l) 2 modely: **LM1_bez 2.5 (60 t)** a tiež **LM1_bez 2.5 (40 t)**, kde priamo jednotlivé tandemové systémy TS1, TS2, TS3 a rovnomerné zaťaženie UDL1 závisia od zaťažiteľnosti (opäť so zavedením premisy, že UDL v zaťažovacích pruhoch č. 2, 3 a „r“ je od zaťažiteľnosti nezávislé);
- m), n) a nakoniec 2 modely : **LM1_bez UDL (60 t)** ako aj **LM1_bez UDL (40 t)**, kde závisia od zaťažiteľnosti iba tandemové systémy TS1, TS2, TS3 a všetky rovnomerné zaťaženie UDL v zaťažovacích pásoch sú nezávislé od zaťažiteľnosti.

Uvažované modely normálnej zaťažiteľnosti založené na modeli LM1 sú zosumarizované v tabuľke H.2.

Tab. H.2 Uvažované modely normálnej zaťažiteľnosti i) až n) založené na modeli LM1

Zaťažovacia schéma	Zaťaženie P_i v (kN) v_i (v_r) v (kNm^{-2})	Celý model	Zaťažovací pruh			
			1	2	3	„r“
LM1_F_(32 t)	P_i v rámci TS	V_n	$600 \cdot F_z$	$400 \cdot F_z$	$200 \cdot F_z$	0
	v_i (v_r) v UDL		$9 \cdot F_z$	$2,5 \cdot F_z$	$2,5 \cdot F_z$	$2,5 \cdot F_z$
LM1_F_bez 2.5 (32 t)	P_i v rámci TS	V_n	$600 \cdot F_z$	$400 \cdot F_z$	$200 \cdot F_z$	0
	v_i (v_r) v UDL		$9 \cdot F_z$	2,5	2,5	2,5
LM1_bez 2.5 (60 t)	P_i v rámci TS	-	$V_n/2$	$V_n/3$	$V_n/6$	0
	v_i (v_r) v UDL		$3V_n/200$	2,5	2,5	2,5
LM1_bez UDL (60 t)	P_i v rámci TS	-	$V_n/2$	$V_n/3$	$V_n/6$	2,5
	v_i (v_r) v UDL		9	2,5	2,5	2,5
LM1_bez 2.5 (40 t)	P_i v rámci TS	-	$3V_n/4$	$V_n/2$	$1V_n/4$	2,5
	v_i (v_r) v UDL		$9V_n/400$	2,5	2,5	2,5
LM1_bez UDL (40 t)	P_i v rámci TS	-	$3V_n/4$	$V_n/2$	$V_n/4$	2,5
	v_i (v_r) v UDL		9	2,5	2,5	2,5

Zo štúdie porovnania účinkov modelov sme vybrali 3 reprezentatívne šírkové usporiadania s najmenším a najväčším počtom nosníkov, podľa tabuľky H.3.

Tab. H.3 Uvažované koncepcie priečných rezov

šírka vozovky	b_c	5,0 m		7,5 m		11,5 m	
počet nosníkov	n	2	6	2	8	2	11
vzdial. nosníkov	b	5,0 m	1,0 m	7,5 m	1,0 m	5,0 m	1,1 m

Zaťažiteľnosti sa vyčísl'ovali **pre prosté pole** s uvažovaním dokonale tuhého priečného roznosu pre osem vytýpovaných rozpätí:

2 m, 4 m, 8 m, 15 m, 24 m, 35 m, 50 m a 80 m.

Nakoľko sme pracovali s **fiktívnymi objektami**, bolo potrebné v štúdiu odhadnúť odolnosť aj vplyv ostatných zaťažení pre stanovenie zaťažiteľnosti. Pri tomto probléme sme si pomohli úvahou, že budeme predpokladať existujúci stav mostných objektov taký, aby tieto konštrukcie boli po odrátaní všetkých ostatných zaťažení schopné preniesť určitý podiel v minulosti používaného zaťažovacieho modelu ZZ1. Vo vzťahu (H.2) sme teda odhadli hodnotu $R-E_{rs}$ ako určité percento modelu ZZ1, kde R označuje odolnosť (ohybovú, šmykovú) a E označuje účinky zaťažení (ohybový moment, priečnu silu).

$$\frac{R - (E_{rs} + E_{rs,ZM})}{E_{ZM}(V_n)} \cdot V_{n,rep} = \frac{(R - E_{rs}) - E_{rs,ZM}}{E_{ZM}(V_n)} \cdot V_{n,rep} = \frac{(k \cdot E_{ZZ1}) - E_{rs,ZM}}{E_{ZM}(V_n)} \cdot V_{n,rep} \quad (H.2)$$

$E_{ZM}(V_n)$ je hodnota účinkov zaťažení od tých častí uvažovaného zaťažovacieho modelu, ktoré sú funkciou normálnej zaťažiteľnosti a $E_{rs,ZM}$ je hodnota účinkov zaťažení od ostatných častí uvažovaného zaťažovacieho modelu nezávislých od zaťažiteľnosti. Označenie $R-E_{rs}$ je teda akousi „rezervou v odolnosti“ pre účinky dopravy. V štúdiu sme uvažovali s hodnotami uvedenými v tabuľke H.4.

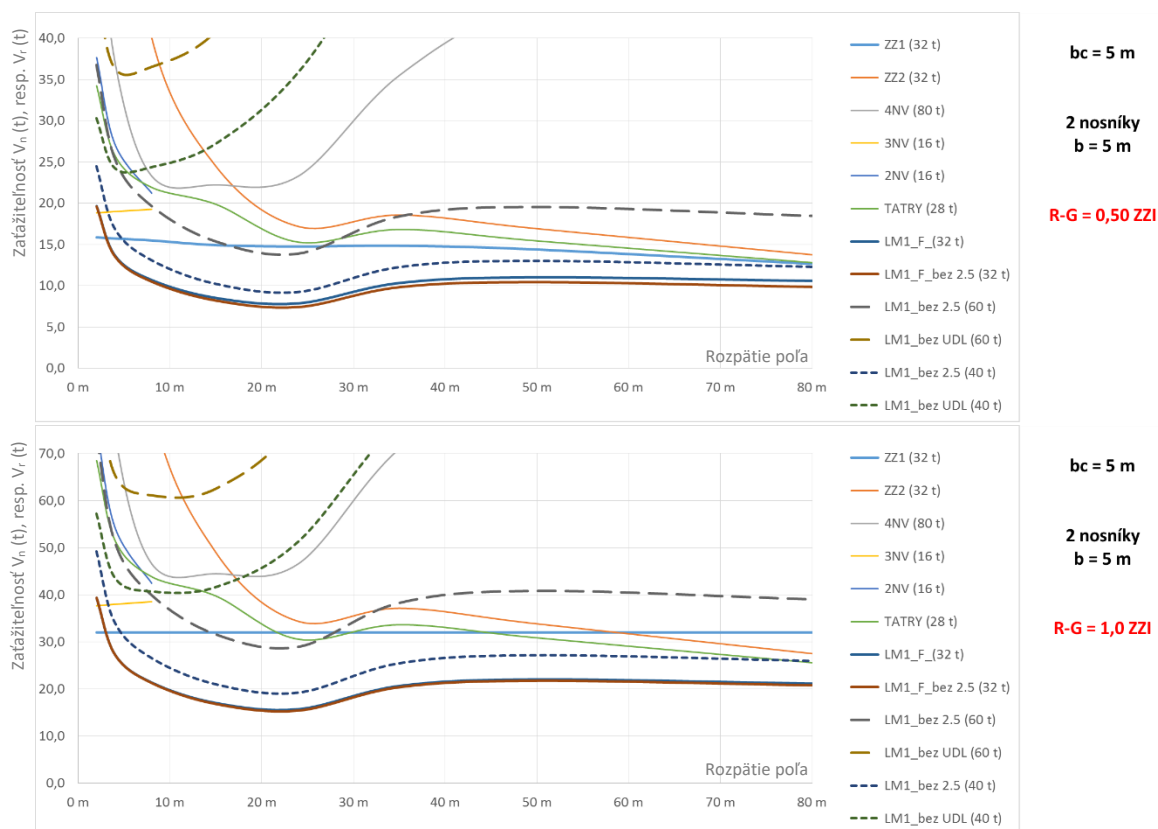
Tab. H.4 Uvažované „rezervy v odolnosti“ $R-E_{rs}$ pre stanovenie zaťažiteľnosti

$R-E_{rs}$	Očakávaná zaťažiteľnosť mosta stanovená z modelu ZZ1 ovplyvnená odpočtom účinkov rovnomerného zaťaženia, ktoré je v tomto modeli nezávislé od zaťažiteľnosti
$0,25 \cdot E_{\text{model ZZ1}}$	$< 8,0 \text{ t}$
$0,35 \cdot E_{\text{model ZZ1}}$	$< 11,2 \text{ t}$
$0,50 \cdot E_{\text{model ZZ1}}$	$\leq 16,0 \text{ t}$
$0,70 \cdot E_{\text{model ZZ1}}$	$\leq 22,4 \text{ t}$
$1,00 \cdot E_{\text{model ZZ1}}$	$\approx 32,0 \text{ t}$

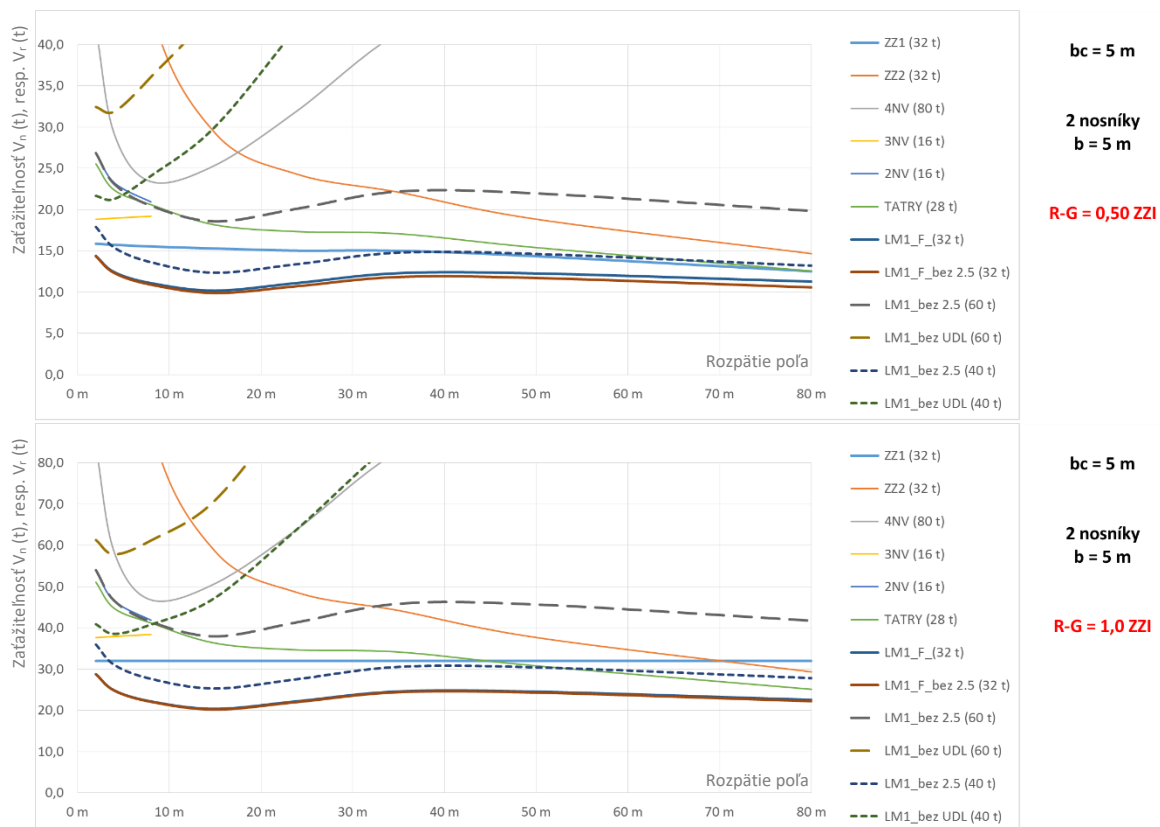
Pre takto odhadnuté rezervy v odolnosti $R-E_{rs}$ v ohybe a v šmyku sme určili **zaťažiteľnosti zo všetkých uvažovaných modelov**.

Z obrovského množstva dát uvádzame iba niekoľko výstupov. Na obrázku H.8 a H.9 sú napríklad vyobrazené výsledné zaťažiteľnosti v prípade mosta šírky 5,0 m s dvoma nosníkmi. Obrázok H.8 vyobrazuje zaťažiteľnosti z ohybovej odolnosti vyčíslené z maximálnych ohybových momentov v rámci rozpätia pre prípady rezervy v odolnosti s násobkom „k“ rovným 0,25 a 1,00, zatiaľ čo v prípade obrázku H.9 sú to zaťažiteľnosti vyjadrené zo šmykových síl.

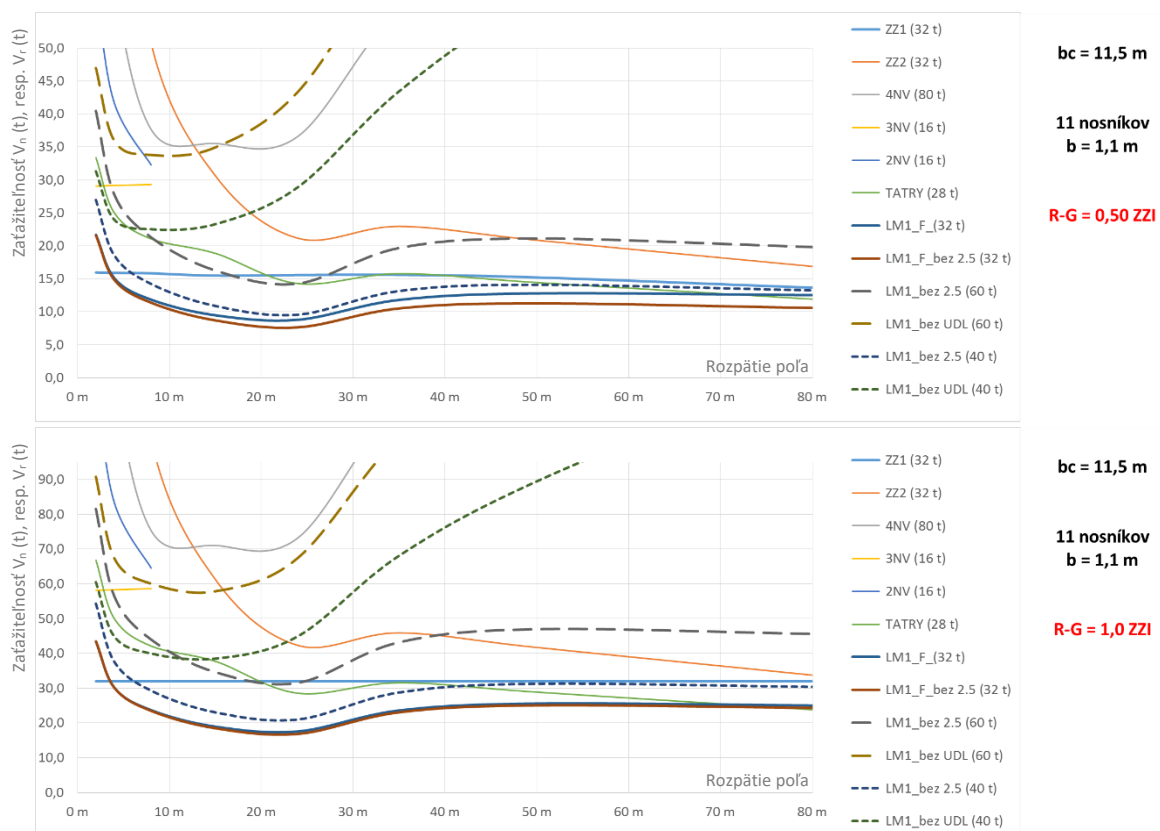
Obrázky H.10 a H.11 uvádzajú obdobné hodnoty ako H.8 a H.9, avšak pre prípad mosta šírky 11,5 m s 11 hlavnými nosníkmi.



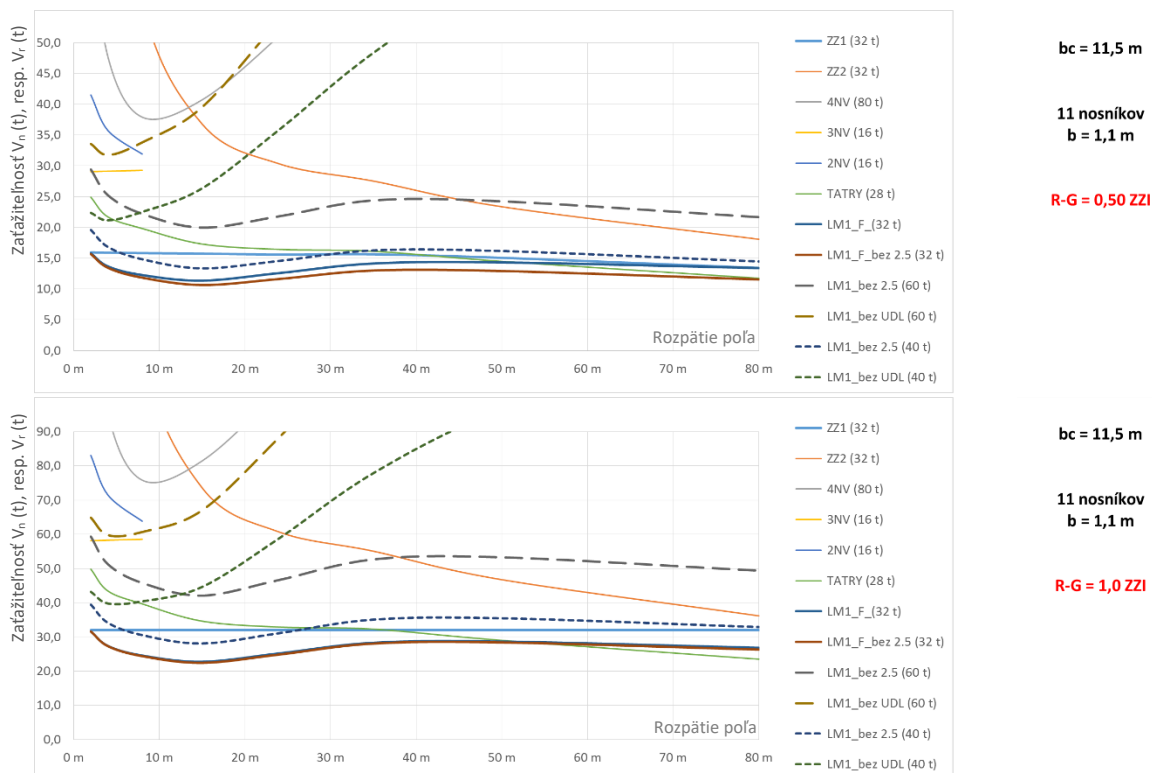
Obr. H.8 Zaťažiteľnosti z momentovej odolnosti v prípade mosta šírky 5,0 m s dvoma hlavnými nosníkmi pre prípady rezervy v odolnosti s násobkom „k“ rovným 0,50 a 1,00.



Obr. H.9 Zaťažiteľnosti zo šmykovej odolnosti v prípade mosta šírky 5,0 m s dvoma hlavnými nosníkmi pre prípady rezervy v odolnosti s násobkom „k“ rovným 0,50 a 1,00.



Obr. H.10 Zaťažiteľnosti z ohybovej odolnosti v prípade mosta šírky 11,5 m s jedenástimi hlavnými nosníkmi pre prípady rezervy v odolnosti s násobkom „k“ rovným 0,50 a 1,00.



Obr. H.11 Zaťažiteľnosti zo šmykovej odolnosti v prípade mosta šírky 11,5 m s jedenástimi hlavnými nosníkmi pre prípady rezervy v odolnosti s násobkom „k“ rovným 0,50 a 1,00.

H.1.3 Návrh modelu pre určovanie normálnej zaťažiteľnosti

Zo všetkých grafických porovnaní, nielen tu prezentovaných grafov (spolu je ich 60), je zrejmé, že najlepšie sa zaťažovaciemu modelu normálnej zaťažiteľnosti získanej podľa zaťažovacej schémy danej STN 73 6203 približuje pri stredných a väčších rozpätiach model s označením **LM1_bez 2.5 (40 t)**, teda zaťažovací model založený na modeli LM1 z STN EN 1991-2, pričom za normálnu zaťažiteľnosť sa považuje tandemový systém v zaťažovacom pruhu 2 s tiažou 40 t. V rámci parametrizácie boli otestované aj iné hodnoty tiaže TS, najviac však korešpondovala s modelovanými prípadmi práve vyššie uvedená hodnota.

Všetky nápravové sily tandemového systému a tiež rovnomerné zaťaženie v zaťažovacom páse 1 sú závislé od zaťažiteľnosti. Rovnomerné zaťaženia v ostatných pásoch (2, 3, r) nie sú závislé od zaťažiteľnosti. Uvažujú sa teda stále hodnotou $2,5 \text{ kN/m}^2$. Ak by aj toto zaťaženie záviselo od zaťažiteľnosti, pri nízkych hodnotách zaťažiteľnosti by sme dostávali na tejto zaťaženej ploche nereálne nízke rovnomerné zaťaženie. Hodnoty zaťaženia pod hodnotu $2,0 \text{ kN/m}^2$, alebo až pod $1,5 \text{ kN/m}^2$, by tak absolútne nezodpovedali ani len zaťaženiu osobnými vozidlami.

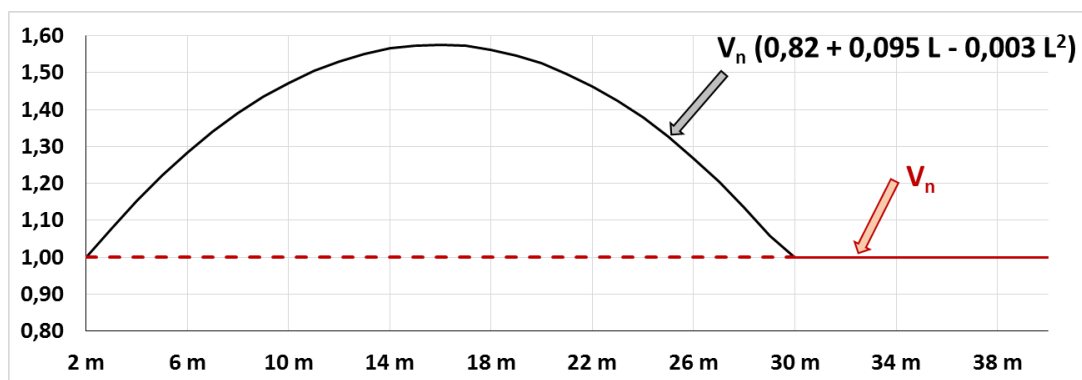
H.1.4 Alternatíva - návrh modifikácie modelu pre určovanie normálnej zaťažiteľnosti

V prípade krátkych rozpätí 4 m až 20 m, produkuje však model H.1.3 zjavne nevýhodnejšie hodnoty zaťažiteľnosti oproti zaťažovacej schéme ZZI danej STN 73 6203 ale aj napríklad oproti nášmu modelu súvislej dopravnej zápchy modelovanej modelom „TATRY“. Je to dané práve povahou modelu LM1, ktorý má v miestach nápravových síl aj rovnomerné zaťaženie. Preto sa v prípade krátkych rozpätí dostávame s významne podcenenej zaťažiteľnosti.

POZNÁMKA: Napríklad pri rozpätí 10 m je nereálne, aby na moste stálo viac ako 1 nákladné vozidlo v jednom pruhu. Model LM1 má však v krajnom zaťažovacom páse TS s tiažou 60 t a navyše je v tom istom páse aj UDL s intenzitou 9 kN/m². Spolu je na 10 m moste v jednom 3 m širokom páse zaťaženie až 87 t. Odozva konštrukcie na takto koncipovaný model zaťaženia produkuje výsledky s výrazne nižšou zaťažiteľnosťou.

Domnievame sa preto, že by sa pre krátke rozpätia mohla hodnota normálnej zaťažiteľnosti modifikovať tak, aby sa lepšie vystihla povaha skutočnej dopravy aj pri krátkych rozpätiach. Je zrejmé, že „reálnejší“ model TATRY produkuje v týchto rozpätiach podstatne vyššie zaťažiteľnosti oproti normovým modelom. Po odskúšaní niekoľkých alternatív sa javí ako prijateľná úprava, kedy sa v rozmedzí 2 m až 30 m rozpätí modifikuje normálna zaťažiteľnosť faktorom závislým od rozpätia (obr. H.12), teda

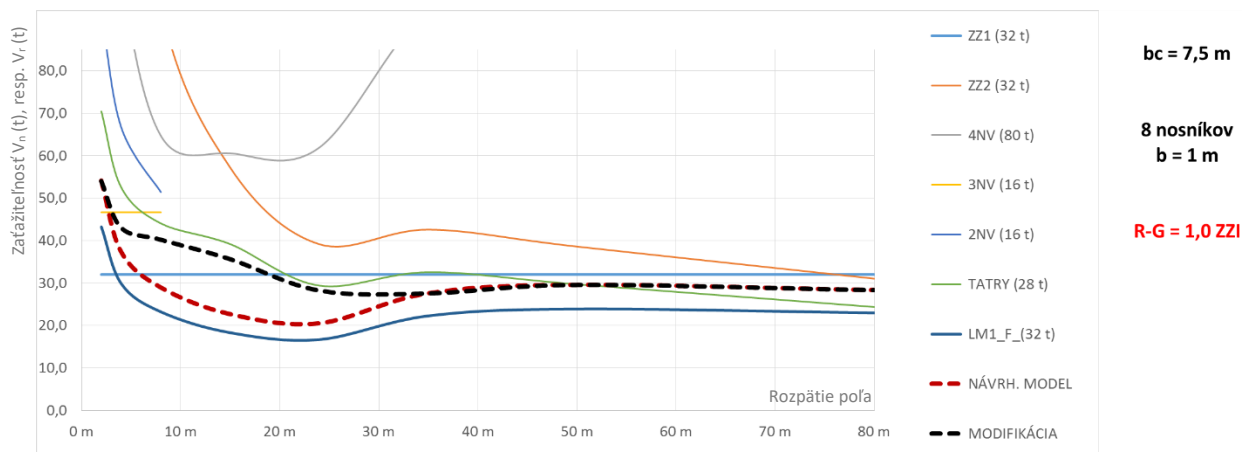
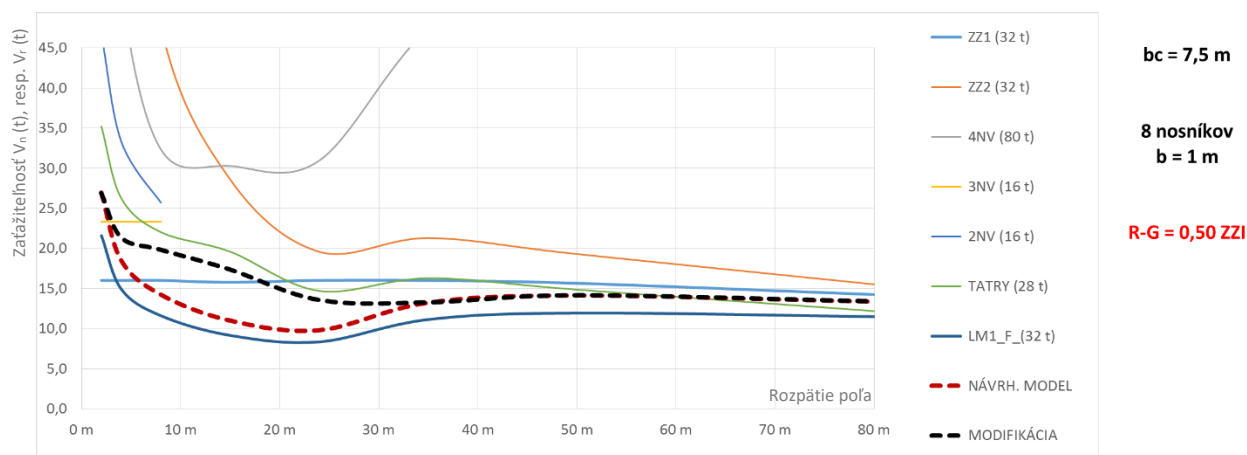
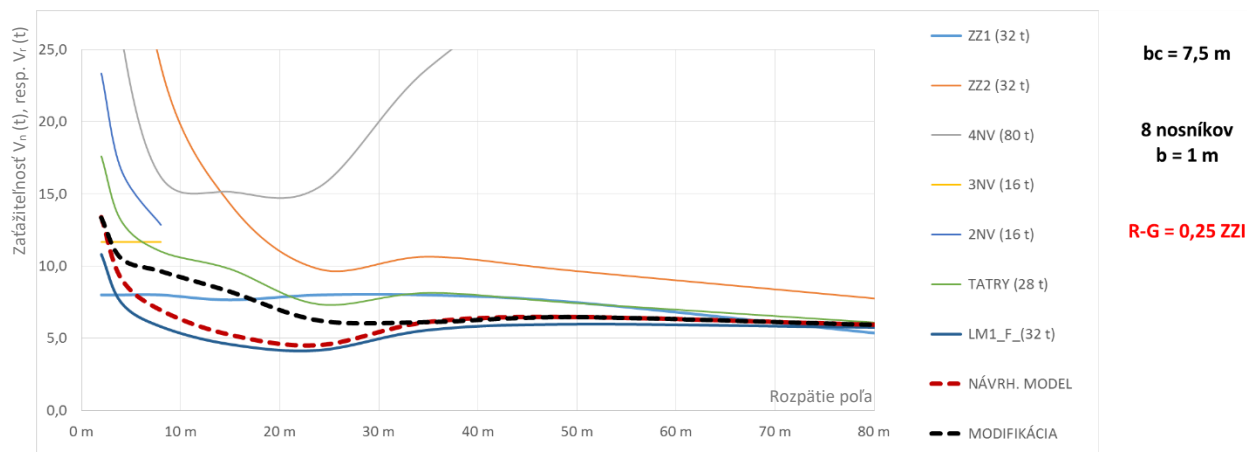
- pre rozpätia $L > 30$ m platí hodnota V_n
- pre rozpätia $L < 30$ m platí modifikovaná hodnota $V_n (0,82 + 0,095L - 0,003L^2)$



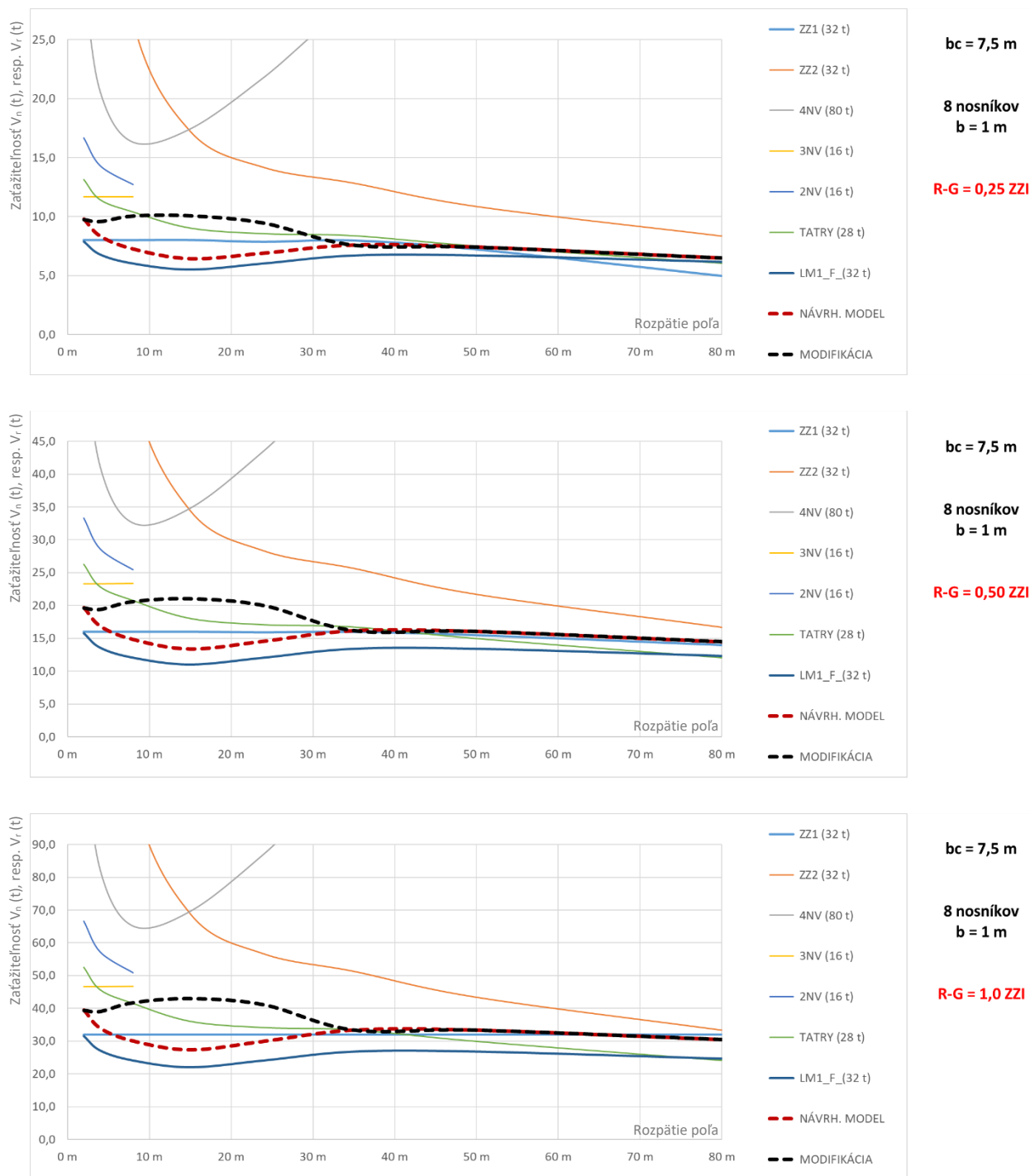
Obr. H.12 Možná modifikácia normálnej zaťažiteľnosti pre rozpätia do 30 m.

Niektoré výsledky uvádzajú obrázky H.13 a H.14. Navrhnutá modifikácia reprezentatívnej hodnoty V_n tak reálne zvyšuje zaťažiteľnosť pre rozpätia cca 5 m – 25 m.

Ďalej uvádzame opäť iba niekoľko výstupov, aby bolo zrejmé, ako sa náš návrhový model a jeho modifikácia prejaví na výsledkoch. Tentokrát uvedieme pre zmenu výsledky vzťahujúce sa k zaťažiteľnosti v prípade mosta šírky 7,5 m s ôsmimi nosníkmi. Obrázok H.13 zobrazuje zaťažiteľnosti z ohybovej odolnosti vyčíslené z maximálnych ohybových momentov v rámci rozpätia pre prípady rezervy v odolnosti s násobkom „k“ rovným 0,25, 0,50 a tiež 1,00, zatiaľ čo v prípade obrázku H.14 sú to zaťažiteľnosti vyjadrené zo šmykovej odolnosti. Vo výsledkoch sú ponechané zaťažiteľnosti získané podľa starých predpisov (ZZ1, ZZ2, 4NV, 3NV, 2NV, taktiež výsledky z modelu TATRY, a rovnako aj v súčasnosti planý prístup z TP reprezentovaný modelom LM1_F_(32 t).



Obr. H.13 Výsledky **zat'aziteľnosti z ohybovej odolnosti** a ich porovnanie s **navrhovaným modelom** a s jeho možnou **modifikáciou** v prípade mosta šírky 7,5 m s ôsmimi hlavnými nosníkmi pre prípady rezervy v odolnosti s násobkom „k“ rovným 0,25, 0,50 a 1,00.



Obr. H.14 Výsledky **zaťažiteľnosti zo šmykovej odolnosti** a ich porovnanie s **navrhovaným modelom** a s jeho možnou **modifikáciou** v prípade mosta šírky 7,5 m s ôsmimi hlavnými nosníkmi pre prípady rezervy v odolnosti s násobkom „k“ rovným 0,25, 0,50 a 1,00.

V minulosti však najmä pri krátkych mostoch figurovala dodatková tabuľka s uvedením výhradnej zaťažiteľnosti. Pri zrušení výhradnej zaťažiteľnosti tak navrhovanou úpravou čiastočne pomôžeme zvýšiť normálnu zaťažiteľnosť v tomto spektre najčastejších rozpätí mostov. Je potrebné ale podotknúť, že v prípade zaťažiteľností získaných zo šmykových odolností ovplyvňuje navrhovaná modifikácia zaťažiteľnosti až do rozpätí cca 30 m. Jej obmedzenie na menší úsek však vyvolá nedokonalú úpravu závislosti v zaťažiteľnosti z ohybových momentov, atď.

H.1.5 K prejazdu ťažších vozidiel ako normálneho zaťaženia

Dôležitým faktom je aj to, že správca môže napriek zrušeniu výhradnej zaťažiteľnosti a výhradného režimu jazdy povoliť po moste prejazd i ťažších vozidiel a to de-facto bez obmedzení. Vyplýva to z faktu, že za normálnu zaťažiteľnosť je považované referenčné vozidlo TS umiestnené v zaťažovacom pruhu č. 2, a teda nie v pruhu č. 1 zaťažovacieho modelu LM1. Znamená to, že či už sa aplikuje navrhovaný model v H.1.3 alebo jeho modifikácia H.1.4, smie sa po moste pohybovať aj vozidlo ťažšie ako je normálna zaťažiteľnosť, a to až 1,5 násobne. Pri normovej zaťažiteľnosti $V_n = 40$ t, sa sme povoliť bez akýchkoľvek obmedzení aj jazda jedného vozidla o hmotnosti 60 t.

Tento údaj však nereprezentuje normálnu zaťažiteľnosť. Vyplýva to z koncepcie modelu LM1 a z jeho pravdepodobnostného backgroundu. Model LM1 a-priori predpokladá polohu takéhoto vozidla na moste, avšak má byť iba jediné, nakoľko v jeho blízkosti sa má pohybovať „normálna“, teda bežná doprava. Správca smie však s týmto údajom efektívne pracovať v rámci povoľovania nadmernej dopravy.

H.2 Štúdia zameraná na výnimočnú zaťažiteľnosť

H.2.1 Porovnanie účinkov zaťažovacích modelov

Z pripomienok k 1. návrhu RÚ vyplynula potreba upustenia od doteraz používaného modelu výnimočného zaťaženia pohybujúceho sa po moste pomalou rýchlosťou 5 km/h, v najpriaznivejšej polohe v priečnom reze (obvykle v osi nosnej konštrukcie) a s vylúčenou ostatnou dopravou. Naopak, z diskusie a pripomienok vyplynula požiadavka stanovenia výnimočnej zaťažiteľnosti mostov s možnosťou povolenia vyššej rýchlosti prejazdu zvláštnych vozidiel a súčasne bez úplného vylúčenia bežnej dopravy na moste.

STN EN 1991-2 pre takýto prípad dopravnej situácie ponúka kombináciu dvojice zvláštnych vozidiel pohybujúcich sa v zaťažovacom pruhu 1, príp. v zaťažovacích pruhoch 1 a 2 (v závislosti od tiaže náprav, resp. šírky zvláštneho vozidla) normálnou rýchlosťou (70 km/h) a zaťažovacieho modelu 1 s častými hodnotami, umiestneného vo zvyšných zaťažovacích pruhoch a v zvyšnej ploche zaťažovacieho priestoru. Norma pritom nestanovuje jednoznačne vzájomnú vzdialenosť medzi zvláštnymi vozidlami (tvoriacimi dvojicu).

V tejto časti štúdie sa preto zameriame na porovnanie účinkov zaťaženia dopravou od rôznych zaťažovacích modelov na mostoch pozemných komunikácií s ohľadom na určenie výnimočnej zaťažiteľnosti. Súčasný výskyt zvláštnych vozidiel pohybujúcich sa normálnou rýchlosťou 70 km/h a bežnej dopravy je v zmysle definície v STN EN 1991-2 možný len pri komunikáciách s minimálne dvoma zaťažovacími pruhmi. Preto sú predmetom tejto štúdie len komunikácie šírky 7,5; 9,5 a 11,5. Zodpovedajúce počty a vzdialenosti nosníkov sú uvedené v tabuľke H.5. Statická schéma je uvažovaná ako jednoduchý nosník s rozpätím 2 m – 200 m.

Tab. H.5 Šírkové parametre priečného rezu mostov v štúdií

Šírka cesty (m)	Vzdialenosť nosníkov (m)	Počet nosníkov	Šírka cesty (m)	Vzdialenosť nosníkov (m)	Počet nosníkov
7,5	1,0	8	9,5	1,1	9
	1,2	7		1,3	8
	1,5	6		1,5	7
	1,8	5		1,8	6
	2,0	4		2,2	5
	2,5	4		3,0	4
	3,0	3		3,5	3
	3,5	3		4,5	3
	4,0	2		6,0	2
	5,0	2		7,0	2
	6,0	2		9,0	2
	7,5	2		12,0	2
11,5	1,1	11	11,5	1,1	11
	1,4	9		1,4	9
	1,8	7		1,8	7
	2,3	6		2,3	6
	2,8	5		2,8	5
	3,0	4		3,0	4
	3,8	4		3,8	4
	4,5	3		4,5	3
	5,5	3		5,5	3
	7,0	2		7,0	2
	10,0	2		10,0	2
	12,0	2		12,0	2

Uvažované sú tieto zaťažovacie modely:

- **zaťažovací model 1 (LM1)** podľa STN EN 1991-2, s tiažou vozidiel (tandem systém) v jednotlivých pruhoch 600, 400 a 200 kN a rovnomerným zaťažením (UDL systém) $9,0 \text{ kN/m}^2$ v 1. pruhu a $2,5 \text{ kN/m}^2$ v ostatných pruhoch a zvyšnej časti. Tento model síce nemá nereprezentovať výnimočné zaťaženie na moste, avšak poskytuje užitočnú informáciu pri porovnaní účinkov od ostatných modelov;
- **dvojica zvláštnych vozidiel 3000/240 (LM3)** situovaných za sebou v prvých dvoch zaťažovacích pruhoch v najúčinnejšej polohe, pričom vzdialenosť medzi poslednou nápravou prvého a prvou nápravou druhého vozidla je uvažovaná premennou hodnotou od 1,5 m do 50 m. Súčasne s dvojicou zvláštnych vozidiel je uvažovaný zaťažovací model 1 s častými hodnotami (hodnoty $\alpha_{2,TS} = 0,75$, resp. $\alpha_{2,UDL} = 0,4$), pozostávajúci z dvojnápravového vozidla a rovnomerného zaťaženia v zaťažovacom pruhu 3 (komunikácie šírky 9,5 m a 11,5 m) a rovnomerného zaťaženia vo zvyšnej časti zaťažovacieho priestoru (komunikácie šírky 7,5 m, 9, 5 m a 11,5 m).
- **dvojica zvláštnych vozidiel 2400/200 (LM3)** situovaných za sebou v prvom zaťažovacom pruhu v najúčinnejšej polohe so vzdialenosťou medzi poslednou nápravou prvého a prvou nápravou druhého vozidla od 1,5 m do 50 m. Súčasne s dvojicou zvláštnych vozidiel je uvažovaný zaťažovací model 1 s častými hodnotami, pozostávajúci z príslušných dvojnápravových vozidiel a rovnomerných zaťažení v zaťažovacích pruhoch 2 a 3 ako aj vo zvyšnej časti zaťažovacieho priestoru.
- **dvojica zvláštnych vozidiel 1800/200 (LM3)** situovaných za sebou v prvom zaťažovacom pruhu v najúčinnejšej polohe so vzdialenosťou medzi poslednou nápravou prvého a prvou nápravou druhého vozidla od 1,5 m do 50 m. Súčasne s dvojicou zvláštnych vozidiel je uvažovaný zaťažovací model 1 s častými hodnotami, pozostávajúci z príslušných dvojnápravových vozidiel a rovnomerných zaťažení v zaťažovacích pruhoch 2 a 3 ako aj vo zvyšnej časti zaťažovacieho priestoru.
- **zvláštna súprava** podľa STN 73 6203 s celkovou tiažou 1960 kN, pozostávajúca z dvoch 3-nápravových ťahačov a jedného 14-nápravového podvalníka medzi nimi, s tiažou náprav $3 \times 140 \text{ kN} + 14 \times 140 \text{ kN} + 3 \times 140 \text{ kN}$ (obr. 3.6 tejto RÚ).

Účinky zvislého zaťaženia dopravou sú vyjadrené hodnotou maximálneho ohybového momentu uprostred rozpätia na jednoducho uloženom krajnom nosníku trámového mosta. Zaťažovacie modely boli umiestnené vždy v najnepriaznivejšej polohe v priečnom aj pozdĺžnom smere. Na priečny roznos zaťaženia dopravou na jednotlivé nosníky bola použitá metóda tuhého stĺžidla. Vplyv odľahčujúcich účinkov zaťažení sa neuvažuje. Porovnané sú návrhové hodnoty vnútorných síl s týmito hodnotami súčiniteľov zaťaženia:

- LM1, LM3 $\gamma_F = 1,35$
- Zvláštna súprava $\gamma_F = 1,10$

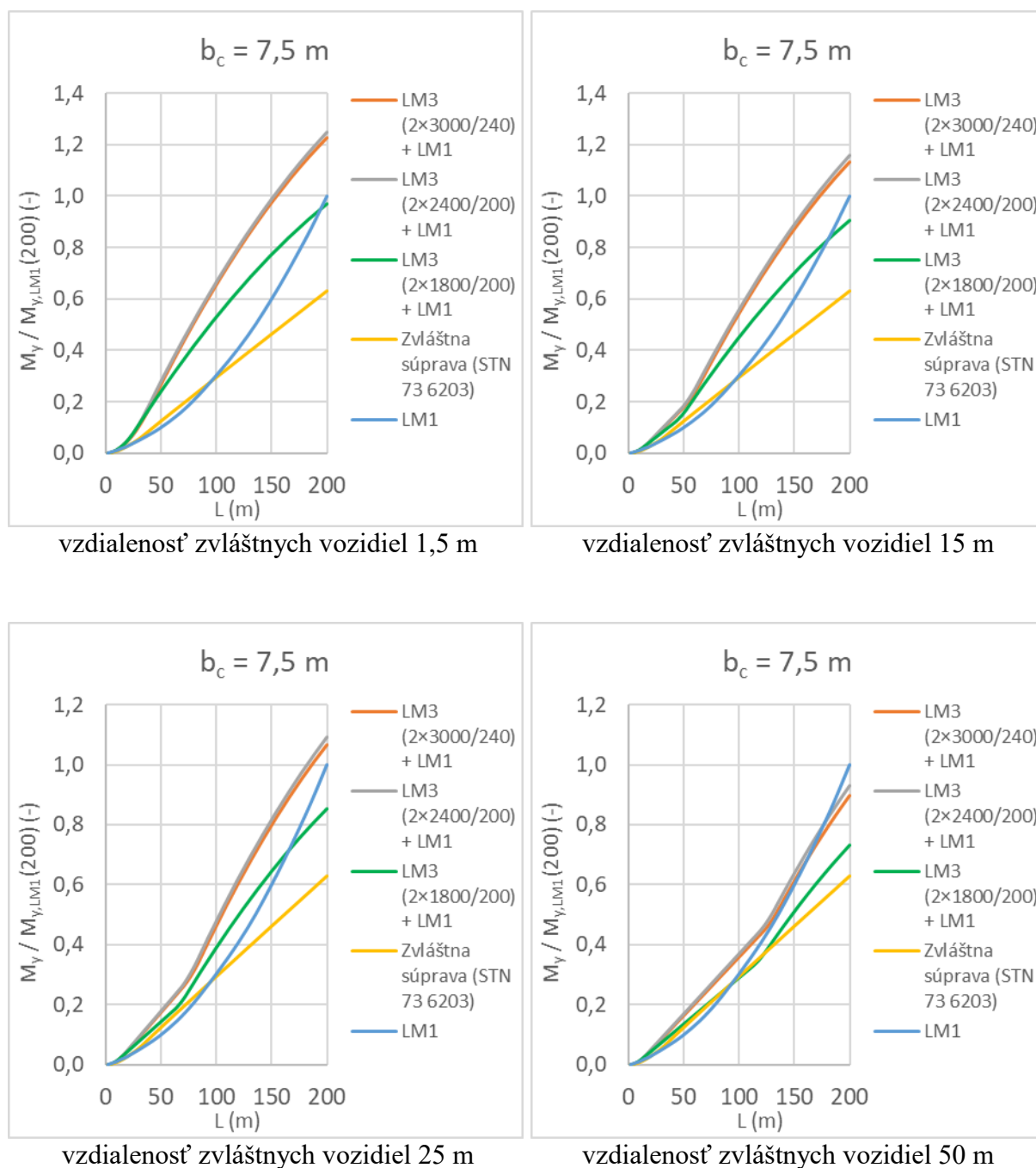
Dynamické účinky zaťažovacieho modelu LM3 pohybujúceho sa rýchlosťou 70 km/h sú uvažované v súlade s STN EN 1991-2 podľa vzťahu:

$$\varphi = 1,4 - \frac{L}{500} \geq 1,0 \quad (\text{H.3})$$

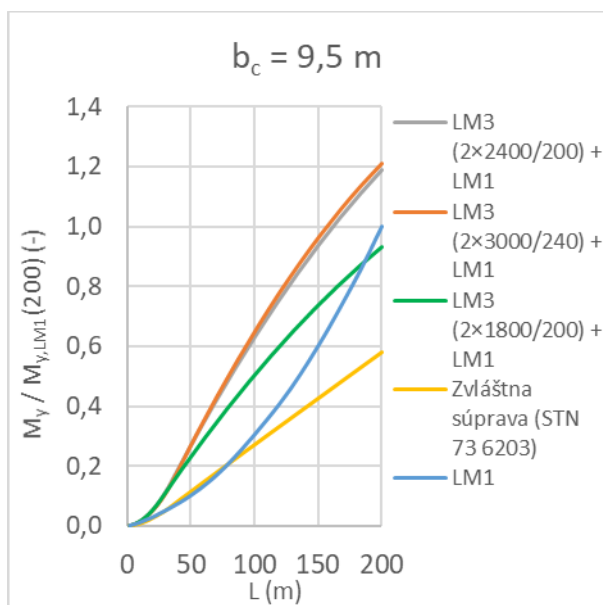
Dynamické účinky zvláštnej súpravy sú uvažované podľa STN 73 6203 podľa vzťahu:

$$\delta_r = \frac{1}{0,95 - (1,4L)^{-0,6}} \begin{cases} \geq 1,0 \\ \leq 1,5 \end{cases} \quad (\text{H.4})$$

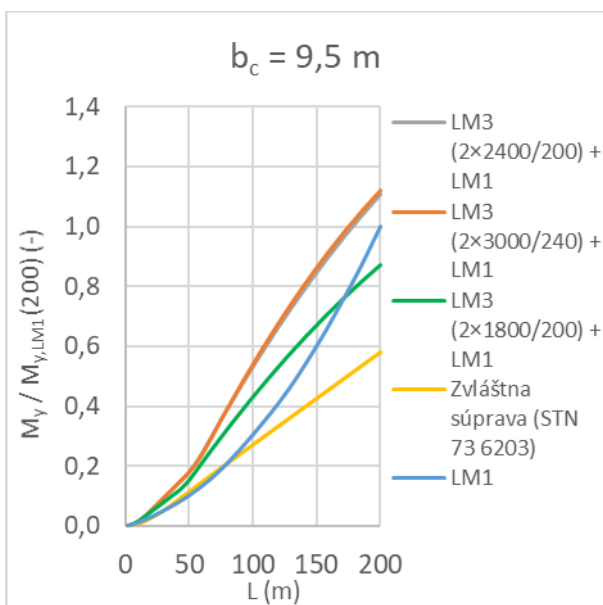
Maximálne hodnoty ohybových momentov v závislosti od teoretického rozpätia boli graficky spracované v programe Microsoft Excel. Pre lepšiu názornosť sú grafické závislosti opäť znázornené v relatívnej mierke vzťahnutej k maximálnej hodnote ohybového momentu od zaťažovacieho modelu 1 pri rozpätí 200 m. Relatívne závislosti sú pre jednotlivé šírky cesty takmer identické pre všetky šírkové usporiadania priečného rezu (rôzne počty a vzdialenosti trávov). Na obr. H.15 až obr. H.18 sú znázornené relatívne závislosti ohybových momentov pre uvažované šírky pozemnej komunikácie na moste a pre rôzne vzdialenosti zvláštnych vozidiel.



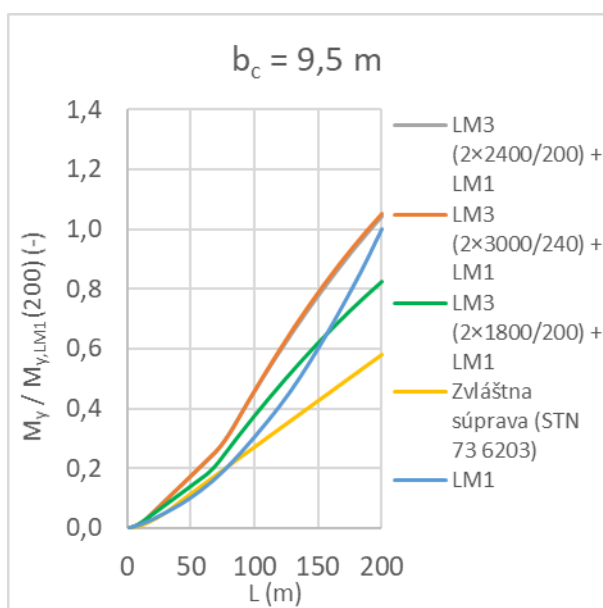
Obr. H.15 Ohybové momenty uprostred rozpätia pre šírku cesty 7,5 m a pre rôzne vzdialenosti medzi zvláštnymi vozidlami



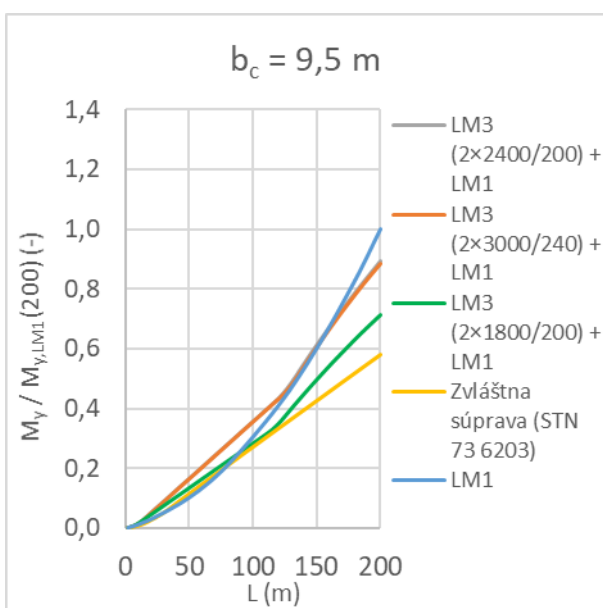
vzdialenosť zvláštnych vozidiel 1,5 m



vzdialenosť zvláštnych vozidiel 15 m

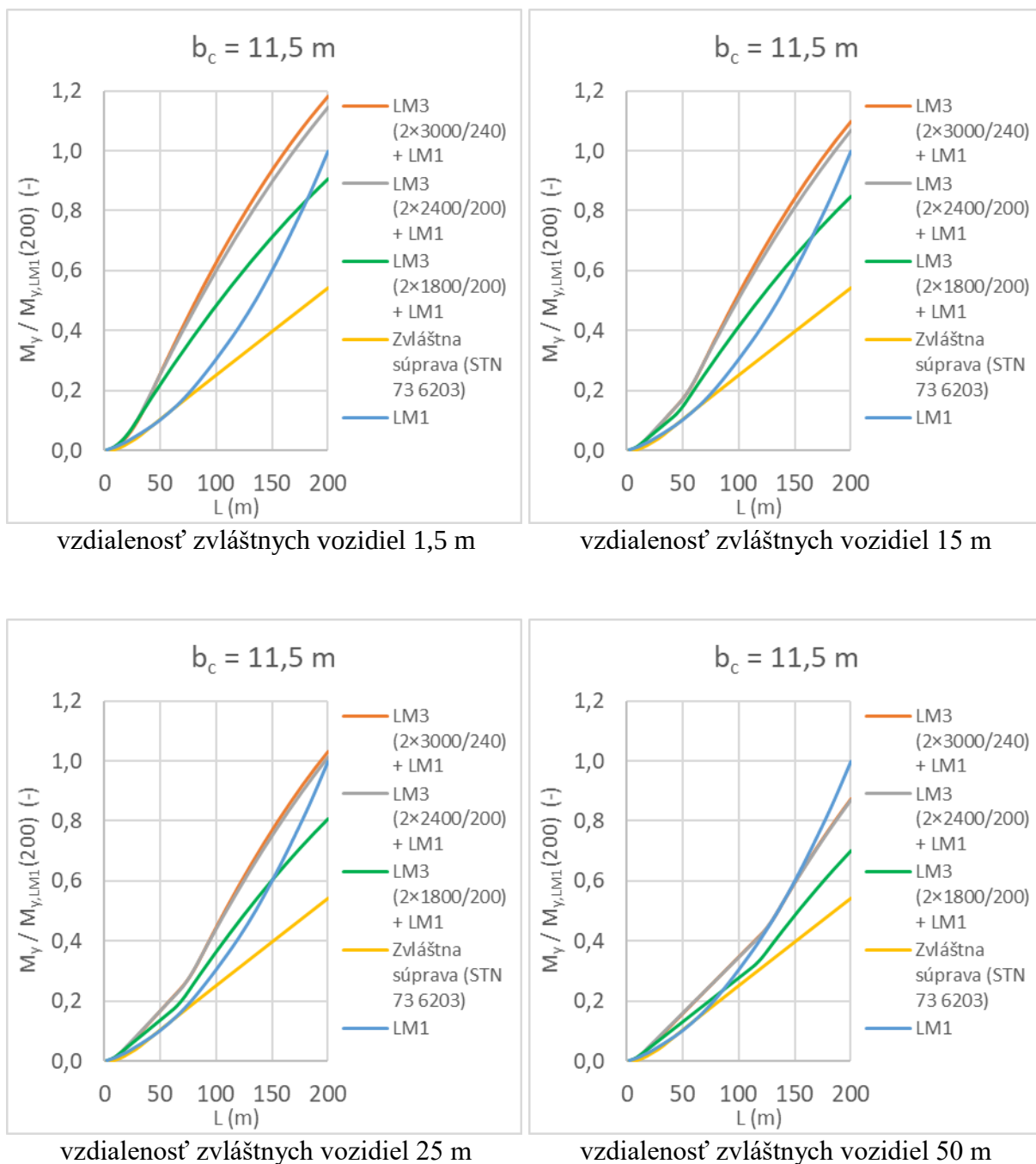


vzdialenosť zvláštnych vozidiel 25 m



vzdialenosť zvláštnych vozidiel 50 m

Obr. H.16 Ohybové momenty uprostred rozpätia pre šírku cesty 9,5 m a pre rôzne vzdialenosti medzi zvláštnymi vozidlami



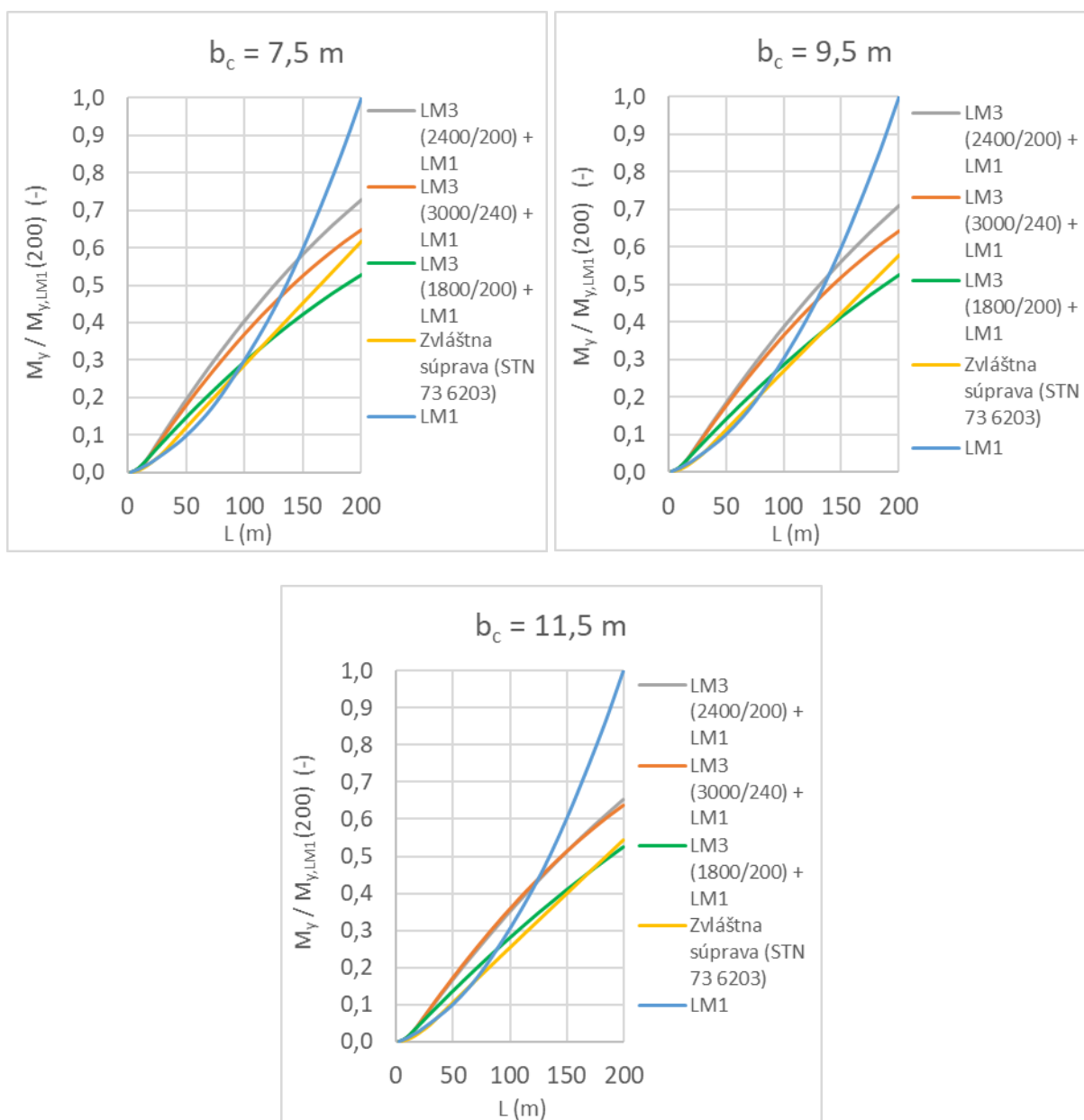
Obr. H.17 Ohybové momenty uprostred rozpätia pre šírku cesty 11,5 m a pre rôzne vzdialenosti medzi zvláštnymi vozidlami

Zo závislostí na obr. H.15 až obr. H.17 je zrejmé, že účinky uvažovaných zaťažovacích modelov výnimočného zaťaženia v zmysle STN EN 1991-2 založených na kombinácii zaťažovacích modelov LM3 a LM1 pri uvažovaní vzdialenosti medzi zvláštnymi vozidlami menšej ako 25 m výrazne prevyšujú účinky zvláštnej súpravy podľa STN 73 6203, pričom s narastajúcim rozpätím sa rozdiely ešte zväčšujú.

Pri vzdialenosti zvláštnych vozidiel 50 m sú účinky výnimočného zaťaženia porovnateľné s účinkami zaťažovacieho modelu LM1 a v prípade použitia vozidiel 1800/200 sa najviac približujú účinkom zvláštnej súpravy podľa STN 73 6203.

Je zrejmé, že použitie normou definovaných zaťažovacích modelov výnimočného zaťaženia umožňujúcich pohyb zvláštnych vozidiel normálnou rýchlosťou bez úplného vylúčenia bežnej dopravy na moste môže v prípade starších mostov navrhovaných na zaťaženie podľa STN 73 6203 viesť k výrazne nízkym hodnotám výnimočnej zaťažiteľnosti.

Ako alternatívu preto na obr. H.18 uvádzame ešte relatívne závislosti ohybových momentov zodpovedajúce použitiu modifikovaných zaťažovacích modelov výnimočného zaťaženia, v ktorých je dvojica zvláštnych vozidiel v zaťažovacom pruhu 1, resp. v pruhu 1 a 2 nahradená iba jedným zvláštnym vozidlom, pričom ostatné zásady ohľadne súčasného výskytu LM1 ostávajú zachované.



Obr. H.18 Ohybové momenty uprostred rozpätia v závislosti od šírky cesty pri použití modifikovaných modelov výnimočného zaťaženia

Z uvedených grafov na obr. H.18 je zrejmé, že účinky modifikovaných zaťažovacích modelov podľa STN EN 1991-2 sa viac približujú účinkom zvláštnej súpravy podľa STN 73 6203. Najviac sa k tomuto modelu svojimi účinkami približuje zaťažovací model založený na

použití zvláštného vozidla 1800/200 spolu s častými hodnotami LM1 v pruhoch nezaťažených zvláštnym vozidlom a vo zvyšnej časti zaťažovacieho priestoru.

H.2.2 Návrh odporúčaného modelu

Z výsledkov uvedenej štúdie vyplýva ako najvhodnejší model výnimočného zaťaženia umožňujúci pohyb zvláštného vozidla po moste normálnou rýchlosťou (70 km/h) bez potreby úplného vylúčenia ostatnej bežnej dopravy na moste zaťažovací model založený na kombinácii **jediného zvláštného vozidla 1800/200** umiestneného v zaťažovacom pruhu č. 1 a **zaťažovacieho modelu LM1 s častými hodnotami** umiestneného vo zvyšných zaťažovacích pruhoch nezaťažených zvláštnym vozidlom a vo zvyšnej časti zaťažovacieho priestoru.

V prípade rešpektovania modelu LM3 v podobe **dvojice zvláštnych vozidiel 1800/200** umiestnených v zaťažovacom pruhu č. 1 spolu s **zaťažovacím modelom LM1 s častými hodnotami na** zvyšných zaťažovacích pruhoch nezaťažených zvláštnymi vozidlami a vo zvyšnej časti zaťažovacieho priestoru v súlade s STN EN 1991-2/NA1, by bolo potrebné uvažovať **minimálnu vzdialenosť medzi zvláštnymi vozidlami 1800/200 až 50 m**. Teda tento model je pre praktickú aplikáciu nereálny.

PRÍLOHA I - Príklady vyčíslených zaťažiteľností

V tejto prílohe sú uvedené štyri porovnania zaťažiteľností vyčíslených podľa navrhovanej RÚ so zaťažiteľnosťami stanovenými podľa v súčasnosti platného TP 104 a zároveň so zaťažiteľnosťami určenými podľa starenej už neplatnej ON 73 6220. V porovnaníach je uvedená zaťažiteľnosť normálna, výhradná i výnimočná, s poznámkou týkajúcou sa vyžadovaných obmedzení v doprave.

Normálne a výhradné zaťažiteľnosti sú pre názornosť uvedené ako dopravné značky, a to aj v prípade, že hodnota týchto zaťažiteľností je podľa súčasne platných TP vysoká a značka by sa s tou hodnotou pred most neosádzala.

Normálna zaťažiteľnosť je pre kratšie rozpätie uvedená alternatívne bez aj s navrhnutou modifikáciou v RÚ.

Pri normálnej zaťažiteľnosti je uvedený aj vysvetľujúci stĺpec (zelenou) „Prípustná hmotnosť ťažkého vozidla v normálnej doprave“, ktorý ozrejmuje rozdiel v ponímaní občasného výskytu ťažkého vozidla na moste v rámci normálnej dopravy. Toto vozidlo je podľa navrhovanej RÚ možné chápať aj ako výnimočné zaťaženie, avšak bez akéhokoľvek obmedzenia normálnej dopravy, preto je uvedená rovnaká hodnota aj v stĺpci pre výnimočné zaťaženie bez obmedzení.

Upozorňujeme, že ide o príklady len dvoch modelových mostných konštrukcií, ktorých výpovedná hodnota môže byť obmedzená (vzhľadom na zrejmy rozptyl v rozpätiach, konštrukčných riešeniach ako aj v diagnostikovaných stavoch mostov). Zároveň je v prezentovaných výsledkoch naznačený aj nový prístup hodnotenia zaťažiteľnosti v RÚ založený na zohľadnení predpokladanej zvyškovej životnosti, ktorý rovnako ovplyvňuje zaťažiteľnosť predmetného mostného objektu.

PRÍKLAD 1

Prezentuje **doskový most s rozpätím 10 m** s veľmi tuhým priečnym rezom. Šírka vozovky je daná kategóriou komunikácie **C 7,5**. Stav mostného objektu bol zohľadnený v dvoch alternatívach, tak že prepočtom podľa súčasne platných TP 104 by vykazoval normálnu zaťažiteľnosť:

- a) **24 t**,
- b) **12 t**.

PRÍKLAD 2

Prezentuje **trámový most z tyčových prefabrikátov s rozpätím 30 m**. Šírka vozovky je daná kategóriou komunikácie **C 11,5**. Stav mostného objektu bol zohľadnený v dvoch alternatívach, tak že prepočtom podľa súčasne platných TP 104 by vykazoval normálnu zaťažiteľnosť:

- a) **24 t**,
- b) **12 t**.

PRÍKLAD 1a - Doskový most s rozpätím 10 m, šírka vozovky 7,5 m

Most má podľa platných TP104 normálnu zaťažiteľnosť 24 t

Typ zaťažiteľnosti		NORMÁLNA		VÝHRADNÁ	VÝNIMOČNÁ		
Poznámka / podmienky		Okamžitá hmotnosť ľubovoľného vozidla	Prípustná hmotnosť ťažkého vozidla v normálnej doprave	Vodič má zabezpečiť, aby vozidlo bolo na celom moste samotné!	Bez akýchkoľvek obmedzení	Obmedzenie rýchlosti na 70 km/h, bez vylúčenia normálnej dopravy	Vylúčenie ostatnej dopravy, obmedzenie rýchlosti na 5 km/h, jazda v optimálnej stope
ON 73 6220			34 t	JEDINÉ VOZIDLO 67 t	nie	nie	505 t
Platné TP 104			24 t	JEDINÉ VOZIDLO 70 t	nie	nie	370 t
Predložená RÚ	plánovaná životnosť 90-100 rokov	  *	44 t (65 t *)	nie	44 t (65 t *)	106 t	370 t
	plánovaná životnosť 20-30 rokov	  *	52 t (77 t *)	nie	52 t (77 t *)	115 t	400 t

* alternatívne zvýšené zaťažiteľnosti s využitím navrhovanej modifikácie pre krátke rozpätia (pre rozpätie 10 m je násobiteľ 1,47 !)

PRÍKLAD 1b - Doskový most s rozpätím 10 m, šírka vozovky 7,5 m

Most má podľa platných TP104 normálnu zaťažiteľnosť 12 t

Typ zaťažiteľnosti		NORMÁLNA		VÝHRADNÁ	VÝNIMOČNÁ		
Poznámka / podmienky		Okamžitá hmotnosť ľubovoľného vozidla	Pripustná hmotnosť ťažkého vozidla v normálnej doprave	Vodič má zabezpečiť, aby vozidlo bolo na celom moste samotné!	Bez akýchkoľvek obmedzení	Obmedzenie rýchlosti na 70 km/h, bez vylúčenia normálnej dopravy	Vylúčenie ostatnej dopravy, obmedzenie rýchlosti na 5 km/h, jazda v optimálnej stope
ON 73 6220			16 t		nie	nie	252 t
Platné TP 104			12 t		nie	nie	185 t
Predložená RÚ	plánovaná životnosť 90-100 rokov	  *	22 t (32 t *)	nie	22 t (32 t *)	53 t	185 t
	plánovaná životnosť 20-30 rokov	  *	25 t (38 t *)	nie	25 t (38 t *)	57 t	200 t

* alternatívne zvýšené zaťažiteľnosti s využitím navrhovanej modifikácie pre krátke rozpätia (pre rozpätie 10 m je násobiteľ 1,47 !)

PRÍKLAD 2a - Trámový most z tyčových prefabrikátov s rozpätím 30 m, šírka vozovky 11,5 m

Most má podľa platných TP104 normálnu zaťažiteľnosť **24 t**

Typ zaťažiteľnosti		NORMÁLNA		VÝHRADNÁ	VÝNIMOČNÁ		
Poznámka / podmienky		Okamžitá hmotnosť ľubovoľného vozidla	Pripustná hmotnosť ťažkého vozidla v normálnej doprave	Vodič má zabezpečiť, aby vozidlo bolo na celom moste samotné!	Bez akýchkoľvek obmedzení	Obmedzenie rýchlosti na 70 km/h, bez vylúčenia normálnej dopravy	Vylúčenie ostatnej dopravy, obmedzenie rýchlosti na 5 km/h, jazda v optimálnej stope
ON 73 6220			28 t		nie	nie	427 t
Platné TP 104			24 t		nie	nie	311 t
Predložená RÚ	plánovaná životnosť 90-100 rokov		44 t	nie	44 t	93 t	311 t
	plánovaná životnosť 20-30 rokov		52 t	nie	52 t	101 t	335 t

PRÍKLAD 2b - Trámový most z tyčových prefabrikátov s rozpätím 30 m, šírka vozovky 11,5 m

Most má podľa platných TP104 normálnu zaťažiteľnosť 12 t

Typ zaťažiteľnosti		NORMÁLNA		VÝHRADNÁ	VÝNIMOČNÁ		
Poznámka / podmienky		Okamžitá hmotnosť ľubovoľného vozidla	Pripustná hmotnosť ťažkého vozidla v normálnej doprave	Vodič má zabezpečiť, aby vozidlo bolo na celom moste samotné!	Bez akýchkoľvek obmedzení	Obmedzenie rýchlosti na 70 km/h, bez vylúčenia normálnej dopravy	Vylúčenie ostatnej dopravy, obmedzenie rýchlosti na 5 km/h, jazda v optimálnej stope
ON 73 6220			13 t	JEDINÉ VOZIDLO 52 t	nie	nie	213 t
Platné TP 104			12 t	JEDINÉ VOZIDLO 42 t	nie	nie	155 t
Predložená RÚ	plánovaná životnosť 90-100 rokov		20 t	nie	20 t	46 t	155 t
	plánovaná životnosť 20-30 rokov		24 t	nie	24 t	50 t	168 t