Objednávateľ: Slovenská správa ciest

Zhotoviteľ: Združenie pre diagnostiku mostov

CONSTRUMAT, s.r.o.
INSET s.r.o.

Diagnostika vybraných mostov v správe SSC

Záverečná správa

mostný objekt:

M5221, 61-020: Most cez potok Parná za obcou Cífer





Obsah

1 Všeobecná časť ... 3
1.1 Identifikačné údaje ... 3
1.2 Základné údaje o moste ... 4
1.3 Účel vypracovania diagnostiky ... 5
1.4 Popis konštrukcie mosta ... 5
2 Diagnostika mostného objektu ... 8
2.1 Podklady poskytnuté objednávateľom ... 8
2.2 Použité normy ... 8
2.3 Použité technické predpisy ... 8
2.4 Metodika merania ... 9
2.4.1 Stanovenie pevnosti betónu v tlaku ... 9
2.4.2 Nedeštruktívne stanovenie modulu pružnosti ... 9
2.4.3 Stanovenie hĺbky karbonatizácie betónu ... 9
2.4.4 Zisťovanie polohy a parametrov výstuže ... 9
2.4.5 Overenie stavu predpínacej výstuže nosníkov ... 10
2.4.6 Zistenie skladby mostného zvršku ... 10
2.4.7 Podrobná prehliadka mosta ... 10
2.4.8 Rozmiestnenie meracích miest ... 11
2.5 Merací a vyhodnocovací reťazec ... 11
2.5.1 Pevnosť betónu v tlaku ... 11
2.5.2 Nedeštruktívne stanovenie modulu pružnosti ... 12
2.5.3 Stanovenie hĺbky karbonatizácie betónu ... 13
2.5.4 Zisťovanie polohy a parametrov výstuže ... 13
2.5.5 Overenie stavu predpínacej výstuže nosníkov ... 14
2.5.6 Zistenie skladby mostného zvršku ... 15
2.6 Prehľad nameraných veličín ... 15
2.6.1 Pevnosť betónu v tlaku ... 15
2.6.2 Modul pružnosti ... 18
2.6.3 Hĺbka karbonatizácie betónu ... 19
2.6.4 Vystuženie ... 19
2.6.5 Stav predpínacích kanálikov ... 24
2.6.6 Mostný zvršok ... 29
2.6.7 Podrobná prehliadka mosta ... 29
3 Určenie stavebno-technického stavu mosta ... 41
4 Statické posúdenie ... 42
4.1 Metodika statického prepočtu ... 42
4.2 Analýza konštrukcie ... 42
4.3 Výpočtový model ... 44
4.4 Výpočet zaťaženia ... 46
4.5 Rozhodujúce vnútorné sily ... 53
4.6 Normálna zaťažiteľnosť W_n, faktor normálnej zaťažiteľnosti F_z ... 56
4.7 Výhradná zaťažiteľnosť W_r, faktor výhradnej zaťažiteľnosti $F_{z.r}$ ... 57
4.8 Výnimočná zaťažiteľnosť W_e, faktor výnimočnej zaťažiteľnosti $F_{z.e}$ ... 58
4.9 Vyhodnotenie zaťažiteľnosti ... 59
5 Určenie zostatkovej životnosti ... 60
6 Návrh opatrení ... 61
6.1 Vyhodnotenie zaťažiteľnosti ... 63
7 Záver ... 66

Príloha č. 1: Dispozičné usporiadanie mostného objektu – schémy
Príloha č. 2 (DVD): Fotodokumentácia z prehliadky mosta (.jpg)
Dispozičné usporiadanie mostného objektu – schémy, (.dwg)

1 Všeobecná časť

1.1 Identifikačné údaje

Zákazka: Diagnostika vybraných mostov v správe SSC
Číslo zmluvy: 2473/2000/2017

Dokument: M5221, 61-020: Most cez potok Parná za obcou Cífer

Objednávateľ: **Slovenská správa ciest**
Miletičova 19, 826 19 Bratislava

Zhotoviteľ: **Združenie pre diagnostiku mostov**

CONSTRUMAT, s.r.o.,
Hlinská 2589/20, 010 01 Žilina, +421 908969981, de-test@construmat.sk

INSET s.r.o., Lucemburská 1170/7, 130 00 Praha 3, Česká republika
INSET s.r.o., organizačná zložka podniku zahraničnej osoby,
Bytčická 72, 010 01 Žilina, +421 41 7632394, zilina@inset.com

Zodpovedný riešiteľ: Ing. Ivan Drevený, PhD.

doc. Ing. Daniel Papán, PhD.

Dokument vypracovali: Ing. Peter Kotek, PhD.
Ing. Adrián Čelko

Merali a vyhodnotili: Marián Blažek
Ľubomír Litvik
Ing. Peter Kotek, PhD.
Ing. Adrián Čelko

Kontroloval: Ing. Martin Korenko

1.2 Základné údaje o moste

Druh prevádzanej komunikácie	**cesta prvej triedy I/61**
Staničenie na ceste (kilometrovníkové)	46,5 km
Prekážka	potok Parná
Počet mostovkových podlaží	jednopodlažný most
Výšková poloha mostovky	horná mostovka
Meniteľnosť základnej polohy	nepohyblivý most
Doba trvania	most trvalý
Priebeh trasy na moste	v priamej
Situatívne usporiadanie	šikmý
Hmotná podstata	masívny
Členitosť hlavnej nosnej konštrukcie	jednopoľová predpäté nosníky s hornou mostovkou **Vloššák, 0,98/0,85, 14ks**
Východzia charakteristika	masívny
Konštrukčné usporiadanie priečneho rezu	otvorene usporiadaný
Obmedzenie voľnej výšky na moste	voľná výška neobmedzená
Rok postavenia mosta	1961 (vek mosta je 60 rokov)
Počet dilatačných celkov	1
Dĺžka premostenia	17,43 m
Rozpätia polí	18,80 m
Dĺžka mosta	31,35 m
Šikmosť mosta	pravá 52,6°
Šírka spevnenej časti vozovky	11,00 m
Šírka medzi zábradliami	13,50 m
Šírka ríms na moste	2x1,50 m
Šírka chodníka	2 x 1,25 m
Celková šírka	14,00 m
Výška mosta nad terénom	4,90 m
Stavebná výška mosta	až 1,20 m
Plocha NK mosta	264 m^2

Doterajší vývoj stupňa technického stavu (STS) na základe prehliadok mosta:

22. 10. 2019 Hlavná prehliadka: STS 4 – uspokojivý
9. 9. 2020 Hlavná prehliadka: STS 6 – veľmi zlý

1.3 Účel vypracovania diagnostiky

Účelom vypracovania diagnostického prieskumu a statického prepočtu bolo zistenie skutkového stavu mostného objektu ev. č. 61-020 most cez potok Parná za obcou Cífer, okres Trnava.

V záverečnej správe je prezentovaný diagnostický prieskum, zhodnotený stav mostného objektu a statický prepočet, ktorého výsledkom je stanovenie zaťažiteľnosti mosta. V závere správy je zhodnotený stavebno-technický stav, stanovená zostatková životnosť a navrhnuté opatrenia na sanáciu zistených porúch mostného objektu.

1.4 Popis konštrukcie mosta

Mostný objekt sa nachádza na ceste I/61, vedie ponad potok Parná na trase Trnava – Cífer. Jedná sa o cestu prvej triedy vysokého významu po ktorej sú trasované aj nadrozmerné a nadmerné prepravy. Smerové vedenie vozovky je v danom úseku v priamej. Povrch vozovky je asfaltový, priečny sklon je strechovitý.

Mostný objekt M5221, ev. č. 61-020 je 1-poľový most z predpätých prefabrikátov „Vloššák“. Zo statického hľadiska sa jedná v pozdĺžnom smere o staticky určitú konštrukciu - jednoduchý nosník. Nosná konštrukcia je tvorená v priečnom reze celkovo 14 predpätými nosníkmi typu Vloššák výšky 0,85 m. Dĺžka nosníkov je 19,4 m. Svetlosť mosta (dĺ. premostenia) je 17,43 m šikmo a 14,0 m kolmo. V pozdĺžnom smere je nosná konštrukcia predpätá, u nosníkov Vloššák ide o dodatočné predpätie patentovými drôtmi v dodatočne zainjektovaných káblových kanálikoch. Nosníky sú v priečnom smere prepojené vnútornými priečnikmi, ktoré sú priečne predpäté predpínacími káblami v každom priečniku. Stav nosníkov je rôzny. Najhoršie sú krajné nosníky ktoré najviac zatekajú, tu sa vyskytuje silná korózia výstuže a dokonca pretrhnuté laná predpätia (ide o havarijný stav na nosníkoch). Kotvy predpätia na krajných nosníkoch (priečneho aj pozdĺžneho) sú obnažené a skorodované, predpokladá sa že aj ostatné kotvy na pozdĺžnom predpätí budú v podobnom stave. Betón nosníkov je pozatekaný, v miestach korózie výstuže dochádza k rozpadu betónu. Žiadne statické trhliny (šmykové ani ohybové) neboli nájdené.

Nosná konštrukcia je uložená na oceľových ložiskách. Ložiská sú skorodované a znečistené. Pohyblivé ložiská sú zablokované. Na hornej ploche NK je realizovaná vrstva vyrovnávajúceho betónu s izoláciou a vrstva vozovky s premenlivou hrúbkou. Vozovka je zvlnená s lokálnymi výtlkmi.

Spodná stavba je zložená zo základov, betónových driekov, železobetónových úložných prahov, záverných stienok a krídiel. Betóny spodnej stavby sú vizuálne v pomerne dobrom stave bez závažných trhlín, bez rozpadu, lokálne sú zatečené. Jedná sa predovšetkým

o prostý betón, železobetón bol použitý na úložnom prahu. Trhliny sa vyskytujú primárne v pracovných škárach (technologické prestávky pri betonáži), ktoré nie sú prepojené výstužou. Obnažená výstuž bola slabo napadnutá koróziou.

Mostný zvršok je tvorený rímsami a vozovkou. Rímsy mosta sú prefabrikáty s dutinami o celkovej šírke 1,5 m a hrúbke 0,28 m. Viaceré prefabrikáty sú poškodené (degradácia a rozpad betónu, prelomenie). Most má preasfaltované podpovrchové mostné závery (prekrytie dilatačnej škáry plechom). Na moste sa nachádzajú odvodňovače, ktoré sú poškodené, skorodované a iba čiastočne funkčné. Do oboch ríms sú zabetónované oceľové zábradlia. Zábradlie je plošne znečistené a skorodované.

Priestor okolo mosta a pod mostom je neupravený, svahy komunikácie sú zarastené. Svahy sú za koncami ríms poklesnuté – rímsy trčia nad terén. Koryto potoka Parná je regulované, ale bez opevnenia.

Dispozičné schémy mostného objektu sú prezentované na nasledujúcich schémach.

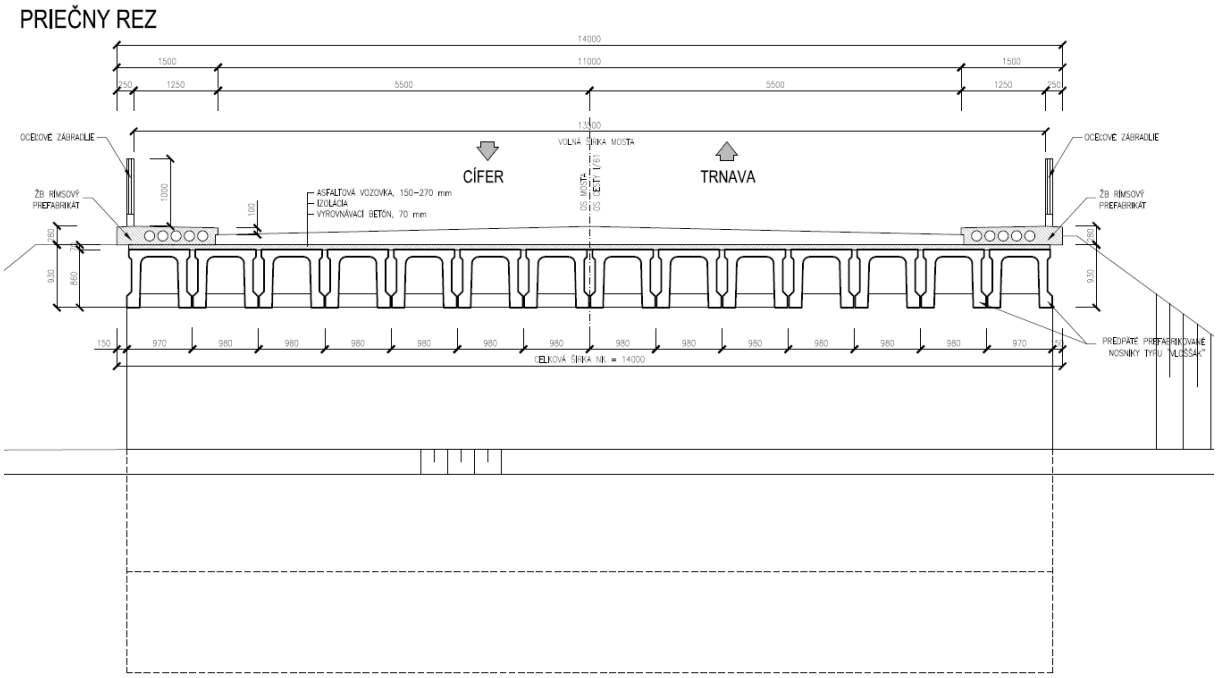


Schéma mosta – priečny rez

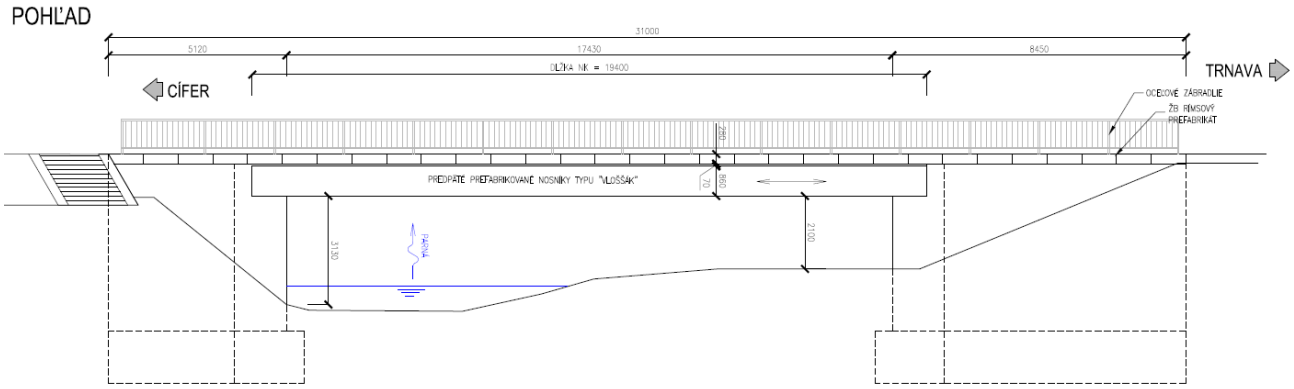


Schéma mosta – pozdĺžny rez - pohľad

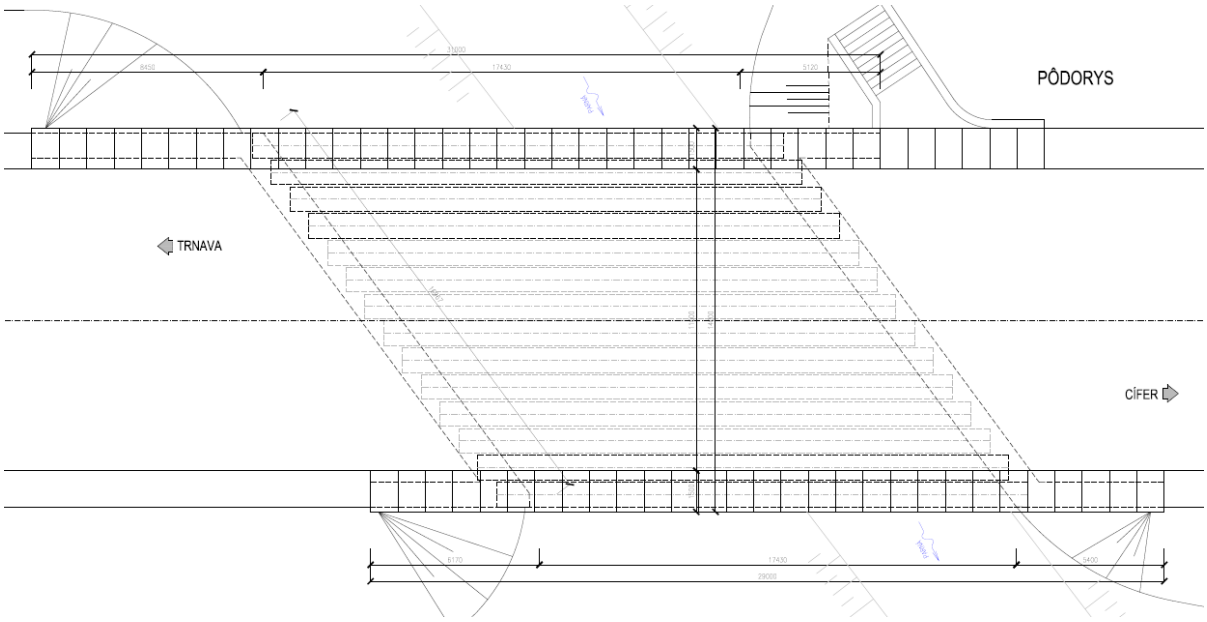


Schéma mosta – pôdorys

2 Diagnostika mostného objektu

Diagnostické práce na mostnom objekte boli zamerané na podrobnú prehliadku, zistenie kvality betónu, zistenie vystuženia konštrukčných častí mostného objektu betonárskou a predpínacou výstužou a zistenie skladby mostného zvršku. Prieskum slúži ako podklad pre statický prepočet konštrukcie.

2.1 Podklady poskytnuté objednávateľom

[A] Mostný list „Most cez potok parná za obcou Cífer“

2.2 Použité normy

[1] STN EN 206 Betón. Špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda, SÚTN Bratislava, 05/2017

[2] STN 73 1371 Ultrazvuková impulzová metóda skúšania betónu, SÚTN Bratislava, 12/1981

[3] STN 73 1370 Nedeštruktívne skúšanie betónu. Spoločné ustanovenia, SÚTN Bratislava 12/1981

[4] STN 73 2011 Nedeštruktívne skúšanie betónových konštrukcií, SÚTN Bratislava, 12/1986

[5] STN 73 1373 Tvrdomerné metódy skúšania betónu, SÚTN Bratislava, 12/1981

[6] STN 73 1317 Stanovenie pevnosti betónu v tlaku, SÚTN Bratislava, 06/1986

[7] STN EN 12504-1 Skúšanie betónu v konštrukciách. Časť 1: Vzorky z jadrového vŕtania. Odber, preskúmanie a skúška pevnosti v tlaku, SÚTN Bratislava, 11/2020

[8] STN EN 12390-3 Skúšanie zatvrdnutého betónu. Časť 3: Pevnosť v tlaku skúšobných telies, SÚTN Bratislava, 08/2020

[9] STN EN 12390-1 Skúšanie zatvrdnutého betónu Časť 1 Tvar, rozmery a iné požiadavky na skúšobné telesá a formy, SÚTN Bratislava, 6/2013

[10] STN EN 13791 Stanovenie pevnosti betónu v tlaku v konštrukciách a v betónových prefabrikátoch, SÚTN Bratislava 11/2020

[11] STN 03 8372 Zásady ochrany proti korózii nelíniových zariadení uložených v zemi alebo vo vode, SÚTN Bratislava, 02/1977

[12] STN 73 6201 Projektovanie mostných objektov, SÚTN Bratislava, 09/1999

[13] STN EN 1991-1-5 Eurokód 1. Zaťaženie konštrukcií. Časť 1-5: Všeobecné zaťaženia. Zaťaženia účinkami teploty, SÚTN Bratislava, 03/2008

[14] STN EN 1991-2 Eurokód 1. Zaťaženie konštrukcií. Časť 2: Zaťaženia mostov dopravou, SÚTN Bratislava, 05/2006

[15] STN EN 1990 Eurokód. Zásady navrhovania konštrukcií, SÚTN Bratislava, 08/2009, vrátane zmien

[16] STN EN 1992 Eurokód 2. Navrhovanie betónových konštrukcií

[17] STN EN 1997 Eurokód 7. Navrhovanie geotechnických konštrukcií

Uvedené normy boli použité vrátane všetkých opráv a národných príloh

2.3 Použité technické predpisy

[18] TP 081 Základné ochranné opatrenia pre obmedzenie vplyvu bludných prúdov na mostné objekty pozemných komunikácií, MDVRR SR: 2014

[19] TP 059 Zadávanie a výkon diagnostiky mostov, MDVRR SR: 2012

[20] TP 061 Katalóg porúch mostných objektov na diaľniciach, rýchlostných cestách a cestách I., II., a III. triedy, MDV SR: 2019

[21] TP 060 Prehliadky, údržba a opravy cestných komunikácií. Mosty, MDVRR SR: 2012

[22] TP 077 Systém hospodárenia s mostami, MDVRR SR: 2013

[23] TP 104 Zaťažiteľnosť cestných mostov a lávok, MDVRR SR: 2016

[24] TP 003 Prognózovanie vplyvu porúch na zaťažiteľnosť mostov a stanovenie zostatkovej životnosti mostov, GR SSC: 2002

[25] TP 104 Zaťažiteľnosť cestných mostov a lávok, MDVRR SR: 2016

[26] Manuál programu SCIA ENGINEER

2.4 Metodika merania

2.4.1 Stanovenie pevnosti betónu v tlaku

Pevnosť betónu v tlaku bola skúšaná deštruktívnou a nedeštruktívnou metódou. Nedeštruktívne bola pevnosť betónu v tlaku skúšaná pomocou Schmidtovho tvrdomeru. Skúšky a ich vyhodnotenia boli uskutočnené v súlade s STN 73 2011 [4], STN 73 1373 [5]. Z tejto skúšky možno odvodiť nielen pevnosť betónu v tlaku, ale tiež nemenej významný parameter, ktorým je rovnorodosť betónu analyzovaných konštrukcií. Rozmiestnenie skúšobných miest je znázornené na obr. 1.

Deštruktívne bola pevnosť betónu skúšaná na odobratých jadrových vývrtoch. Vývrty boli odobrané pomocou diamantovej korunky za stáleho chladenia vodou a odsávania nečistôt. Miesta odberu vývrtov boli vopred vytipované na základe profometrického a radarového prieskumu tak, aby konštrukčná výstuž bola zasiahnutá v najmenšej možnej miere. Rozmiestnenie miest odberu vývrtov je znázornené na obr. 1.

2.4.2 Nedeštruktívne stanovenie modulu pružnosti

Modul pružnosti betónu bol stanovený na základe skúšobného postupu Dynamický modul pružnosti v tlaku ultrazvukovou metódou podľa STN 73 1371 [2], pomocou merania ultrazvukovou aparatúrou na odobratých skúšobných vzorkách.

2.4.3 Stanovenie hĺbky karbonatizácie betónu

Na zistenie hĺbky karbonatizácie (zníženie hodnoty pH) povrchu betónu bol použitý 1% roztok fenolftaleínu v etylalkohole. Ak sa povrch betónu po nástreku roztokom fenolftaleínu sfarbí na červenofialovo, betón má hodnotu pH vyššiu ako 9,5 a plní funkciu ochrannej krycej vrstvy výstuže proti korózii.

2.4.4 Zisťovanie polohy a parametrov výstuže

Pre stanovenie polohy výstuže, jej priemeru a hrúbky krycej betónovej vrstvy boli použité nedeštruktívne i deštruktívne metódy.

Pri nedeštruktívnej metóde boli použité prístroje vysielajúce elektromagnetické impulzy. Z meraní je možné zistiť približnú polohu prvej vrstvy výstuže a hrúbku krycej betónovej vrstvy. Pri ďalších vrstvách výstuže dochádza k mnohým obmedzeniam a presnosť metód

klesá. U objektov, kde nie je známa žiadna projektová dokumentácia, slúži táto metóda k určeniu niektorých parametrov, tam kde je dokumentácia k dispozícii, slúži k overeniu projektovaného stavu.

Okrem nedeštruktívneho zisťovania polohy výstuže boli na určených miestach vykonané aj deštruktívne odkrytia výstuže za účelom kontroly nedeštruktívneho merania a zistenia priemeru a druhu resp. typu výstuže.

2.4.5 Overenie stavu predpínacej výstuže nosníkov

Na nosníkoch nosnej konštrukcie bola vykonaná kontrola stavu predpínacej výstuže. Pre stanovenie polohy výstuže boli najprv použité vyhľadávacie prístroje pracujúce na princípe elektromagnetického žiarenia resp. na princípe vysielania vysokofrekvenčných elektromagnetických impulzov. Z meraní bola stanovená poloha výstuže, ktorá bola následne odkrytá pre overenie stavu predpínacích kanálikov. Rozmiestnenie miest odkrytí je znázornené na obr. 1.

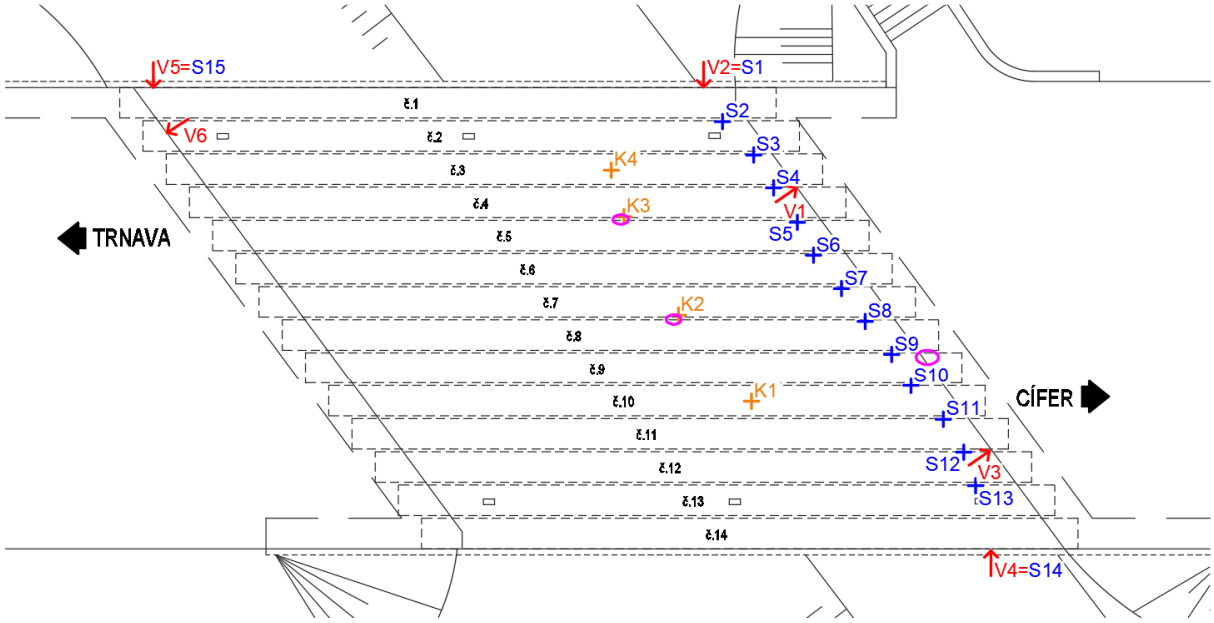
2.4.6 Zistenie skladby mostného zvršku

Zistenie skladby mostného zvršku vozovky bolo realizované jadrovým vývrtom z povrchu vozovky po nosnú konštrukciu. Vývrt bol odobraný pomocou diamantovej korunky za stáleho chladenia vodou a odsávania nečistôt. Poloha miesta realizácie vývrtu je znázornené na obr. 27.

2.4.7 Podrobná prehliadka mosta

Na predmetnom mostnom objekte bola v rámci diagnostického prieskumu vykonaná podrobná prehliadka v zmysle [20] a [21]. Dokumentácia konštrukcie bola realizovaná pomocou digitálneho fotoaparátu Canon EOS 450D s objektívom Canon EFS 18-55mm.

2.4.8 Rozmiestnenie meracích miest



Obr. 1 Rozmiestnenie skúšobných miest na mostnom objekte

2.5 Merací a vyhodnocovací reťazec

2.5.1 Pevnosť betónu v tlaku

Pevnosť betónu v tlaku nedeštruktívne bola skúšaná pomocou SilverSchmidt typ N, od výrobcu PROCEQ (obr. 2). Skúšky sa vykonali na vopred vytipovaných miestach. Skúšobné miesta o veľkosti cca 10 x 10 cm boli vybrúsené brúskou tak, aby bola zrejmá štruktúra betónu. Na každom skúšobnom mieste bolo realizovaných 10 platných meraní. Skúšanie prebiehalo v súlade s ustanoveniami normy STN 73 1373 [5], na suchom povrchu betónu.



Obr. 2 Meranie Schmidtovým tvrdomerom Silverschmidt

Pevnosť betónu v tlaku bola zisťovaná aj laboratórne, na skúšobných vzorkách z odobratých jadrových vývrtov. Na odber jadrových vývrtov bola použitá vŕtačka HILTI DD 160

pevne ukotvená s vodným chladením (obr. 3). Vývrty boli následne popísané, upravené na skúšobné vzorky v zmysle normy STN EN 12390-1 [9] a odskúšané.



Obr. 3 Odber vzoriek betónu jadrovou vŕtačkou

Skúška pevnosti v tlaku prebiehala v súlade s STN EN 12390-3 [8]. Pre skúšku pevnosti betónu v tlaku bolo použité prístrojové vybavenie:

- silomerný stroj EDT 1600 VEB WPM Leipzig, ev. karta č. M/11/001, rozsah (20-1600) kN,
- elektronická váha A&D HV 15 KGL, ev. karta č. M/11/036, rozsah (20-15000) g,
- posuvné meradlo elektronické Sylvac, ev. karta č. M/11/201, rozsah (0,01-200) mm.



Obr. 4 Vyspravenie vývrtov sanačnou zmesou

Všetky otvory po odobratých vzorkách z mostného objektu boli spätne vyplnené a vyspravené vysokopevnostnou cementovou zmesou Stachema Sanatop Tix (obr. 4).

2.5.2 Nedeštruktívne stanovenie modulu pružnosti

Na stanovenie dynamického modulu pružnosti betónu v tlaku nedeštruktívnou impulznou ultrazvukovou metódou bola použitá ultrazvuková aparatúra Pundit PL-200 od spoločnosti PROCEQ. Pri meraní bolo použité protiľahlé prezvučovanie na skúšobných vzorkách (obr. 5).



Obr. 5 Meranie modulu pružnosti ultrazvukovou metódou

Samotný dynamický modul pružnosti bol stanovený na základe materiálových charakteristík betónu (objemová hmotnosť, dynamický Poissonov súčiniteľ). Dynamický Poissonov súčiniteľ bol použitý na základe poznámky v norme STN 73 1371 [2] (pre hutný betón starší 14 dní a s objemovou hmotnosťou nad 1800 kg.m^{-3} je možné uvažovať s v_{bu} = 0,24).

2.5.3 Stanovenie hĺbky karbonatizácie betónu

Hĺbka prieniku karbonatizácie do betónu bola zisťovaná na odobratých jadrových vývrtoch. Na zistenie hĺbky karbonatizácie (zníženie hodnoty pH) povrchu betónu bol použitý 1% roztok fenolftaleínu v etylalkohole. Ukážka stanovenia hĺbky karbonatizácie betónu na odobratom jadrovom vývrte je zobrazená na obr. 6.



Obr. 6 Určenie hĺbky karbonatizácie roztokom fenolftaleínu

2.5.4 Zisťovanie polohy a parametrov výstuže

Poloha výstuže, jej priemer a hrúbka krycej betónovej vrstvy boli zisťované kombináciou nedeštruktívnej a deštruktívnej metódy.

Pre určenie parametrov výstuže nedeštruktívne bol použitý prístroj CPR Radar PS 1000 X-Scan (obr. 7) s vyhodnocovacím softvérovým balíkom PROFIS PS 1000 SW version 2.2.1 od spoločnosti HILTI.



Obr. 7 Nedeštruktívne určovanie parametrov výstuže

Odkrytie výstuže bolo realizované pomocou príklepovej vŕtačky tak, aby došlo k čo najmenšiemu zásahu do konštrukcie (obr. 8).



Obr. 8 Odkrytie výstuže

Všetky vysekané otvory boli po zdokumentovaní výstuže spätne vyplnené špeciálnou vysokopevnostnou zmesou s obsahom inhibítorov na ochranu ocele.

2.5.5 Overenie stavu predpínacej výstuže nosníkov

Pre približné určenie polohy výstuže pre potreby odhalenia predpínacích kanálikov boli použité meracie prístroje Ferroscan PS 200 S a CPR Radar PS 1000 X-Scan od firmy HILTI. Po vyhľadaní boli predpínacie kanáliky deštruktívne odkryté príklepovou vŕtačkou (obr. 9).



Obr. 9 Odkryté predpínacie kanáliky

2.5.6 Zistenie skladby mostného zvršku

Sonda do mostného zvršku bola realizovaná jadrovou vŕtačkou HILTI DD 160 pevne ukotvenou s vodným chladením (obr. 10). Poloha odberu vývrtu je zobrazené na obr. 27.

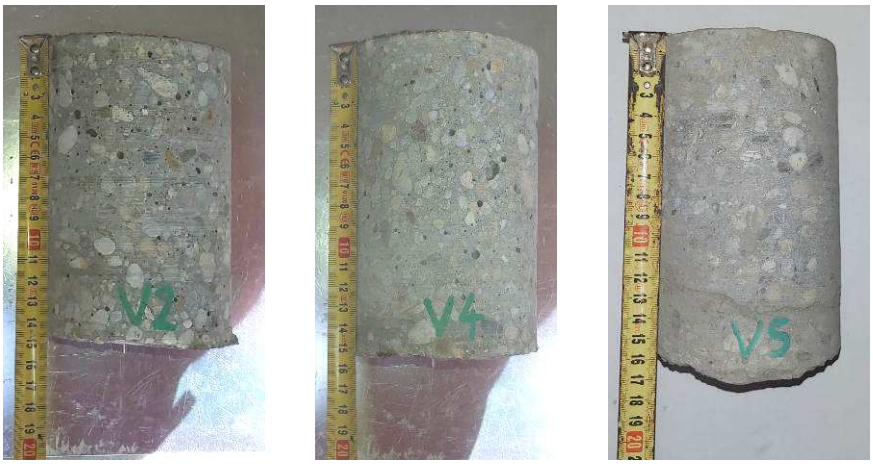


Obr. 10 Sonda do vozovky

2.6 Prehľad nameraných veličín

2.6.1 Pevnosť betónu v tlaku

Celkovo bolo odobratých 6 ks jadrových vývrtov z mostného objektu, z toho 3 ks z nosnej konštrukcie a 3 ks zo spodnej stavby. Na 15 skúšobných miestach nosnej konštrukcie mostného objektu bolo taktiež vykonané nedeštruktívne meranie pevnosti betónu. Odobraté jadrové vývrty z jednotlivých častí konštrukcie sú zobrazené na obr. 11 a obr. 12.



Obr. 11 Odobraté jadrové vývrty – nosná konštrukcia



Obr. 12 Odobraté jadrové vývrty – spodná stavba (úložné prahy)

Prehľad pevností betónu zo skúšobných vzoriek z jednotlivých konštrukčných častí mostného objektu je uvedený v tab. 1 a 2.

Tab. 1 Vývrty/vzorky betónu – geometria a výsledky skúšok pevnosti betónu v tlaku - nosná konštrukcia

Označenie vzorky	Umiestnenie v konštrukcii	Priemer vzorky	Výška vzorky	Objem vzorky	Hmotnosť	Objemová hmotnosť	Tlačená plocha	Sila pri porušení	Pevnosť v tlaku
		d	h	V	m	D	A_c	F	f_c
[-]	[-]	[mm]	[mm]	[mm^3]	[g]	[kgm^{-3}]	[mm^2]	[kN]	[MPa]
V2	*Nosník*	*98,5*	*100,0*	*761777*	*1825*	*2400*	*7615*	*426*	*55,9*
V4	*Nosník*	*98,7*	*99,9*	*764657*	*1823*	*2380*	*7656*	*338*	*44,1*
V5	*Nosník*	*98,7*	*99,8*	*763191*	*1817*	*2380*	*7645*	*464*	*60,7*

Tab. 2 Vývrty/vzorky betónu – geometria a výsledky skúšok pevnosti betónu v tlaku - spodná stavba

Označenie vzorky	Umiestnenie v konštrukcii	Priemer vzorky	Výška vzorky	Objem vzorky	Hmotnosť	Objemová hmotnosť	Tlačená plocha	Sila pri porušení	Pevnosť v tlaku
		d	h	V	m	D	A_c	F	f_c
[-]	[-]	[mm]	[mm]	[mm^3]	[g]	[kgm^{-3}]	[mm^2]	[kN]	[MPa]
V1	*Ul. prah, opora Trnava*	*98,4*	*99,7*	*758878*	*1763*	*2320*	*7611*	*281*	*36,9*
V3	*Ul. prah, opora Trnava*	*98,6*	*99,8*	*762498*	*1810*	*2370*	*7640*	*368*	*48,2*
V6	*Ul. prah, opora Cífer*	*98,8*	*99,7*	*763746*	*1832*	*2400*	*7664*	*382*	*49,8*

Prehľad nameraných hodnôt a vyhodnotenie nedeštruktívnych skúšok na nosnej konštrukcii je uvedený v tab. 3.

Tab. 3 Výsledky skúšok Schmidtom – nosná konštrukcia

Identifikácia miesta			Q	Nezaručená pevnosť	
Označ.	Popis	Karbón.		Φ R_{be}	R_{bei}
[-]	[-]	[mm]	[-]	[MPa]	[MPa]
S1	*Nosník*	*5*	*65,4*	*63,9*	***57,6***
S2	*Nosník*	*-*	*73,4*	*93,7*	***84,3***
S3	*Nosník*	*-*	*74,6*	*99,2*	***89,3***
S4	*Nosník*	*-*	*75,6*	*104,1*	***93,7***
S5	*Nosník*	*-*	*73,7*	*95,0*	***85,5***
S6	*Nosník*	*-*	*73,9*	*95,9*	***86,3***
S7	*Nosník*	*-*	*72,1*	*88,0*	***79,2***
S8	*Nosník*	*-*	*71,6*	*85,9*	***77,3***
S9	*Nosník*	*-*	*72,7*	*90,6*	***81,5***
S10	*Nosník*	*-*	*75,2*	*102,4*	***92,1***
S11	*Nosník*	*-*	*71,8*	*86,9*	***78,2***
S12	*Nosník*	*-*	*74,0*	*96,6*	***87,0***
S13	*Nosník*	*-*	*74,8*	*100,2*	***90,2***
S14	*Nosník*	*5*	*77,2*	*112,4*	***101,2***
S15	*Nosník*	*5*	*72,9*	*91,4*	***82,3***

Vyhodnotenie pevnosti a triedy betónu nosnej konštrukcie na základe nedeštruktívneho a deštruktívneho skúšania bolo realizované podľa [10] a výsledkom je, že betón nosnej konštrukcie odpovedá pevnostnej triede C40/50. Zároveň bolo zrealizované aj posúdenie rovnorodosti betónu na základe nedeštruktívnych skúšok Schmidtom – viď tab. 4

Tab. 4 Posúdenie rovnorodosti betónu – nosná konštrukcia

Posúdenie rovnorodosti betónu					
Kritérium rovnorodosti pre betón	=>	B 50	=>	12	[%]
Variačný koeficient z nedeštruktívneho skúšania			v_{bei}	11	[%]
Na základe nedeštruktívneho skúšania je betón (STN 73 2011: 1981)			**Rovnorodý**		

Vyhodnotenie pevnosti a triedy betónu úložných prahov spodnej stavby na základe deštruktívneho skúšania bolo realizované podľa [10] a výsledkom je, že betón nosnej konštrukcie odpovedá pevnostnej triede C30/37.

2.6.2 Modul pružnosti

Výsledky nedeštruktívneho skúšania modulu pružnosti na základe ultrazvukového protiľahlého prezvučovania na skúšobných vzorkách pre jednotlivé vybrané konštrukčné časti mostného objektu sú uvedené v tab. 5 a 6.

Tab. 5 Dynamický modul pružnosti meraný na vzorkách betónu – nosná konštrukcia

Označenie vzorky	Čas prechodu	Rýchlosť prechodu	Výška vzorky	Priemer vzorky	Plocha vzorky	Hmotnosť vzorky	Obj. hmotnosť vzorky	Dyn. modul pružnosti	Modul pružnosti
	T_{uz}	v_L	L	d	A	m	ρ	E_{bu}	E_b
[-]	[μs]	[m.s^{-1}]	[mm]	[mm]	[mm^2]	[kg]	[kg.m^{-3}]	[MPa]	[MPa]
V2	*19,8*	*5052*	*100,0*	*98,5*	*7615,5*	*1,83*	*2396*	*51877*	*45652*
V4	*19,8*	*5044*	*99,9*	*98,7*	*7655,8*	*1,82*	*2384*	*51470*	*45294*
V5	*20,0*	*4992*	*99,8*	*98,7*	*7644,9*	*1,82*	*2381*	*50326*	*44287*

Výpočet hodnôt dynamického modulu pružnosti pre betón bol realizovaný z nameranej rýchlosti prechodu ultrazvukovej vlny cez betón skúšobných vzoriek v zmysle normy STN 73 1371 [2].

Výsledná prepočítaná priemerná hodnota modulu pružnosti betónu upravená o zmenšovací súčiniteľ zohľadňujúci triedu pevnosti betónu: **E_b = 45,08 GPa**. Hodnota zmenšovacieho súčiniteľa na prepočet dynamického modulu na modul pružnosti bola 0,88. Táto hodnota bola stanovená v zmysle STN 73 2011 [4] pre triedu betónu B 50, táto pevnostná trieda odpovedá podľa normy STN EN 206 [1] pevnostnej triede betónu C 40/50.

Tab. 6 Dynamický modul pružnosti meraný na vzorkách betónu – spodná stavba

Označenie vzorky	Čas prechodu	Rýchlosť prechodu	Výška vzorky	Priemer vzorky	Plocha vzorky	Hmotnosť vzorky	Obj. hmotnosť vzorky	Dyn. modul pružnosti	Modul pružnosti
	T_{uz}	v_L	L	d	A	m	ρ	E_{bu}	E_b
[-]	[μs]	[m.s^{-1}]	[mm]	[mm]	[mm^2]	[kg]	[kg.m^{-3}]	[MPa]	[MPa]
V1	*20,0*	*4986*	*99,7*	*98,4*	*7610,8*	*1,76*	*2323*	*48990*	*40662*
V3	*19,8*	*5040*	*99,8*	*98,6*	*7640,3*	*1,81*	*2374*	*51166*	*42468*
V6	*19,0*	*5245*	*99,7*	*98,8*	*7663,5*	*1,83*	*2399*	*55992*	*46473*

Výpočet hodnôt dynamického modulu pružnosti pre betón bol realizovaný z nameranej rýchlosti prechodu ultrazvukovej vlny cez betón skúšobných vzoriek v zmysle normy STN 73 1371 [2].

Výsledná prepočítaná priemerná hodnota modulu pružnosti betónu upravená o zmenšovací súčiniteľ zohľadňujúci triedu pevnosti betónu: **E_b = 43,20 GPa**. Hodnota zmenšovacieho súčiniteľa na prepočet dynamického modulu na modul pružnosti bola 0,83. Táto hodnota bola stanovená v zmysle STN 73 2011 [4] pre triedu betónu B 35, táto

pevnostná trieda odpovedá podľa normy STN EN 206 [1] pevnostnej triede betónu C 30/37.

2.6.3 Hĺbka karbonatizácie betónu

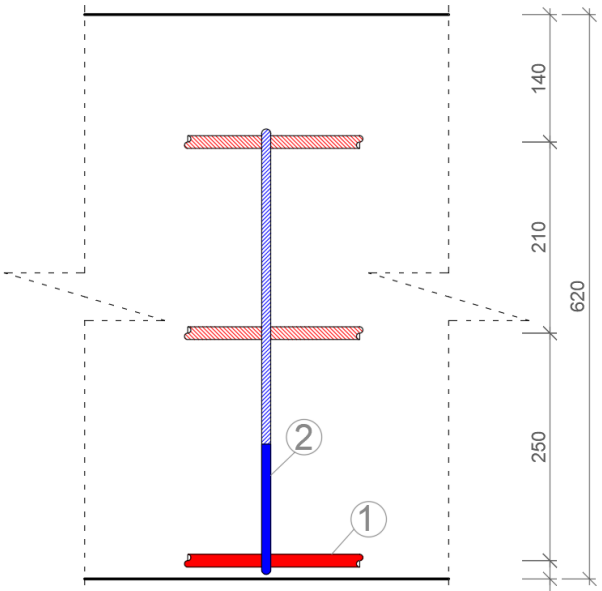
V tab. 7 je uvedený popis skúšaného miesta na konštrukcii mostného objektu a zistená hĺbka prieniku karbonatizácie v betóne na jadrovom vývrte na základe nástreku 1% roztokom fenolftaleínu v etylalkohole.

Tab. 7 Prehľad hĺbky prieniku karbonatizácie na skúšobných vzorkách

Označenie vrtu	Umiestnenie v konštrukcii	Karbonatizácia
[-]	[-]	[mm]
V1	*Úložný prah, opora Trnava*	*20*
V2	*Nosník*	*5*
V3	*Úložný prah, opora Trnava*	*10*
V4	*Nosník*	*5*
V5	*Nosník*	*5*
V6	*Úložný prah, opora Cífer*	*10*

2.6.4 Vystuženie

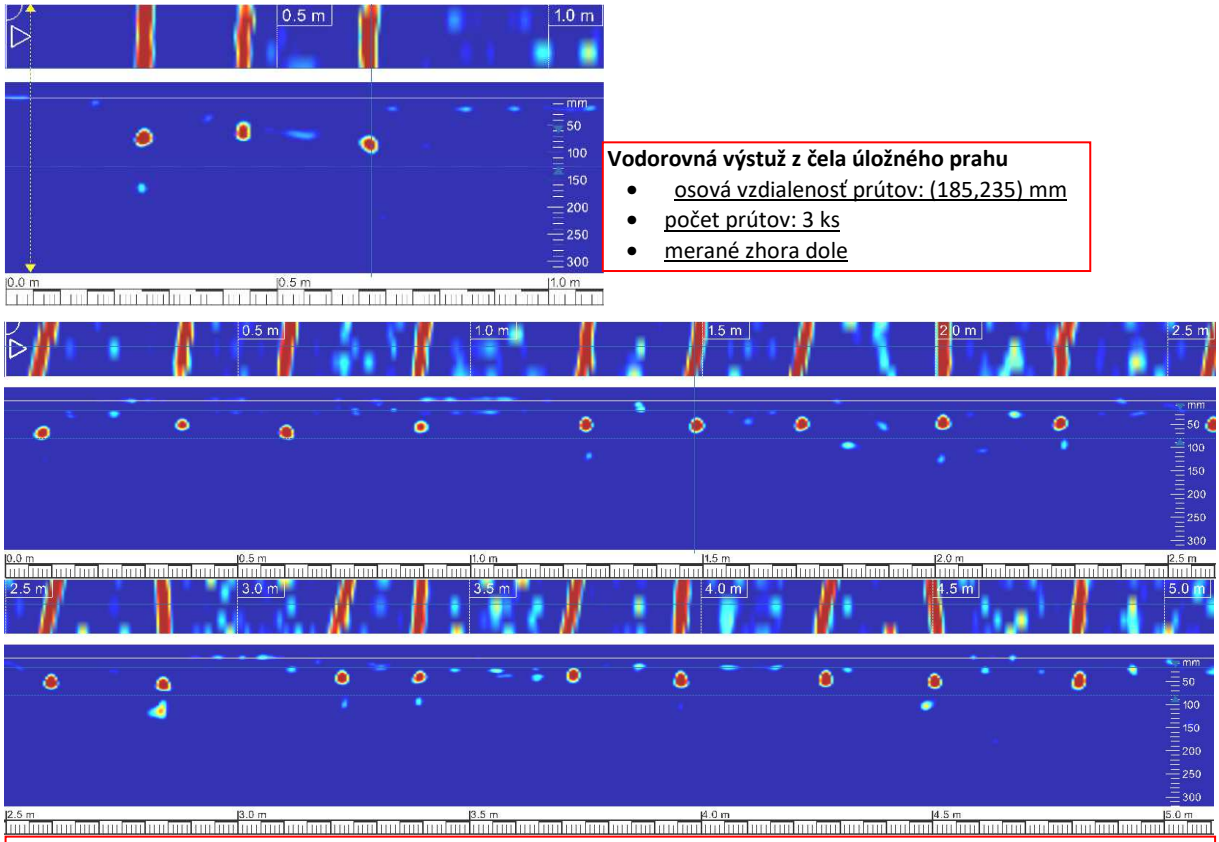
Poloha, stav, profily výstuže a hrúbka krycej betónovej vrstvy boli zisťované nedeštruktívnou i deštruktívnou metódou. Zistené parametre sú uvedené na obr. 13 až 19.



1) priemer výstuže = 14 mm
druh výstuže = ROXOR
krytie výstuže = 60 mm
2) priemer výstuže = 10 mm
druh výstuže = ROXOR
krytie výstuže = 40 mm



Obr. 13 Vystuženie úložného prahu z čela (opora Trnava)



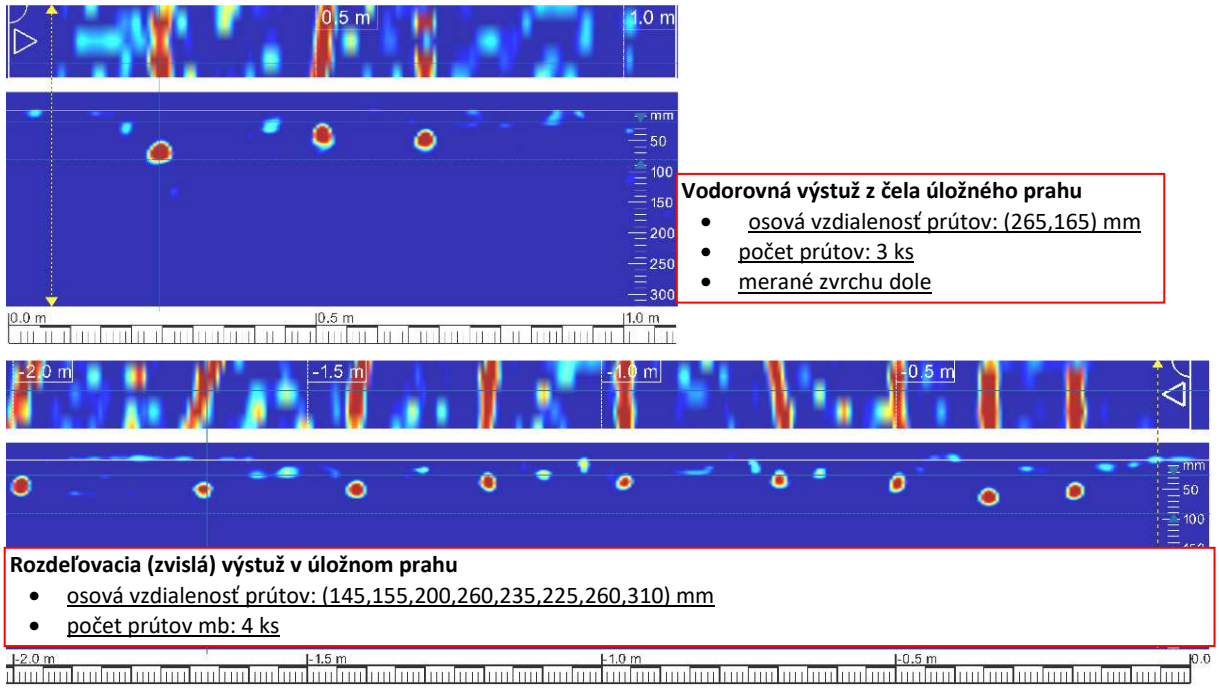
Vodorovná výstuž z čela úložného prahu

- osová vzdialenosť prútov: (185,235) mm
- počet prútov: 3 ks
- merané zhora dole

Rozdeľovacia (zvislá) výstuž v úložnom prahu

- osová vzdialenosť prútov: (300,225,290,355,240,225,300,250,325,245,385,165,330,230,315,235,315) mm
- počet prútov mb: 4 ks

Obr. 14 Vystuženie úložného prahu (opora Trnava)



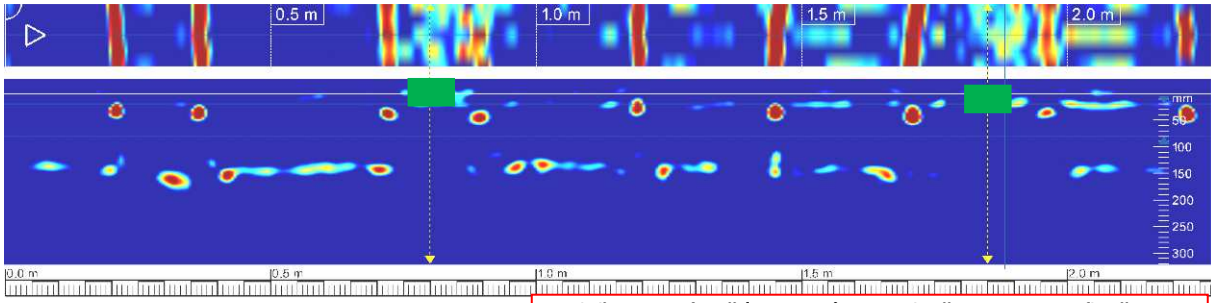
Vodorovná výstuž z čela úložného prahu

- osová vzdialenosť prútov: (265,165) mm
- počet prútov: 3 ks
- merané zvrchu dole

Rozdeľovacia (zvislá) výstuž v úložnom prahu

- osová vzdialenosť prútov: (145,155,200,260,235,225,260,310) mm
- počet prútov mb: 4 ks

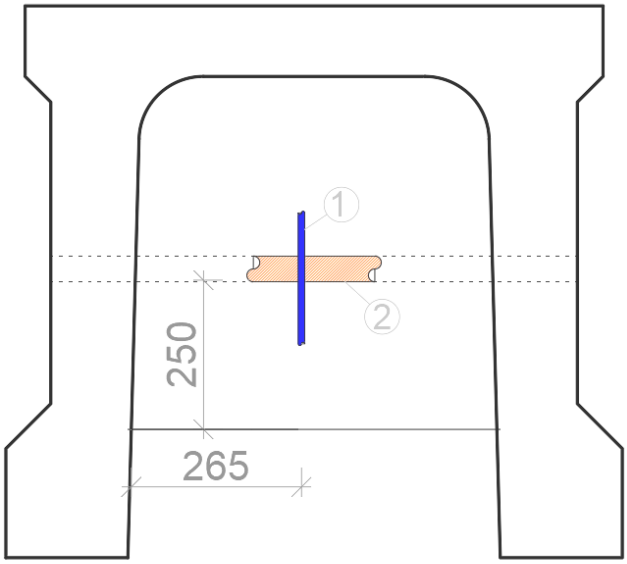
Obr. 15 Vystuženie úložného prahu (opora Cífer)



Rozdeľovacia výstuž (strmene) vo vonkajšej stene nosníka č.14
osová vzdialenosť prútov: (155,350 - - 300,255,260 - - 260) mm

- kotevná doska priečneho predpätia

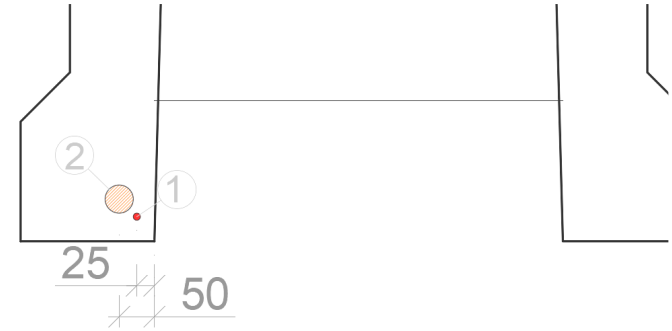
Obr. 16 Rozdeľovacia výstuž (strmene) vo vonkajšej stene nosníka č.14



1) priemer výstuže = 10 mm
druh výstuže = ROXOR
krytie výstuže = 35 mm
2) priečne predpätie



Obr. 17 Výstuž v priečniku nosníka č. 10

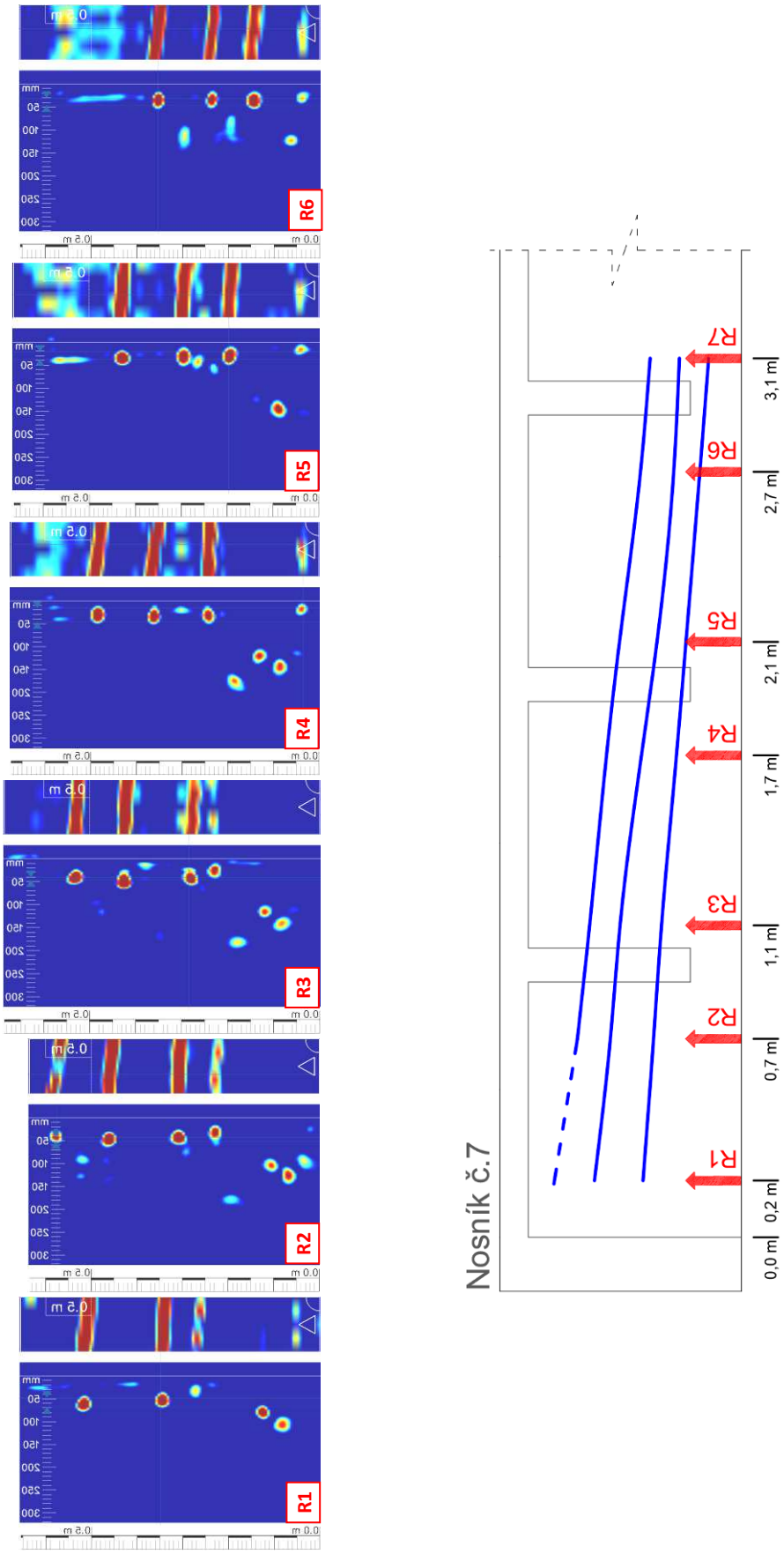


1) priemer výstuže = 10 mm
druh výstuže = ROXOR
krytie výstuže = 30 mm

2) pozdĺžne predpätie



Obr. 18 Výstuž v stene nosníka č. 7

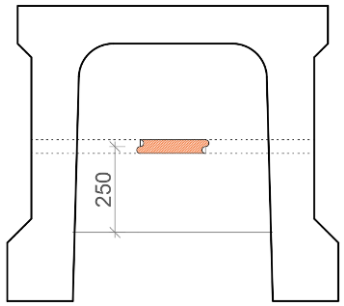


Obr. 19 Tvar predpínacích kanálikov v nosníku č.8, pri opore Trnava

2.6.5 Stav predpínacích kanálikov

Stav odkrytých predpínacích kanálikov je zdokumentovaný na nasledujúcich obrázkoch. Rozmiestnenie odkrytých predpínacích kanálikov je zobrazené na obr. 1.

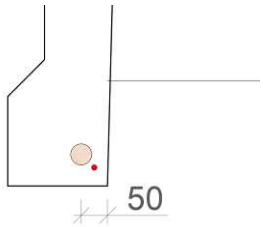




K1 - *priečne predpätie*

- *odkrytie v priečniku nosníka č.10 (šiesty priečnik od konca nosníka)*
- *počet odkrytých kanálikov predpínacej výstuže 1 ks;*
- *kanálik bez chráničky;*
- *krytie predpínacích drôtov 50 mm;*
- *predpínacie drôty **s povrchovou koróziou**, priemer drôtov 4,5 mm;*
- *kanálik **nevyplnený** injektážnou zmesou;*
- ***„voľné“** predpínacie drôty;*
- *osová vzdialenosť kanálika od spodnej hrany priečnika 250 mm;*
- *pri odkrytí nájdená priečna výstuž priečnika: priemer 10 mm, druh výstuže ROXOR, krytie 35 mm*

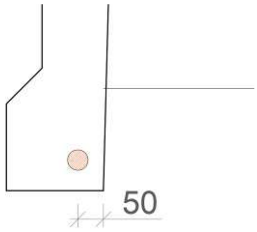




K2

- *odkrytie na spodnej strane steny nosníka číslo 7;*
- *počet odkrytých kanálikov predpínacej výstuže 1 ks;*
- *kanáliky s oceľovou chráničkou bez korózie;*
- *krytie chráničky 40 mm;*
- *predpínacie drôty bez korózie, priemer drôtov 4,5 mm;*
- *kanálik vyplnený injektážnou zmesou;*
- *osová vzdialenosť kanálika od hrany nosníka 50 mm;*
- *pri odkrytí nájdená pozdĺžna výstuž v stene nosníka: priemer 10 mm, druh výstuže ROXOR, krytie 30 mm*

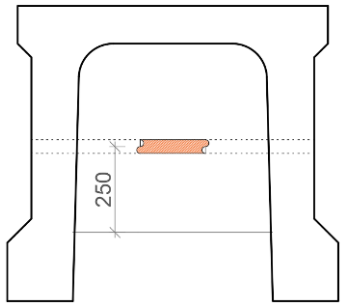




K3

- *odkrytie na spodnej strane steny nosníka číslo 4;*
- *počet odkrytých kanálikov predpínacej výstuže 1 ks;*
- *kanálik s oceľovou chráničkou bez korózie;*
- *krytie chráničky 40 mm;*
- *predpínacie drôty **s povrchovou koróziou**, priemer drôtov 4,5 mm;*
- *kanálik vyplnený injektážnou zmesou;*
- *osová vzdialenosť kanálika od hrany nosníka 50 mm*





K4 - *priečne predpätie*

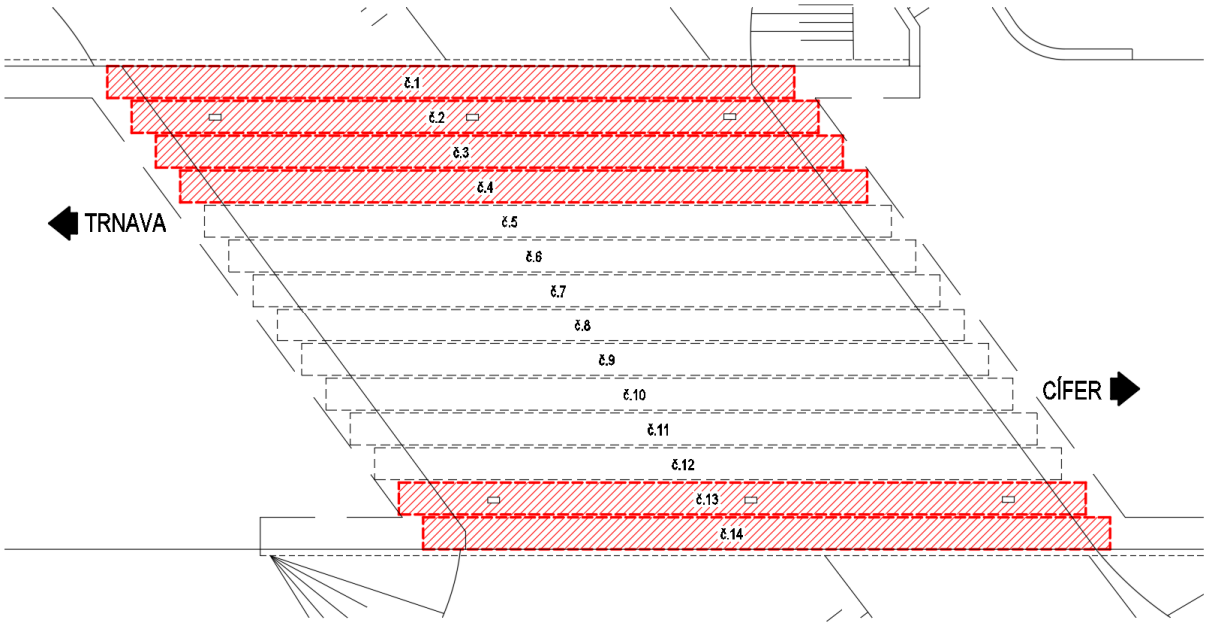
- *odkrytie v priečniku nosníka č.3 (šiesty priečnik od konca nosníka)*
- *počet odkrytých kanálikov predpínacej výstuže 1 ks;*
- *kanálik bez chráničky;*
- *krytie predpínacích drôtov 35 mm;*
- *predpínacie drôty bez korózie, priemer drôtov 4,5 mm;*
- *kanálik vyplnený injektážnou zmesou;*
- *osová vzdialenosť kanálika od spodnej hrany priečnika 250 mm;*
- *pri odkrytí nájdená priečna výstuž priečnika: priemer 10 mm, druh výstuže ROXOR, krytie 10 mm*



K5

- *odkrytie v stene nosníka č.1, približne 1,5 od konca nosníka;*
- *počet odkrytých kanálikov predpínacej výstuže 1 ks;*
- *kanálik s oceľovou chráničkou bez korózie;*
- *krytie chráničky 70 mm;*
- *predpínacie drôty bez korózie, priemer drôtov 4,5 mm;*
- *kanálik vyplnený injektážnou zmesou*

Na obr. 20 sú zobrazené nosníky s viditeľne poškodenou predpínacou výstužou. Na obr. 21 až 26 sú zobrazené poškodenia predpínacej výstuže v poškodených nosníkoch.



Obr. 20 Vyznačenie nosníkov s poškodenou predpínacou výstužou





Obr. 21 Poškodená (prehrdzavená) predpínacia výstuž v nosníku č 14



Obr. 22 Poškodená (prehrdzavená) predpínacia výstuž v nosníku č 13



Obr. 23 Poškodená predpínacia výstuž v nosníku č 4





Obr. 24 Poškodená predpínacia výstuž v nosníku č 2



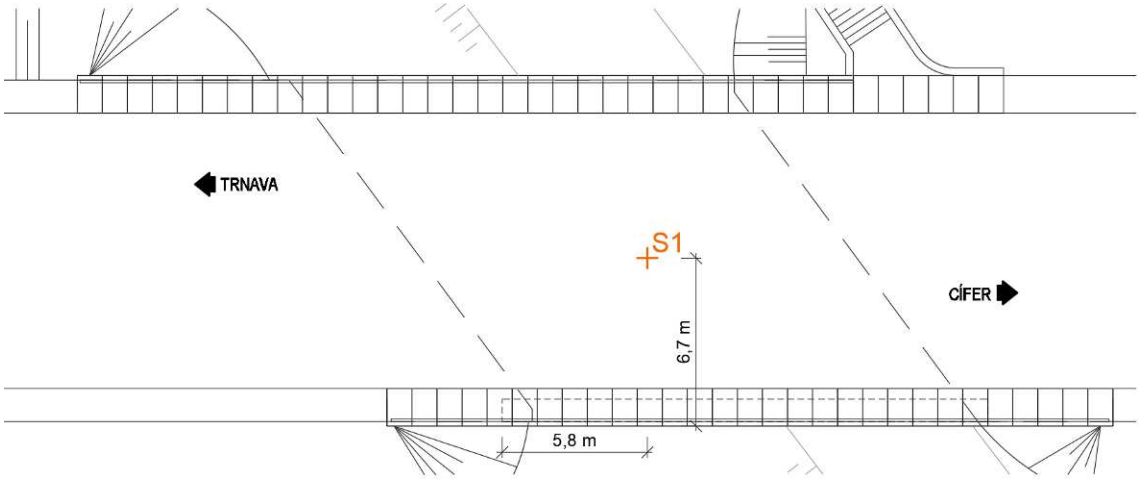
Obr. 25 Poškodená predpínacia výstuž v nosníku č 2



Obr. 26 Poškodená (prehrdzavená) predpínacia výstuž v nosníku č 1

2.6.6 Mostný zvršok

Pre zistenie skladby mostného zvršku bola realizovaná jedna sonda. Poloha realizácie sondy je znázornená na obr. 27. Sonda bola realizovaná až po betón nosnej konštrukcie. Zistené parametre sú zobrazené na obr. 28.



Obr. 27 Rozmiestnenie skúšobných miest – mostný zvršok



- **Asfaltové súvrstvie** **115 mm**
- **Ochrana izolácie (malta)** **15 mm**
- **Izolácia** **5 mm**
- **Vyrovnavací betón** **135 mm**
- **Nosník (Vloššák)**

Obr. 28 Sonda do vozovky S1

2.6.7 Podrobná prehliadka mosta

Na mostnom objekte bolo počas prehliadky identifikovaných niekoľko porúch, ktoré sú zdokumentované v prílohe: „fotodokumentácia z prehliadky“. Niektoré vybrané poruchy sú prezentované na obr. 29 až 39 spolu s číslom fotografie a zatriedením s hodnotením podľa TP 61 [20]. Schémy („mapy porúch“), na ktorých sú zakreslené zaznamenané poruchy na mostnom objekte, sú znázornené na obr. 40 až 43. V tab. 8 a 9 sú podrobne popísané jednotlivé zaznamenané poruchy na mostnom objekte s popisom ich polohy, čísla fotografie a zatriedenia s hodnotením podľa TP 61 [20].



Obr. 29 Fotka 353
(A 105)
Zablokovanie – zabránenie predpokladanému posunu konštrukcie mechanickým účinkom



Obr. 30 Fotka 370
(E a 903, E a 912, E a 901)
Strata únosnosti ložiska – vyčerpaná kapacita ložiska
Korózia oceľových častí
Znečistenie – znečistenie pevnými látkami rôzneho pôvodu



Obr. 31 Fotka 250
(C a 733, C a 723)
Korózia kotiev – výskyt korózie kotiev predpínacích jednotiek
Nedostatočne chránená kotva



Obr. 32 Fotka 269
(B c 303, B c 345)
Vlhké škvrny – mokré oblasti na povrchu konštrukcie od stekajúcej alebo prenikajúcej vody
Biologická degradácia betónu – pôsobenie mikroorganizmov, húb, plesní, machov a rias na povrchu betónu



Obr. 33 Fotka 333
(C a 303, C a 301, C a 312, C a 722, C a 731)
Vlhké škvrny – mokré oblasti na povrchu konštrukcie od stekajúcej alebo prenikajúcej vody
Výkvety – výluhy zo spojiva
Odlamovanie betónu – odpadávanie úlomkov betónu najčastejšie pozdĺž výstuže
Obnažená vopred predpínaná výstuž – bez ochrannej betónovej vrstvy
Korózia predpínacej výstuže



Obr. 34 Fotka 276
(G c 1105)
Poškodenie odvodňovacieho potrubia – korózia



Obr. 35 Fotka 378
(B f 315)
Rozpad betónu chodníka – ako dôsledok straty väznosti



Obr. 36 Fotka 381
(G a 1107)
Zanesenie odvodňovačov



Obr. 37 Fotka 392
(D a 817)
<u>Priečne poklesnutie vozovky</u> – výrazné ohraničené zníženie povrchu vozovky v priečnom smere rôznej šírky a hĺbky



Obr. 38 Fotka 396
(D d 817)
<u>Priečne poklesnutie chodníka</u>



Obr. 39 Fotka 397
(H a 1202)
<u>Korózia kovových časti</u> – výskyt povrchovej alebo hĺbkovej korózie po celej dĺžke zábradlia

Tab. 8 Poruchy na spodnej stavbe a nosnej konštrukcii

Číslo poruchy (fotky)	Umiestnenie	TP 061/2019		Popis poruchy
		Zatriedenie poruchy	Hodnotenie poruchy	
235,259,352,	*mostné krídlo*	*B f 321*	*IV*	*Povrchové sieťové trhliny – sústava jemných trhlín na povrchu betónu, tvoriacich sieť*
236,239,240,241, 250,251,255,356, 358,359,361,364, 369,	*nosná konštrukcia*	*C a 733* *C a 723*	*V* *V*	*Korózia kotiev – výskyt korózie kotiev predpínacích jednotiek* *Nedostatočne chránená kotva*
237	*úložný prah*	*B j 312*	*III*	*Odlamovanie betónu – odpadávanie úlomkov betónu najčastejšie pozdĺž výstuže*
254	*úložný prah*	*B j 315* *B j 303*	*IV* *IV*	*Rozpad betónu – ako dôsledok straty väznosti* *Vlhké škvrny – mokré oblasti na povrchu konštrukcie od stekajúcej alebo prenikajúcej vody*
237,254,354,370,	*ložiská*	*E a 912* *E a 901*	*V* *V*	*Korózia oceľových častí* *Znečistenie – znečistenie pevnými látkami rôzneho pôvodu*
370	*ložiská*	*E a 903*	*VI*	*Strata únosnosti ložiska – vyčerpaná kapacita ložiska*
238,240,241,242, 250,251,356,358, 359,360,364,	*nosná konštrukcia*	*C a 304* *C a 345*	*IV* *III*	*Záclony – výskyt stôp stekajúcej vody na povrchu konštrukcie, s možnou tvorbou nánosov* *Biologická degradácia betónu – pôsobenie mikroorganizmov, húb, plesní, machov a rias na povrchu betónu*
241	*nosná konštrukcia*	*C a 312* *C a 702* *C a 711*	*IV* *IV* *IV*	*Odlamovanie betónu – odpadávanie úlomkov betónu najčastejšie pozdĺž výstuže* *Obnažená betonárska vystuž – vložky betonárskej výstuže sú viditeľné na celú šírku profilu* *Korózia betonárskej výstuže – vložky betonárskej výstuže s korodujúcim povrchom*
243,	*nosná konštrukcia*	*C a 312*	*IV*	*Odlamovanie betónu – odpadávanie úlomkov betónu najčastejšie pozdĺž výstuže*
244,248,249,362, 363,	*rímsa*	*D e 315* *D e 313* *D e 345*	*III* *III* *III*	*Rozpad betónu – ako dôsledok straty väznosti* *Odlupovanie – odlupovanie cementovej malty z povrchu betónu a obnažovanie zŕn kameniva* *Biologická degradácia betónu – pôsobenie mikroorganizmov, húb, plesní, machov a rias na povrchu betónu*
245,246,247,273, 275,280,281,282, 284,295,296,297, 298,299,300,301, 302,303,304,310, 311,313,314,316, 317,318,319,320, 321,325,326,330, 331,332,333,334, 335,336,337,338, 343,349,	*nosná konštrukcia*	*C a 303* *C a 301* *C a 312* *C a 722* *C a 731*	*V* *V* *VI* ***VII*** ***VII***	*Vlhké škvrny – mokré oblasti na povrchu konštrukcie od stekajúcej alebo prenikajúcej vody* *Výkvety – výluhy zo spojiva* *Odlamovanie betónu – odpadávanie úlomkov betónu najčastejšie pozdĺž výstuže* *Obnažená vopred predpínaná výstuž – bez ochrannej betónovej vrstvy* *Korózia predpínacej výstuže*
326, 333	*nosná konštrukcia*	*C a 732*	***VII***	*Porušenie predpínacej výstuže – pretrhnutie predpínacej výstuze*
252,357,	*nosná konštrukcia*	*C a 315*	*III*	*Rozpad betónu nadbetonávky – ako dôsledok straty väznosti*
256,353,	*celkové pôsobenie*	*A 105*	*VI*	*Zablokovanie – zabránenie predpokladanému posunu konštrukcie mechanickým účinkom*
257,367,372,	*opora*	*B c 303* *B c 301* *B c 345* *B c 322*	*IV* *IV* *III* *IV*	*Vlhké škvrny – mokré oblasti na povrchu konštrukcie od stekajúcej alebo prenikajúcej vody* *Výkvety – výluhy zo spojiva* *Biologická degradácia betónu – pôsobenie mikroorganizmov, húb, plesní, machov a rias na povrchu betónu* *Sieť pozdĺžnych trhlín – trhliny prebiehajúce rovnobežne s pozdĺžnou osou konštrukcie*
258	*opora*	*B c 323*	*IV*	*Priečne trhliny – trhliny prebiehajúce kolmo na pozdĺžnu os sledovanej konštrukcie, dilatačná trhlina medzi oporou a krídlom*
261	*opora*	*B c 305*	*IV*	*Znečistenie - grafity*

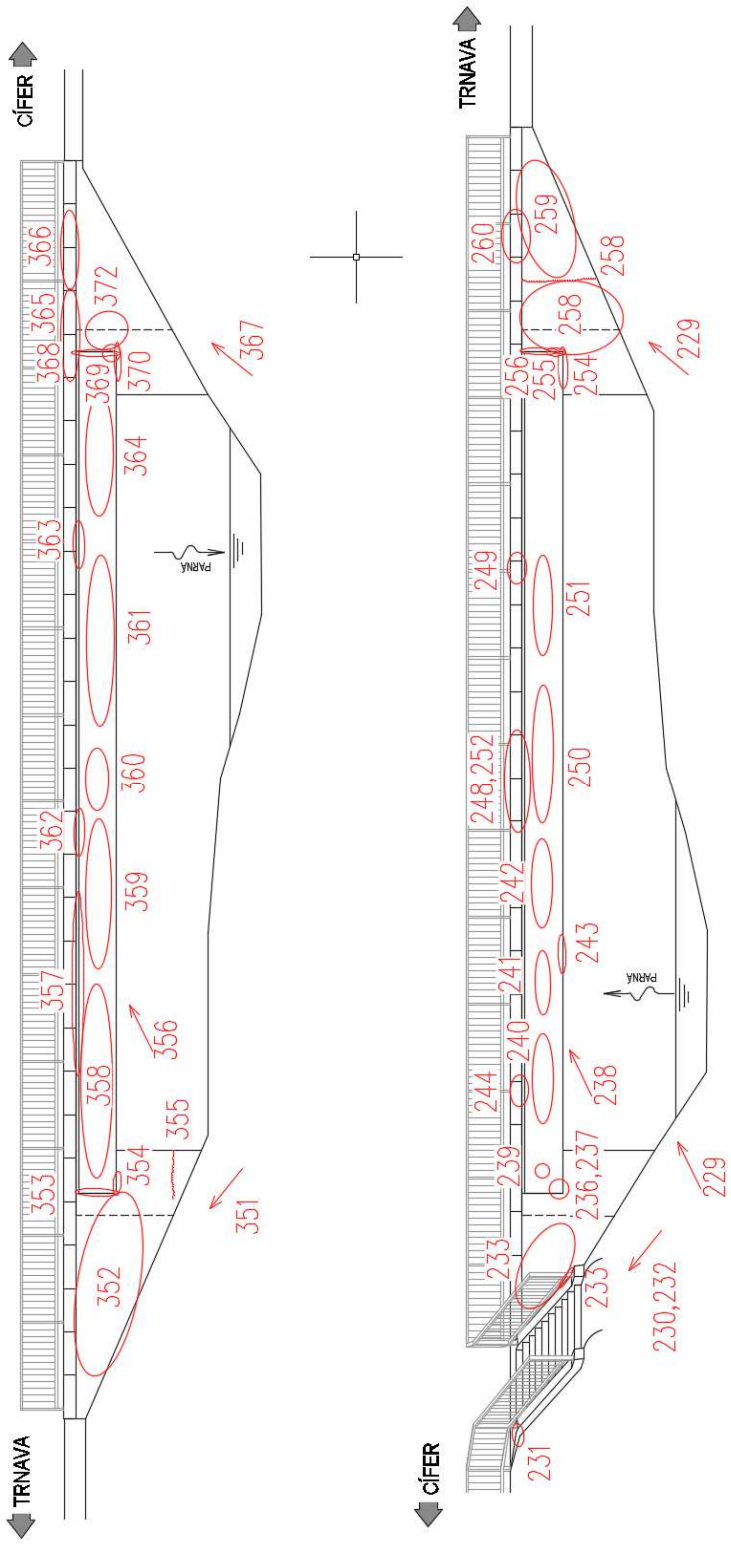
Číslo poruchy (fotky)	Umiestnenie	TP 061/2019		Popis poruchy
		Zatriedenie poruchy	Hodnotenie poruchy	
262,268,269,	*opora*	*B c 303* *B c 345*	*IV* *III*	*Vlhké škvrny – mokré oblasti na povrchu konštrukcie od stekajúcej alebo prenikajúcej vody* *Biologická degradácia betónu – pôsobenie mikroorganizmov, húb, plesní, machov a rias na povrchu betónu*
263,264	*opora*	*B c 323*	*IV*	*Priečne trhliny – trhliny prebiehajúce kolmo na pozdĺžnu os sledovanej konštrukcie, š=0,2mm (263), š=0,3mm (264)*
265	*opora*	*B c 303* *B c 313*	*IV* *III*	*Vlhké škvrny – mokré oblasti na povrchu konštrukcie od stekajúcej alebo prenikajúcej vody* *Odlupovanie – odlupovanie cementovej malty z povrchu betónu a obnažovanie zŕn kameniva*
266,355,	*opora*	*B c 322*	*IV*	*Sieť pozdĺžnych trhlín – trhliny prebiehajúce rovnobežne s pozdĺžnou osou konštrukcie*
270,271	*opora*	*B c 316*	*IV*	*Erózia betónu účinkom prúdiacej vody – porušenie betónu*
276,277,278,315, 341,342,	*odvodnenie mosta*	*G c 1105*	*IV*	*Poškodenie odvodňovacieho potrubia – korózia*
272,274,283,285, 286,287,288,289, 290,291,292,293, 294,329,344,345, 346,347,348,	*nosná konštrukcia*	*C a 301*	*IV*	*Výkvety – výluhy zo spojiva*
279,305,306,312, 322,323,324,327, 339,340,	*nosná konštrukcia*	*C a 312*	*IV*	*Odlamovanie betónu – odpadávanie úlomkov betónu najčastejšie pozdĺž výstuže*
307,308,309	*nosná konštrukcia*	*C f 315* *C f 303* *C f 702* *C f 711*	*IV* *IV* *IV* *IV*	*Rozpad betónu – ako dôsledok straty väznosti* *Vlhké škvrny – mokré oblasti na povrchu konštrukcie od stekajúcej alebo prenikajúcej vody* *Obnažená betonárska vystuž – vložky betonárskej výstuže sú viditeľné na celú šírku profilu* *Korózia betonárskej výstuže – vložky betonárskej výstuže s korodujúcim povrchom*
328	*nosná konštrukcia*	*C a 315*	*IV*	*Nevyspravený povrch betónu po kontrole predpínacej výstuže*
368	*úložný prah*	*B j 901*	*V*	*Znečistenie sutinou*

Tab. 9 Poruchy na mostnom zvršku a v okolí mosta

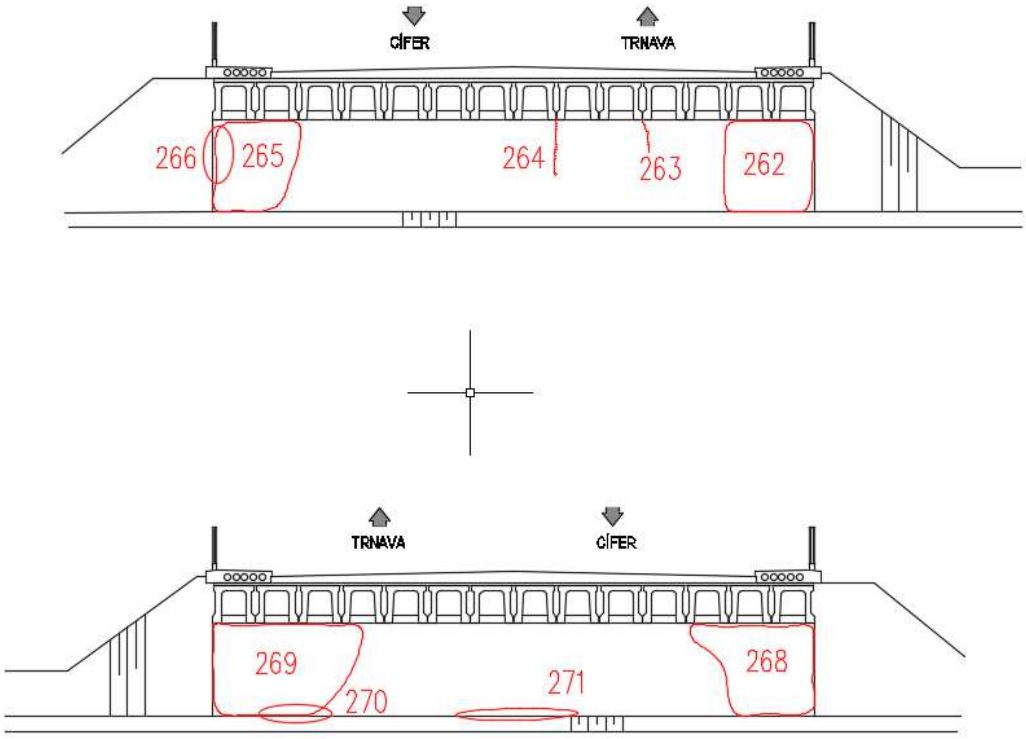
Číslo poruchy (fotky)	Umiestnenie	TP 061/2019		Popis poruchy
		Zatriedenie poruchy	Hodnotenie poruchy	
231	*chodník*	*D d 811*	*IV*	*Prelomenie rampy ku schodom*
232	*okolie mosta*	*J 1321*	*III*	*Znečistenie okolia mosta - lístie*
233	*ostatné vybavenie mosta*	*H 313*	*IV*	*Odlupovanie cementovej malty z povrchu betónu na schodiskovej rampe*
260,365,366, 402,	*rímsa*	*D e 822* *D d 822*	*III* *III*	*Poškodený obrubník, chodník, rímsa - posunutý*
373,374	*ostatné vybavenie mosta*	*H 1209*	*III*	*Chýbajúce označenie mostného objektu*
375,400,	*vozovka*	*D a 853*	*IV*	*Znečistenie vozovky – povrch vozovky pokrytý nečistotami*
376,378,382, 403,	*chodník*	*D d 315*	*IV*	*Rozpad betónu chodníka – ako dôsledok straty väznosti*
377,379,381, 405,406,408,	*odvodňovače*	*G a 1107*	*V*	*Zanesenie odvodňovačov*
380,404,407,	*chodník*	*D d 313*	*III*	*Odlupovanie – odlupovanie cementovej malty z povrchu betónu chodníka a obnažovanie zŕn kameniva*
383,397,	*zábradlie*	*H a 1202*	*IV*	*Korózia kovových časti – výskyt povrchovej alebo hĺbkovej korózie po celej dĺžke zábradlia*
384,389,395,	*mostné závery*	*F c 818*	*III*	*Trhliny nad podpovrchovým MZ – trhliny na vozovky v oblasti podpovrchovým MZ*

385,386,390, 392,401,	*vozovka*	*D a 817*	*IV*	*Priečne poklesnutie vozovky – výrazné ohraničené zníženie povrchu vozovky v priečnom smere rôznej šírky a hĺbky*
387,393	*vozovka*	*D a 810*	*IV*	*Zvlnenie povrchu vozovky – pozdĺžne koľaje*
388	*vozovka*	*D a 807*	*IV*	*Výtlk vo vozovke*
391	*Vozovka*	*D a 806*	*IV*	*Rozpad asfaltovej zálievky nad poklopom*
396	*chodník*	*D d 817*	*IV*	*Priečne poklesnutie chodníka*

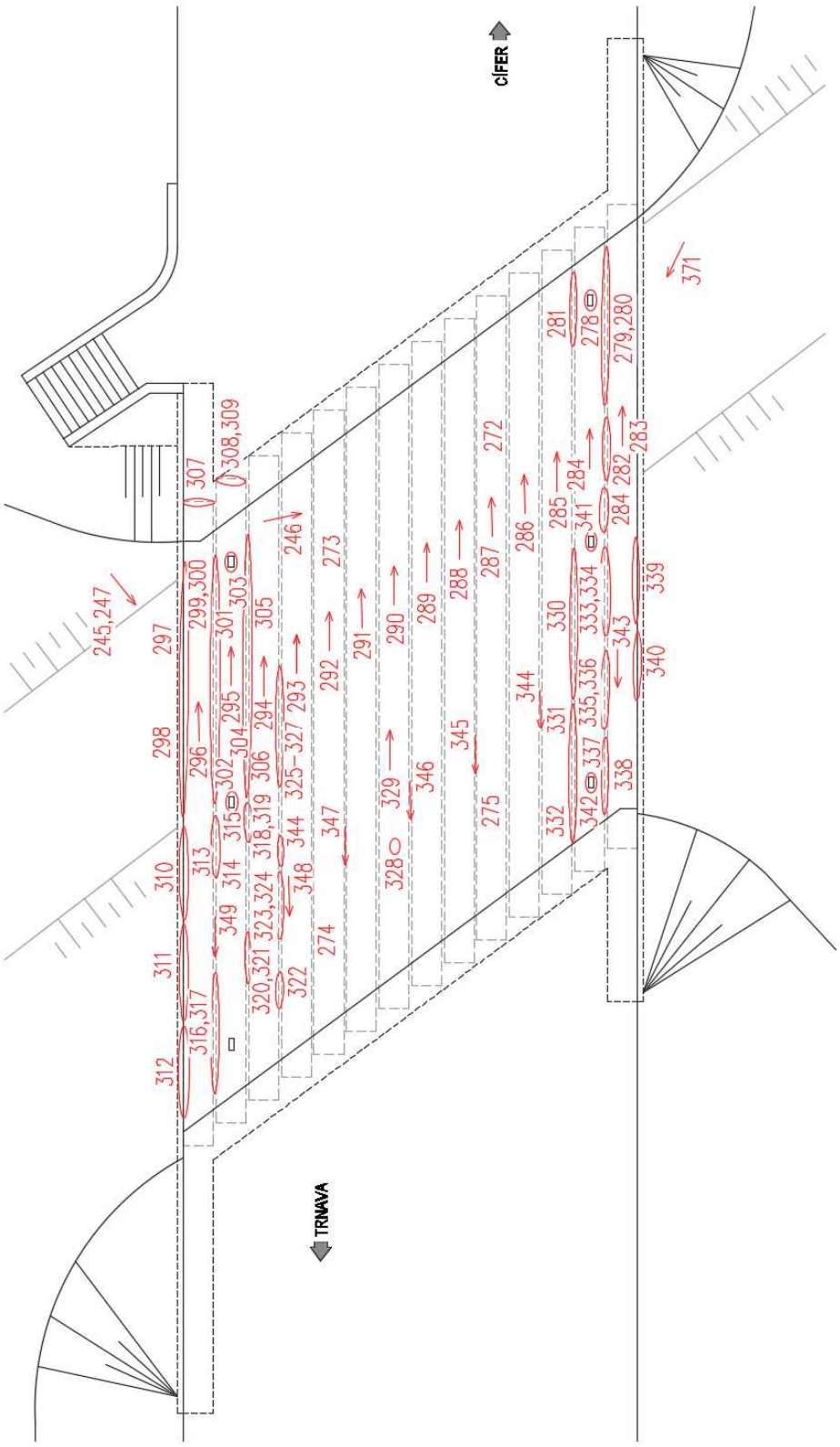
Ďalšie fotografie, ktoré nie sú uvedené v tabuľkách a nachádzajú sa medzi fotografiami z prehliadky nedokumentujú poruchy ale stav mosta a jeho okolia.



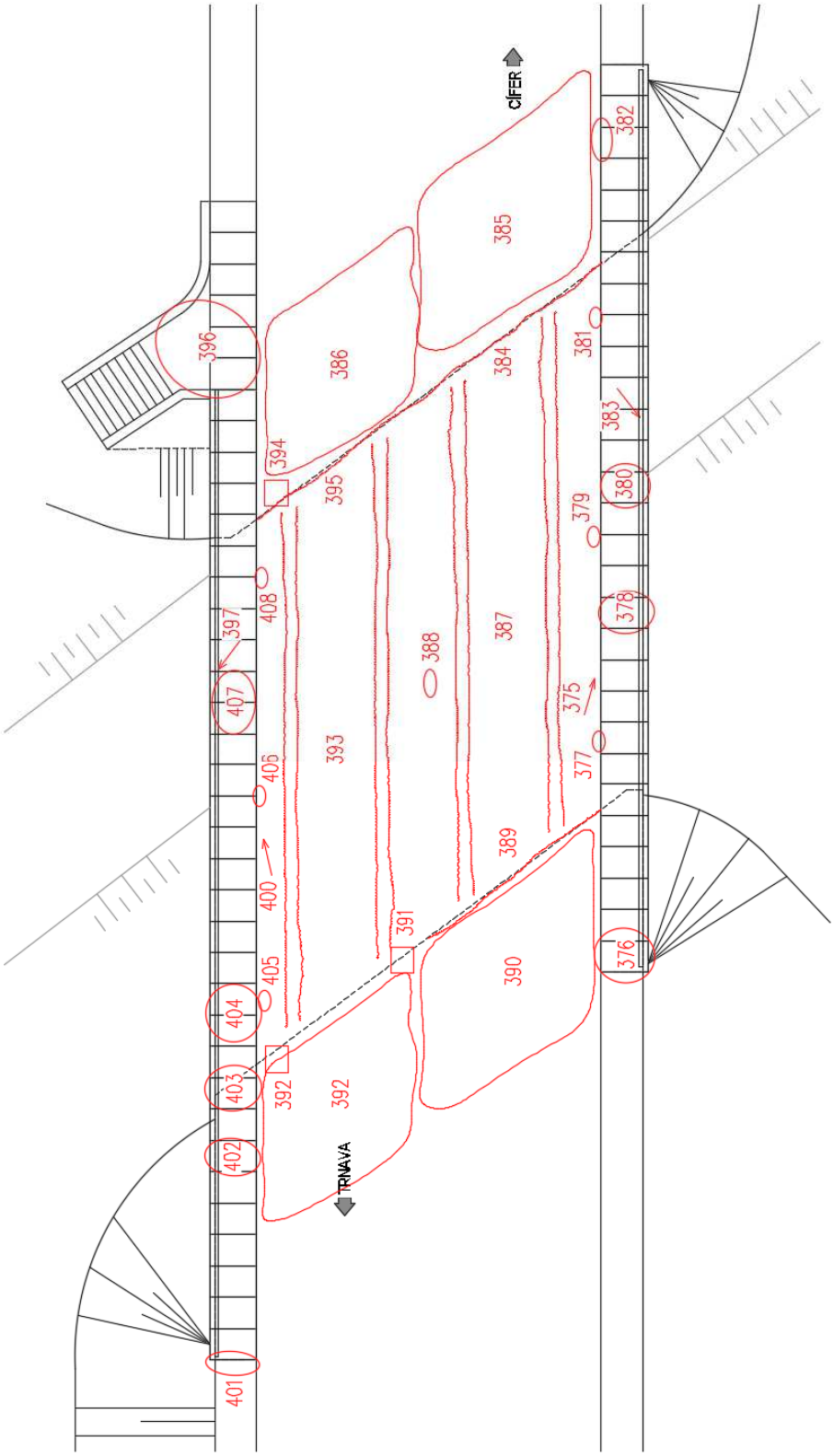
Obr. 40 Schéma porúch na mostnom objekte (pohľady)



Obr. 41 Schéma porúch na mostnom objekte (opory)



Obr. 42 Schéma porúch na mostnom objekte (nosná konštrukcia)



Obr. 43 Schéma porúch na mostnom objekte (mostný zvršok)

3 Určenie stavebno-technického stavu mosta

Stavebno-technický stav bol určený na základe vyhodnotenia porúch mostného objektu a ich závažnosti. Jednotlivé poruchy sú bližšie popísané v tabuľkách č. 8 a 9, kde ku každej poruche je uvedené číslo skupiny porúch podľa zoznamu porúch z TP 061 [20], jej názov a hodnotiaci stupeň.

Výsledné hodnotenie stavebno-technického stavu mosta zodpovedá najvyššiemu hodnoteniu zo všetkých hodnotení porúch. Sumarizácia jednotlivých stupňov je nasledovná:

A. Celkové pôsobenie	
Celkové hodnotenie za časť A	*VI*
B. Spodná stavba	
Celkové hodnotenie za časť B	*V*
C. Nosná konštrukcia	
Celkové hodnotenie za časť C	*VII*
D. Mostný zvršok	
Celkové hodnotenie za časť D	*IV*
E. Ložiská kĺby a iné uloženie	
Celkové hodnotenie za časť E	*VI*
F. Mostné závery	
Nebolo hodnotené	**-**
G. Odvodnenie mosta	
Celkové hodnotenie za časť G	*V*
H. Ostatné príslušenstvo mosta	
Celkové hodnotenie za časť H	*IV*
J. Okolie mosta	
Celkové hodnotenie za časť J	*III*
I. Cudzie zariadenie	
Nebolo hodnotené	**-**

Na základe podrobnej diagnostickej prehliadky mostnej konštrukcie možno stavebno-technický stav mostného objektu označiť stupňom:

VII - havarijný

Výsledné hodnotenie stavebnotechnického stavu mostného objektu zodpovedá najvyššiemu hodnoteniu zo všetkých hodnotení porúch.

Klasifikačný stupeň mostného objektu ako celku možno označiť stupňom **VII – havarijný,** čo podľa TP 60 [21] znamená, že na moste sa vyskytujú poruchy ovplyvňujúce okamžitú zaťažiteľnosť a prevádzkyschopnosť mosta. Rozhodujúce poruchy sú odstrániteľné iba výmenou poškodených častí konštrukcie. Odstránenie porúch si bude vyžadovať náročné a pomerne veľké zásahy do konštrukcie. Prognóza vývoja porúch je nepriaznivá a predpokladá sa postupná rýchla degradácia materiálov poškodených konštrukcií.

4 Statické posúdenie

4.1 Metodika statického prepočtu

Pre potreby statického prepočtu bolo najskôr nutné stanoviť mechanické vlastnosti materiálov nosnej konštrukcie, zistiť rozmery jednotlivých nosných prvkov a ich súčasný stavebno – technický stav. Na získanie týchto potrebných vstupných informácií slúžili diagnostika mostného objektu (viď. kap. 2), podrobná obhliadka mostného objektu a mostný list.

Po analýze vstupných údajov o mostnom objekte sa pristúpilo k modelovaniu mostného objektu v prostredí výpočtového programu SCIA Engineer v.16 za účelom zistenia odozvy konštrukcie na jednotlivé druhy zaťaženia, tým získaniu podkladu pre statický prepočet. Posledným vstupom pre určenie zaťažiteľnosti bolo určenie únosnosti nosnej konštrukcie.

Nosná konštrukcia je tvorená prefabrikovanými nosníkmi typu „Vloššák“, ktorých únosnosť v závislosti od rozpätia je uvedená v technickom predpise (TP 006). Pri prepočte zaťažiteľnosti bol zohľadnený ich súčasný stavebno – technický stav.

4.2 Analýza konštrukcie

Mostný objekt M5221, ev. č. 61-020 je 1-poľový most z predpätých prefabrikátov. Zo statického hľadiska sa jedná v pozdĺžnom smere o staticky určitú konštrukciu - jednoduchý nosník. Nosná konštrukcia je tvorená v priečnom reze celkovo 14 predpätými nosníkmi typu „Vloššák“. Dĺžka nosníkov je 19,4 m, výška 0,85 m. Svetlosť mosta je 17,8 m šikmo. V pozdĺžnom smere je nosná konštrukcia predpätá. Nosníky sú v priečnom smere prepojené vnútornými priečnikmi, ktoré sú priečne predpäté predpínacími káblami v každom priečniku. Nosná konštrukcia je uložená na oceľových ložiskách. Na hornej ploche NK je realizovaná vrstva vyrovnávajúceho betónu s izoláciou a vrstva vozovky s premenlivou hrúbkou. Spodná stavba pozostáva z dvoch betónových gravitačných opôr.



Obr. 44 Pohľad na mostný objekt



Obr. 45 Pohľad na oporu č. 1

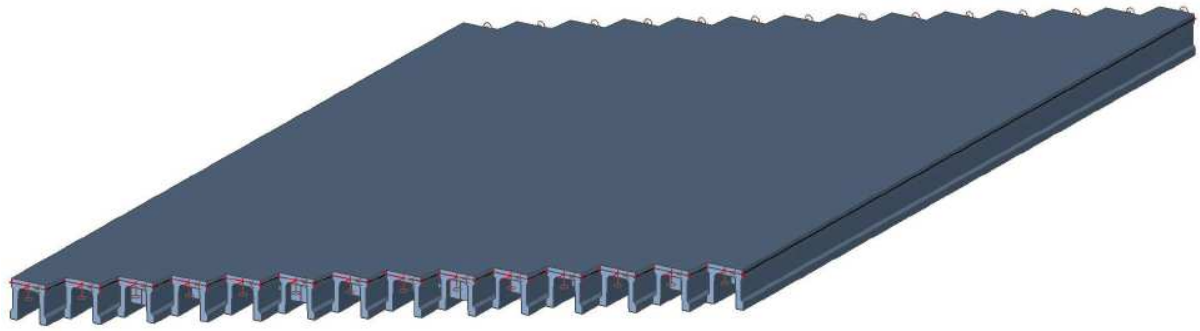


Obr. 46 Pohľad na oporu č. 2 a nosnú konštrukciu

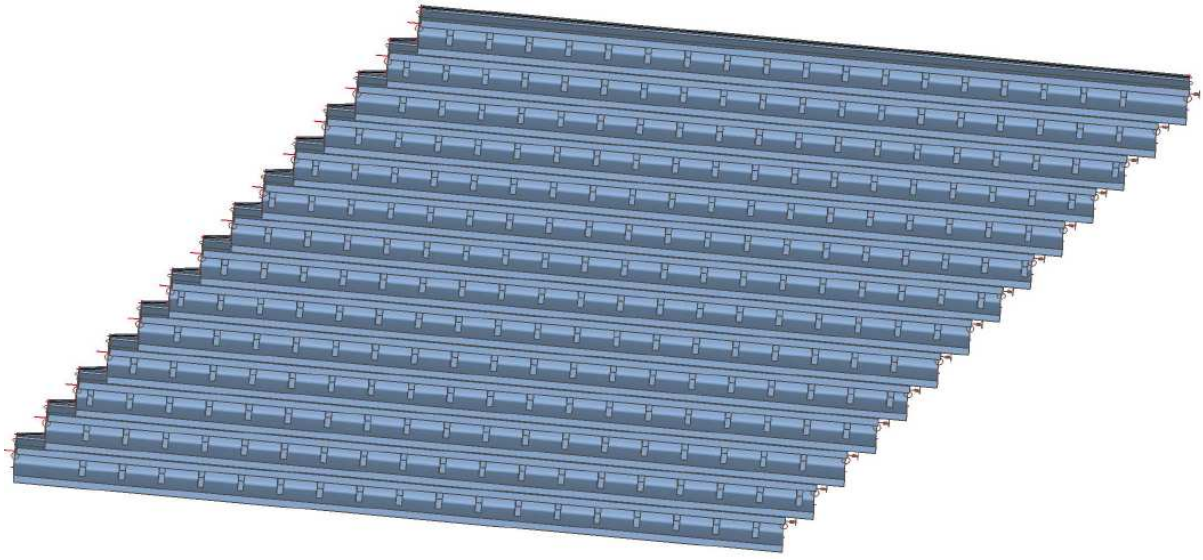
4.3 Výpočtový model

Na vystihnutie priestorového správania sa konštrukcie bol vytvorený v prostredí výpočtového programu SCIA Engineer celkový dosko – prútový model jedného poľa. Keďže sa jedná o symetrickú statickú schému bol tento model postačujúci. Tento model slúži na určenie rozhodujúcich hodnôt vnútorných síl pre určenie zaťažiteľnosti jednotlivých limitujúcich prierezov danej nosnej konštrukcie. Konštrukcia sa skladá z 14 prútových prvkov – predpätých nosníkov Vloššák dĺžky 19,4 m. Pre roznos zaťaženia bola na nosníkoch vymodelovaná tenká železobetónová doska s nulovou objemovou tiažou.

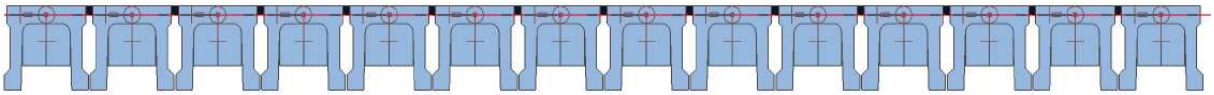
Vo výpočtovom modeli boli modelované zaťaženia podľa **TP 104 – Zaťažiteľnosť cestných mostov a lávok**. Keďže sa jedná o prosté pole nebolo nutné zriadenie vplyvových plôch (rozhoduje prierez v strede rozpätia).



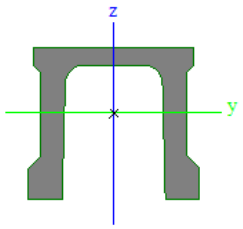
Obr. 47 Pohľad na nosnú konštrukciu zhora vo výpočtovom modeli

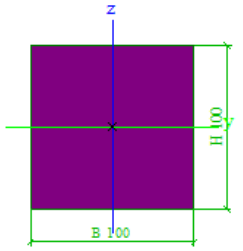


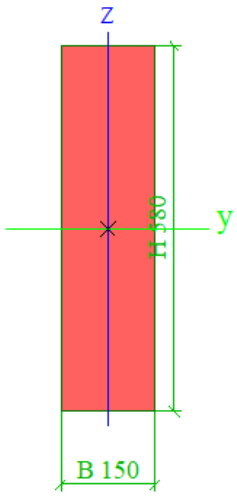
Obr. 48 Pohľad na nosnú konštrukciu zospodu vo výpočtovom modeli



Obr. 49 Pohľad na nosnú konštrukciu spredu vo výpočtovom modeli

VLOŠŠÁK		
Typ	Všeobecný prierez	
Typ tvaru	Tenkostenný	
Materiálová položka	C40/50(EN1992-2)	
Výroba	všeobecný	
Farba		
A [m²]	3,1941e-01	
A_y [m²], A_z [m²]	9,7805e-02	2,0915e-01
A_L [m²/m], A_D [m²/m]	5,0306e+00	5,0306e+00
$c_{Y,UCS}$ [mm], $c_{Z,UCS}$ [mm]	0	58
\alfa [deg]	0,00	
I_y [m⁴], I_z [m⁴]	2,4720e-02	3,5732e-02
i_y [mm], i_z [mm]	278	334
$W_{el,y}$ [m³], $W_{el,z}$ [m³]	5,1225e-02	7,4442e-02
$W_{pl,y}$ [m³], $W_{pl,z}$ [m³]	0,0000e+00	0,0000e+00
$M_{pl,y,+}$ [Nm], $M_{pl,y,-}$ [Nm]	0,00e+00	0,00e+00
$M_{pl,z,+}$ [Nm], $M_{pl,z,-}$ [Nm]	0,00e+00	0,00e+00
d_y [mm], d_z [mm]	0	0
I_t [m⁴], I_w [m⁶]	5,9888e-03	0,0000e+00
β_y [mm], β_z [mm]	-165	0
Obrázok		

Pomocný		
Typ	Obdĺžnik	
Detailný	100; 100	
Typ tvaru	Hrubostenný	
Materiálová položka	C25/30 POMOCNA	
Výroba	všeobecný	
Farba		
A [m²]	1,0000e-02	
A_y [m²], A_z [m²]	8,3333e-03	8,3333e-03
A_L [m²/m], A_D [m²/m]	4,0000e-01	4,0000e-01
$c_{Y,UCS}$ [mm], $c_{Z,UCS}$ [mm]	50	50
\alfa [deg]	0,00	
I_y [m⁴], I_z [m⁴]	8,3333e-06	8,3333e-06
i_y [mm], i_z [mm]	29	29
$W_{el,y}$ [m³], $W_{el,z}$ [m³]	1,6667e-04	1,6667e-04
$W_{pl,y}$ [m³], $W_{pl,z}$ [m³]	0,0000e+00	0,0000e+00
$M_{pl,y,+}$ [Nm], $M_{pl,y,-}$ [Nm]	0,00e+00	0,00e+00
$M_{pl,z,+}$ [Nm], $M_{pl,z,-}$ [Nm]	0,00e+00	0,00e+00
d_y [mm], d_z [mm]	0	0
I_t [m⁴], I_w [m⁶]	1,4073e-05	0,0000e+00
β_y [mm], β_z [mm]	0	0
Obrázok		

Rebro nosníka v poli		
Typ	Obdĺžnik	
Detailný	580; 150	
Typ tvaru	Hrubostenný	
Materiálová položka	C40/50(EN1992-2)	
Výroba	všeobecný	
Farba		
A [m²]	8,7000e-02	
A_y [m²], A_z [m²]	7,2500e-02	7,2500e-02
A_L [m²/m], A_D [m²/m]	1,4600e+00	1,4600e+00
$c_{Y,UCS}$ [mm], $c_{Z,UCS}$ [mm]	75	290
\alfa [deg]	0,00	
I_y [m⁴], I_z [m⁴]	2,4389e-03	1,6313e-04
i_y [mm], i_z [mm]	167	43
$W_{el,y}$ [m³], $W_{el,z}$ [m³]	8,4100e-03	2,1750e-03
$W_{pl,y}$ [m³], $W_{pl,z}$ [m³]	0,0000e+00	0,0000e+00
$M_{pl,y,+}$ [Nm], $M_{pl,y,-}$ [Nm]	0,00e+00	0,00e+00
$M_{pl,z,+}$ [Nm], $M_{pl,z,-}$ [Nm]	0,00e+00	0,00e+00
d_y [mm], d_z [mm]	0	0
I_t [m⁴], I_w [m⁶]	5,4619e-04	0,0000e+00
β_y [mm], β_z [mm]	0	0
Obrázok		

Vysvetlivky symbolov	
A	Plocha
A_y	Šmyk. plocha v hlavnom smere y
A_z	Šmyk. plocha v hlavnom smere z
A_L	Obvod na jednotku dĺžky
A_D	Vysychajúci obvod na jednotku dĺžky
$c_{Y.UCS}$	Súradnica ťažiska v smere Y zadaného osového systému
$c_{Z.UCS}$	Súradnica ťažiska v smere Z zadaného osového systému
$I_{Y.LCS}$	Moment zotrvačnosti k osi YLSS
$I_{Z.LCS}$	Moment zotrvačnosti k osi ZLSS
$I_{YZ.LCS}$	Deviačný moment plochy v systéme LSS
\alfa	Uhlové pootočenie hlavného osového
d_z	Súradnica stredu šmyku v hlavnom smere z meraná od ťažiska - Nevypočítané ale zjednodušené
I_t	Konštanta krútenia - Nevypočítané ale zjednodušené
I_w	Konštanta deplanácie - Nevypočítané ale zjednodušené
β_y	Konštanta monosymetrie k hlavnej osi y
β_z	Konštanta monosymetrie k hlavnej osi z

Vysvetlivky symbolov	
	systému
I_y	Moment zotrvačnosti k hlavnej osi y
I_z	Moment zotrvačnosti k hlavnej osi z
i_y	Polomer zotrvačnosti k hlavnej osi y
i_z	Polomer zotrvačnosti k hlavnej osi z
$W_{el.y}$	Pružný prierezový modul k hlavnej osi y
$W_{el.z}$	Pružný prierezový modul k hlavnej osi z
$W_{pl.y}$	Plastický prierezový modul k hlavnej osi y
$W_{pl.z}$	Plastický prierezový modul k hlavnej osi z
$M_{pl.y.+}$	Plastický moment k hlavnej osi y pre kladný moment My
$M_{pl.y.-}$	Plastický moment k hlavnej osi y pre záporný moment My
$M_{pl.z.+}$	Plastický moment k hlavnej osi z pre kladný moment Mz
$M_{pl.z.-}$	Plastický moment k hlavnej osi z pre záporný moment Mz
d_y	Súradnica stredu šmyku v hlavnom smere y meraná od ťažiska - Nevypočítané ale zjednodušené

Tab. 10 Materiály použité vo výpočtovom modeli

Betón EN 1992-2

Názov	Typ	Merná hmotnosť [kg/m³]	E modul [MPa]	Poisson - nu	G modul [MPa]	Tepel. rozťažnosť [m/mK]	Farba
C40/50(EN1992-2)	Betón	2500,0	3,5200e+04	0.2	1,4667e+04	0,00	
C25/30 POMOCNA	Betón	0,0	5,0000e+03	0.2	2,0833e+03	0,00	

4.4 Výpočet zaťaženia

Stále zaťaženie - Vlastná tiaž nosnej konštrukcie (G_0)

Je vygenerovaná výpočtovým programom. Program počíta pri použití betónu s objemovou tiažou betónu 26,0 kN/m^3 .

Stále zaťaženie - Nemodelované súčasti konštrukcie (G_{11})

►Predpoklady výpočtu: Zaťaženie tiažou vozovky a dalších vodorovných konštrukcií uvažujem ako plošné rovnomerné vždy s intenzitou vyplývajúcou z priemernej hrúbky daného prvku. V prípade existujúcich ríms je celá konštrukcia rímsy uvažovaná z betónu.

Výpočet hodnoty spojitých plošných zaťaženi:
Objemové tieže jednotlivých materiálov:

- betón $\gamma_b := 26\ kN \cdot m^{-3}$
- vozovka $\gamma_{voz} := 24\ kN \cdot m^{-3}$

Dimenzie jednotlivých prvkov konštrukcie:

►**Hrúbka:** Vozovka $h_{voz.1} := 270\ mm$
$h_{voz.2} := 150\ mm$
Vyrovnávajúci betón $h_{vyr.b} := 70\ mm$

►**Zaťažovacia šírka:** Vozovka $b_{voz} := 11\ m$
ŽB. rímsy $b_{rím.L} := 1.5\ m$
$b_{rím.P} := 1.5\ m$
Vyrovnávajúci betón $b_{vyr.b} := 13.64\ m$

►**Roznášacia šírka zaťaženia:** Vozovka $s_{voz} := 11\ m$
Vyrovn. betón $s_{vyr.b} := 13.64\ m$
ŽB. rímsy $s_{rím.L} := 1.28\ m$
$s_{rím.P} := 1.28\ m$
Plocha rímsy $A_{rímsa.L} := 0.3\ m^2$
$A_{rímsa.P} := 0.3\ m^2$

Hodnoty plošných zaťažení:

$$g_{voz.1} := \frac{h_{voz.1} \cdot b_{voz} \cdot \gamma_{voz}}{s_{voz}} = 6.48\ kN \cdot m^{-2}$$

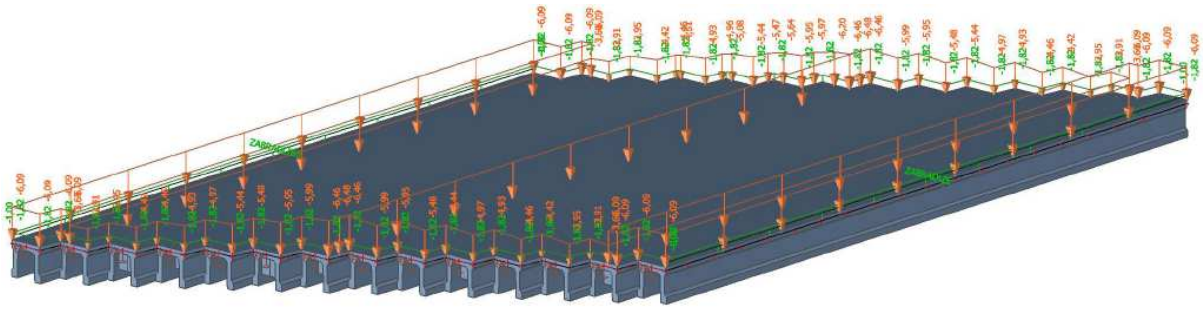
$$g_{voz.2} := \frac{h_{voz.2} \cdot b_{voz} \cdot \gamma_{voz}}{s_{voz}} = 3.6\ kN \cdot m^{-2}$$

$$g_{rím.L} := \frac{A_{rímsa.L} \cdot \gamma_b}{s_{rím.L}} = 6.094\ kN \cdot m^{-2}$$

$$g_{rím.P} := \frac{A_{rímsa.P} \cdot \gamma_b}{s_{rím.P}} = 6.094\ kN \cdot m^{-2}$$

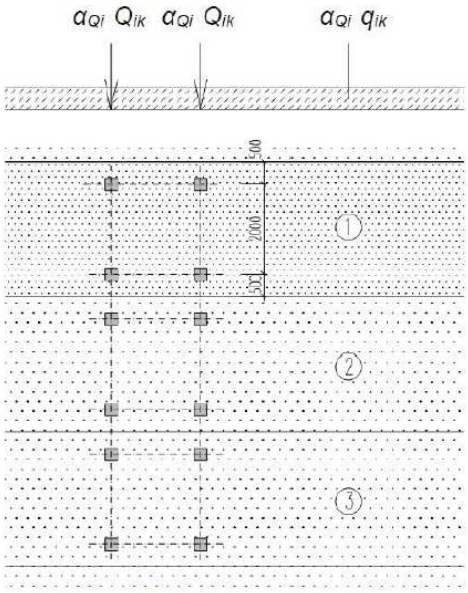
$$g_{vyr.b} := \frac{h_{vyr.b} \cdot b_{vyr.b} \cdot \gamma_b}{s_{vyr.b}} = 1.82\ kN \cdot m^{-2}$$

Zábradlie: $g_z := 1.0\ kN \cdot m^{-1}$



Obr. 50 Rozmiestnenie zložiek stáleho zaťaženia na moste (rímsy, vozovka, vyrovn. betón, zábradlie,)

Zaťažovací model 1 ZM1 (LM1) :



...STN EN 1991-2, str. 33 obr 4.2a

Na moste bude aplikovaný zaťažovací pruh 1, 2 a 3 s príslušným plošným zaťažením.

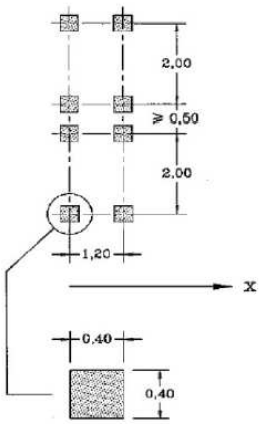
Pruh č. 1 bude zaťažený plošným zaťažením 9,0kN $kN \cdot m^2$ a ostatná časť bude zaťažená plošným zaťažením 2,5 $kN \cdot m^2$

Sily na jednu nápravu od LM1 podľa zaťažovacích pruhov:

$Q_{1k} := 300\ kN$ $\alpha_{Q1} := 0.9$

$Q_{2k} := 200\ kN$ $\alpha_{Q2} := 0.9$

$Q_{3k} := 100\ kN$ $\alpha_{Q3} := 0.9$



...STN EN 1991-2, str. 34 obr 4.2b

Plošné zaťaženia podľa zaťažovacích pruhov:

$q_{1k} := 9\ kN \cdot m^{-2}$ $\alpha_{q1} := 0.9$

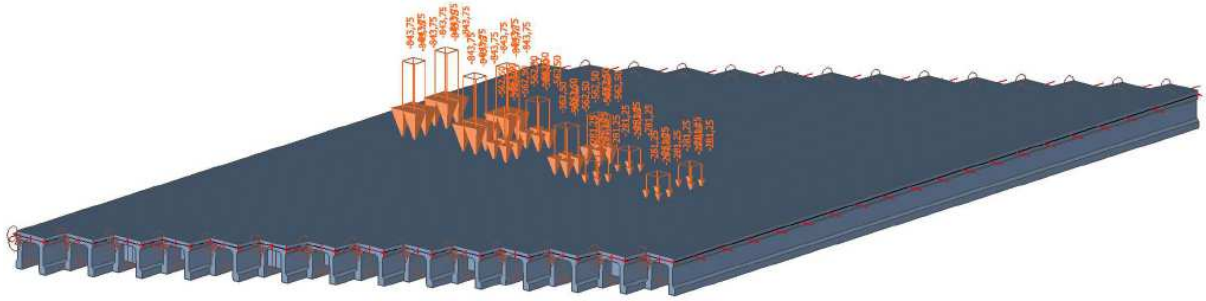
$q_{2k} := 2.5\ kN \cdot m^{-2}$ $\alpha_{q2} := 1.0$

$q_{3k} := 2.5\ kN \cdot m^{-2}$ $\alpha_{q3} := 1.0$

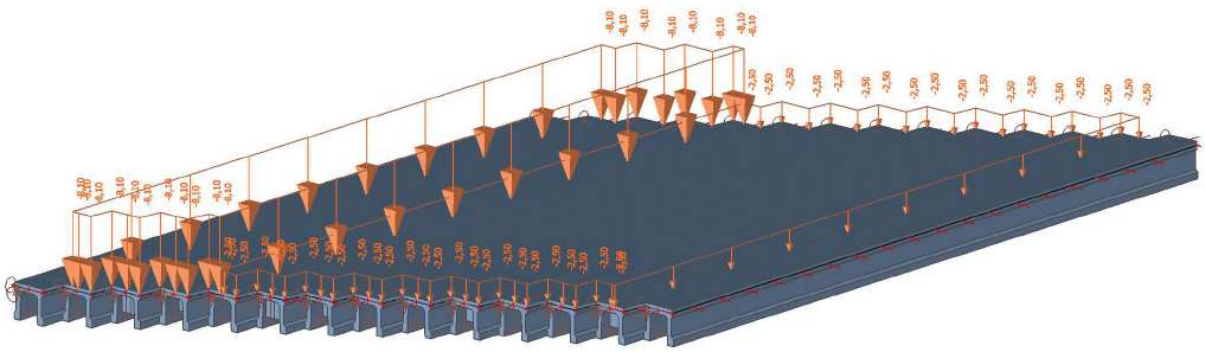
$q_r := 2.5\ kN \cdot m^{-2}$ $\alpha_{qr} := 1.0$

Plošné zaťaženie do výpočtového modelu:

$$q_1 := \frac{\frac{\alpha_{Q1} \cdot Q_{1k}}{2}}{0.4\ m \cdot 0.4\ m} = 843.75\ kN \cdot m^{-2} \qquad q_2 := \frac{\frac{\alpha_{Q2} \cdot Q_{2k}}{2}}{0.4\ m \cdot 0.4\ m} = 562.5\ kN \cdot m^{-2} \qquad q_3 := \frac{\frac{\alpha_{Q3} \cdot Q_{3k}}{2}}{0.4\ m \cdot 0.4\ m} = 281.25\ kN \cdot m^{-2}$$



Obr. 51 Poloha zaťažovacieho modelu LM1 – časť TS



Obr. 52 Poloha zaťažovacieho modelu LM1 – časť UDL

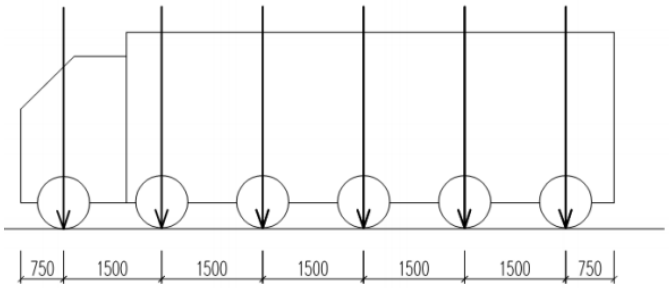
Zaťažovací model pre výhradné zaťaženie (Výhradná zaťažiteľnosť):
Model vozidla pre výhradnú zaťažiteľnosť zodpovedá triede zvláštnych vozidiel 900/150 podľa STN EN 1991-2 čl. A.2(1).

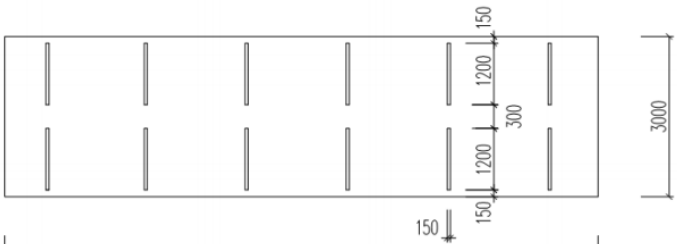
Rozmer kolesa: $F_r := 75\ kN$ $\quad 6 \cdot \frac{1}{6} V_r$

Rozmer kolesa: 1,2m x 0,15 m
=> intenzita $Q_{k.r} := 416.667$

Ovplyvnená dĺžka zaťažením pre výpočet dynamického súčiniteľa: $L_{m.k} := 19.4\ m$

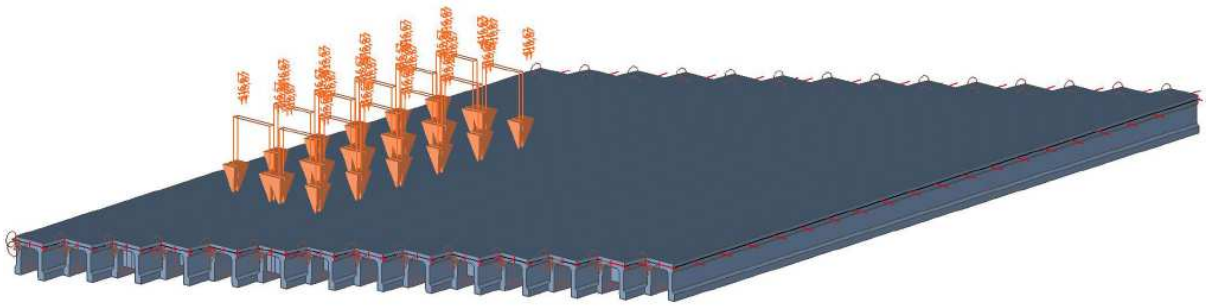
Dynamický súčiniteľ: $\varphi := 1.4 - \frac{L_{m.k}}{500} = 1.361$





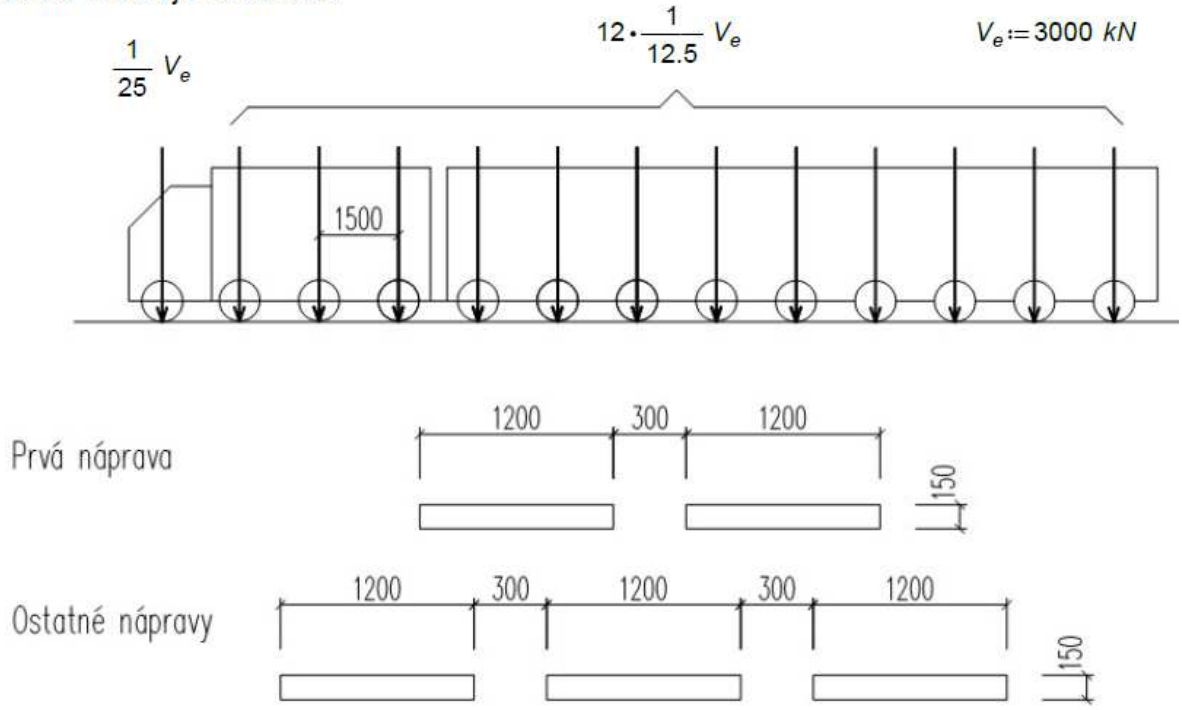
Obr. 53 Schéma vozidla pre stanovenie výhradnej zaťažiteľnosti

Plošné zaťaženie na jedno koleso: $V_{1.e} := \frac{1}{2} \cdot V_e = 75\ kN$ $\quad Q_{1k.e} := \frac{V_{1.e}}{1.2\ m \cdot 0.15\ m} = 416.667\ kN \cdot m^{-2}$



Obr. 54 Poloha zaťažovacieho modelu 900/150

Zaťažovací model pre výnimočné zaťaženie (Výnimočná zaťažiteľnosť):
=>Model vozidla pre výnimočnú zaťažiteľnosť zodpovedá triede zvláštnych vozidiel 3000/240 podľa A.2(1) STN EN 1991-2. Pre umiestnenie vozidla na moste platí čl. 2.16 STN EN 1991-2/NA. Schéma vozidla je na obrázku.

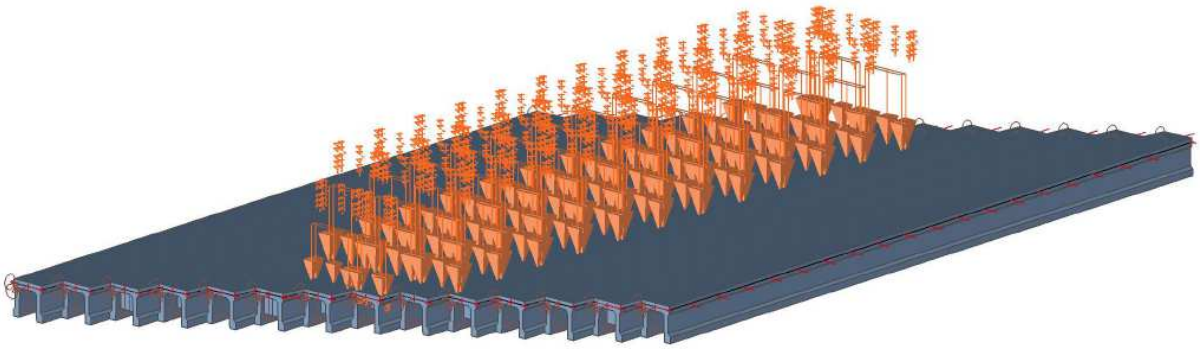


Obr. 55 Schéma vozidla pre stanovenie výnimočnej zaťažiteľnosti

Plošné zaťaženie na jedno koleso:

$$V_{1.e} := \frac{\frac{1}{12.5}}{3} \cdot V_e = 80\ kN \qquad Q_{1k.e} := \frac{V_{1.e}}{1.2\ m \cdot 0.15\ m} = 444.444\ kN \cdot m^{-2}$$

$$V_{2.e} := \frac{\frac{1}{25}}{2} V_e = 60\ kN \qquad Q_{2k.e} := \frac{V_{2.e}}{1.2\ m \cdot 0.15\ m} = 333.333\ kN \cdot m^{-2}$$



Obr. 56 Poloha zaťažovacieho modelu 3000/240

Tab. 11 Zaťažovacie stavy vo výpočtovom modeli

Názov	Popis	Typ pôsobenia	Zaťažovacia skupina	Smer	Dĺžka trvania	Vzorový zaťažovací stav
	Spec	Typ zaťaženia				
Vlastná tiaž		Stále Vlastná tiaž	Stále zaťaženie	-Z		
Stále zaťaženie		Stále Štandard	Stále zaťaženie			
LM1 - TS	Štandard	Premenné Statické	LM1 - TS		Krátkodobé	Žiadny
LM1 - TS1	Štandard	Premenné Statické	LM1 - TS		Krátkodobé	Žiadny
LM1 - TS2	Štandard	Premenné Statické	LM1 - TS		Krátkodobé	Žiadny
LM1 - TS3	Štandard	Premenné Statické	LM1 - TS		Krátkodobé	Žiadny
LM1 - TS4	Štandard	Premenné Statické	LM1 - TS		Krátkodobé	Žiadny
LM1 - TS5	Štandard	Premenné Statické	LM1 - TS		Krátkodobé	Žiadny
LM1 - TS6	Štandard	Premenné Statické	LM1 - TS		Krátkodobé	Žiadny
LM1 - TS7	Štandard	Premenné Statické	LM1 - TS		Krátkodobé	Žiadny
LM1 - TS8	Štandard	Premenné Statické	LM1 - TS		Krátkodobé	Žiadny
LM1 - TS9	Štandard	Premenné Statické	LM1 - TS		Krátkodobé	Žiadny
LM1 - TS10	Štandard	Premenné Statické	LM1 - TS		Krátkodobé	Žiadny
LM1 - TS11	Štandard	Premenné Statické	LM1 - TS		Krátkodobé	Žiadny
LM1 - TS12	Štandard	Premenné Statické	LM1 - TS		Krátkodobé	Žiadny
LM1 - TS13	Štandard	Premenné Statické	LM1 - TS		Krátkodobé	Žiadny
LM1 - TS14	Štandard	Premenné Statické	LM1 - TS		Krátkodobé	Žiadny
LM1 - TS15	Štandard	Premenné Statické	LM1 - TS		Krátkodobé	Žiadny
LM1 - TS16	Štandard	Premenné Statické	LM1 - TS		Krátkodobé	Žiadny
LM1 - TS17	Štandard	Premenné Statické	LM1 - TS		Krátkodobé	Žiadny
LM1 - TS18	Štandard	Premenné Statické	LM1 - TS		Krátkodobé	Žiadny
LM1 - TS19	Štandard	Premenné Statické	LM1 - TS		Krátkodobé	Žiadny
LM1 - TS20	Štandard	Premenné Statické	LM1 - TS		Krátkodobé	Žiadny
LM1 - TS21	Štandard	Premenné Statické	LM1 - TS		Krátkodobé	Žiadny
LM1 - TS22	Štandard	Premenné Statické	LM1 - TS		Krátkodobé	Žiadny
LM1 - TS23	Štandard	Premenné Statické	LM1 - TS		Krátkodobé	Žiadny
LM1 - UDL	Štandard	Premenné Statické	LM1 - UDL		Krátkodobé	Žiadny
Výhradná zaťažiteľnosť	Štandard	Premenné Statické	Výhradná zaťažiteľnosť		Krátkodobé	Žiadny
Výhradná zaťažiteľnosť1	Štandard	Premenné Statické	Výhradná zaťažiteľnosť		Krátkodobé	Žiadny
Výhradná zaťažiteľnosť2	Štandard	Premenné Statické	Výhradná zaťažiteľnosť		Krátkodobé	Žiadny
Výhradná zaťažiteľnosť3	Štandard	Premenné Statické	Výhradná zaťažiteľnosť		Krátkodobé	Žiadny
Výhradná zaťažiteľnosť4	Štandard	Premenné Statické	Výhradná zaťažiteľnosť		Krátkodobé	Žiadny
Výhradná zaťažiteľnosť5	Štandard	Premenné Statické	Výhradná zaťažiteľnosť		Krátkodobé	Žiadny
Výhradná zaťažiteľnosť6	Štandard	Premenné Statické	Výhradná zaťažiteľnosť		Krátkodobé	Žiadny

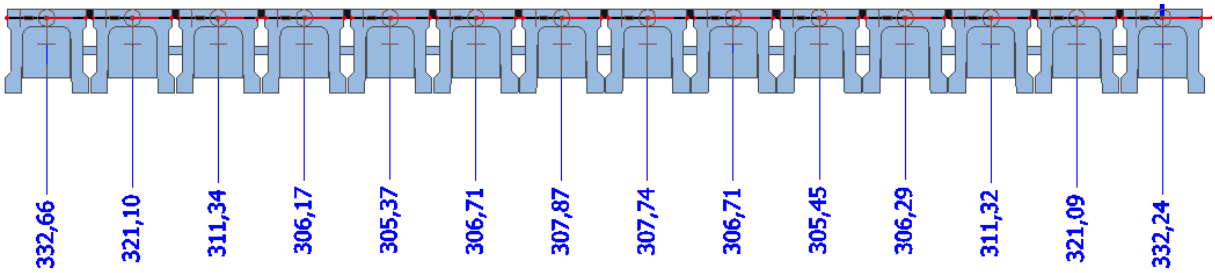
Názov	Popis	Typ pôsobenia	Zaťažovacia skupina	Smer	Dĺžka trvania	Vzorový zaťažovací stav
	Spec	Typ zaťaženia				
Výhradná zaťažiteľnosť6	Štandard	Premenné Statické	Výhradná zaťažiteľnosť		Krátkodobé	Žiadny
Výhradná zaťažiteľnosť7	Štandard	Premenné Statické	Výhradná zaťažiteľnosť		Krátkodobé	Žiadny
Výhradná zaťažiteľnosť8	Štandard	Premenné Statické	Výhradná zaťažiteľnosť		Krátkodobé	Žiadny
Výhradná zaťažiteľnosť9	Štandard	Premenné Statické	Výhradná zaťažiteľnosť		Krátkodobé	Žiadny
Výhradná zaťažiteľnosť10	Štandard	Premenné Statické	Výhradná zaťažiteľnosť		Krátkodobé	Žiadny
Výhradná zaťažiteľnosť11	Štandard	Premenné Statické	Výhradná zaťažiteľnosť		Krátkodobé	Žiadny
Výhradná zaťažiteľnosť12	Štandard	Premenné Statické	Výhradná zaťažiteľnosť		Krátkodobé	Žiadny
Výhradná zaťažiteľnosť13	Štandard	Premenné Statické	Výhradná zaťažiteľnosť		Krátkodobé	Žiadny
Výhradná zaťažiteľnosť14	Štandard	Premenné Statické	Výhradná zaťažiteľnosť		Krátkodobé	Žiadny
Výhradná zaťažiteľnosť15	Štandard	Premenné Statické	Výhradná zaťažiteľnosť		Krátkodobé	Žiadny
Výnimočná zaťažiteľnosť	Štandard	Premenné Statické	Výnimočná zaťažiteľnosť		Krátkodobé	Žiadny
Výnimočná zaťažiteľnosť1	Štandard	Premenné Statické	Výnimočná zaťažiteľnosť		Krátkodobé	Žiadny
Výnimočná zaťažiteľnosť2	Štandard	Premenné Statické	Výnimočná zaťažiteľnosť		Krátkodobé	Žiadny
Výnimočná zaťažiteľnosť3	Štandard	Premenné Statické	Výnimočná zaťažiteľnosť		Krátkodobé	Žiadny
Výnimočná zaťažiteľnosť4	Štandard	Premenné Statické	Výnimočná zaťažiteľnosť		Krátkodobé	Žiadny
Výnimočná zaťažiteľnosť5	Štandard	Premenné Statické	Výnimočná zaťažiteľnosť		Krátkodobé	Žiadny
Výnimočná zaťažiteľnosť6	Štandard	Premenné Statické	Výnimočná zaťažiteľnosť		Krátkodobé	Žiadny
Výnimočná zaťažiteľnosť7	Štandard	Premenné Statické	Výnimočná zaťažiteľnosť		Krátkodobé	Žiadny
Výnimočná zaťažiteľnosť8	Štandard	Premenné Statické	Výnimočná zaťažiteľnosť		Krátkodobé	Žiadny
Výnimočná zaťažiteľnosť9	Štandard	Premenné Statické	Výnimočná zaťažiteľnosť		Krátkodobé	Žiadny
Výnimočná zaťažiteľnosť10	Štandard	Premenné Statické	Výnimočná zaťažiteľnosť		Krátkodobé	Žiadny
Výnimočná zaťažiteľnosť11	Štandard	Premenné Statické	Výnimočná zaťažiteľnosť		Krátkodobé	Žiadny
Výnimočná zaťažiteľnosť12	Štandard	Premenné Statické	Výnimočná zaťažiteľnosť		Krátkodobé	Žiadny
Výnimočná zaťažiteľnosť13	Štandard	Premenné Statické	Výnimočná zaťažiteľnosť		Krátkodobé	Žiadny
Výnimočná zaťažiteľnosť14	Štandard	Premenné Statické	Výnimočná zaťažiteľnosť		Krátkodobé	Žiadny
Výnimočná zaťažiteľnosť15	Štandard	Premenné Statické	Výnimočná zaťažiteľnosť		Krátkodobé	Žiadny
Výnimočná zaťažiteľnosť16	Štandard	Premenné Statické	Výnimočná zaťažiteľnosť		Krátkodobé	Žiadny
Výnimočná zaťažiteľnosť17	Štandard	Premenné Statické	Výnimočná zaťažiteľnosť		Krátkodobé	Žiadny
Výnimočná zaťažiteľnosť18	Štandard	Premenné Statické	Výnimočná zaťažiteľnosť		Krátkodobé	Žiadny
Výnimočná zaťažiteľnosť19	Štandard	Premenné Statické	Výnimočná zaťažiteľnosť		Krátkodobé	Žiadny
Výnimočná zaťažiteľnosť20	Štandard	Premenné Statické	Výnimočná zaťažiteľnosť		Krátkodobé	Žiadny
Výnimočná zaťažiteľnosť21	Štandard	Premenné Statické	Výnimočná zaťažiteľnosť		Krátkodobé	Žiadny

Tab. 12 Zaťažovacie skupiny vo výpočtovom modeli

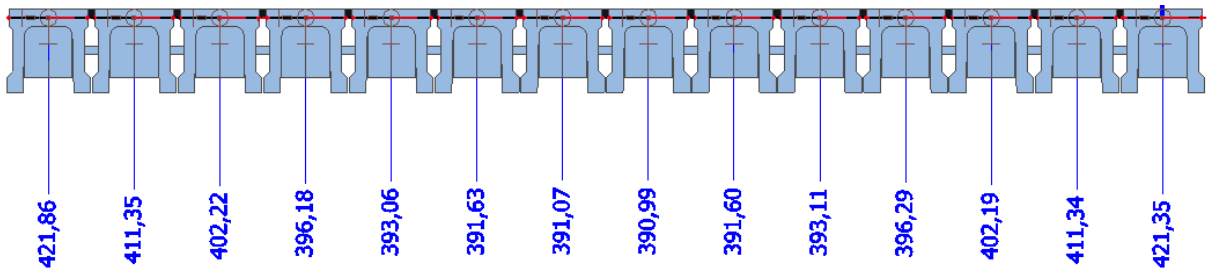
Názov	Zaťaženie	Špecifikácia	Typ
Stále zaťaženie	Stále		
LM1 - TS	Premenné	Výberová	Zaťaženie dopravou - gr1a - TS
LM1 - UDL	Premenné	Výberová	Zaťaženie dopravou - gr1a - UDL
Výhradná zaťažiteľnosť	Premenné	Výberová	Zaťaženie dopravou - gr5 - zvláštne vozidlá
Výnimočná zaťažiteľnosť	Premenné	Výberová	Zaťaženie dopravou - gr5 - zvláštne vozidlá

4.5 Rozhodujúce vnútorné sily

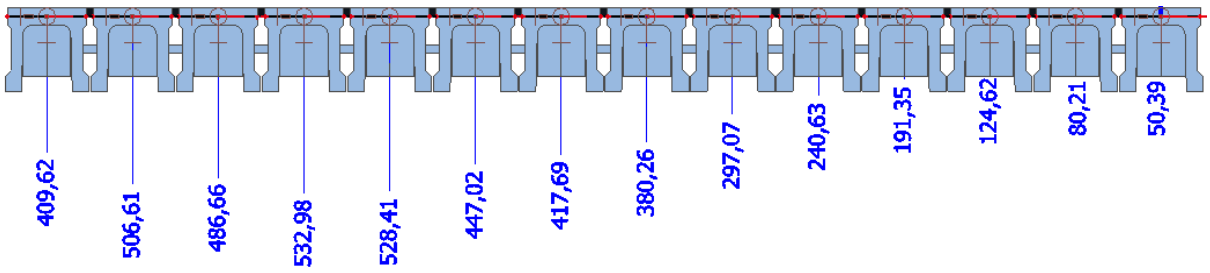
Poznámka:
Pre zjednodušenie uvádzam len niektoré vzorové priebehy vnútorných síl na konštrukcii. Rozhodujúce vnútorné sily sú uvedené pri výpočte zaťažiteľnosti pre každý posudzovaný prierez. V prípade potreby sú ďalšie dáta archivované u projektanta k nahliadnutiu.



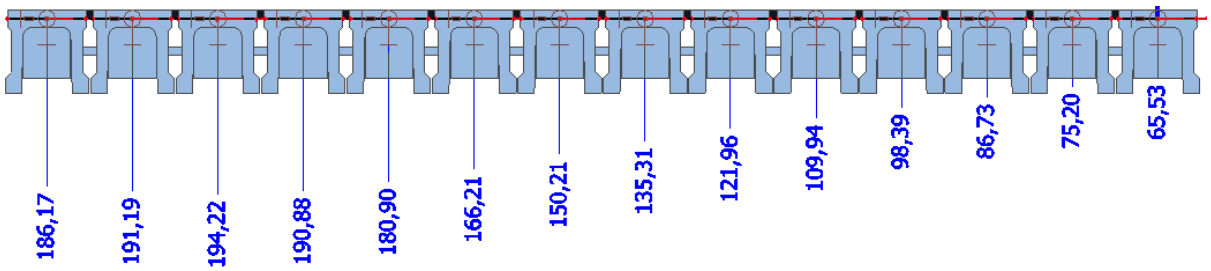
Obr. 57 Priebeh ohybových momentov od vlastnej tiaže nosnej konštrukcie



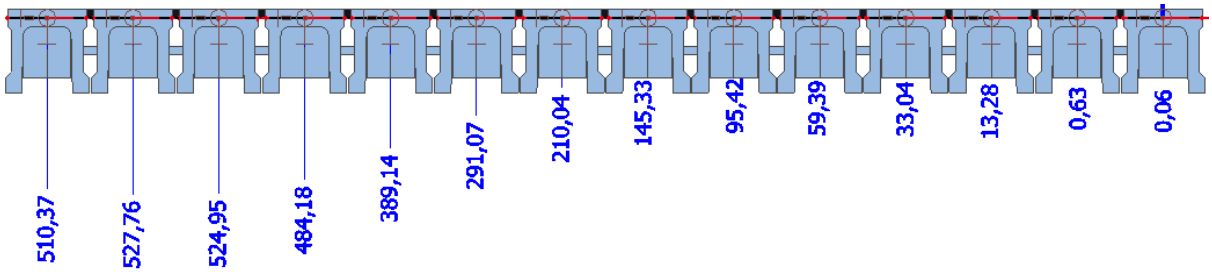
Obr. 58 Priebeh ohybových momentov od stáleho zaťaženia



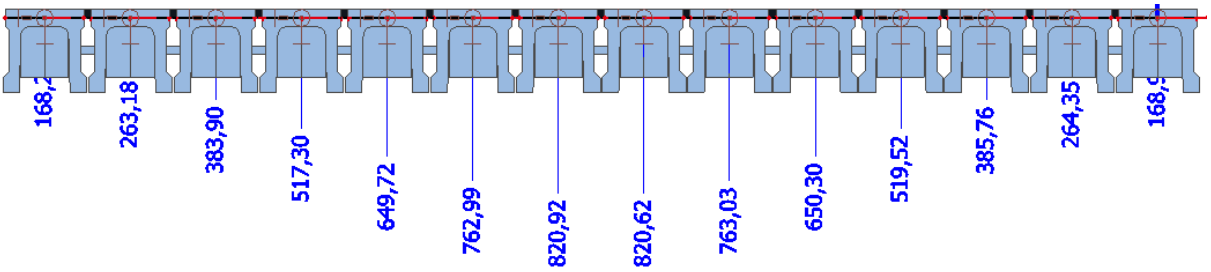
Obr. 59 Priebeh ohybových momentov od premenného zaťaženia LM1 – časť TS pre určenie normálnej zaťažiteľnosti nosnej konštrukcie



Obr. 60 Priebeh ohybových momentov od premenného zaťaženia LM1 – časť UDL pre určenie normálnej zaťažiteľnosti nosnej konštrukcie



Obr. 61 Priebeh ohybových momentov od premenného zaťažovacieho modelu 900/150 pre určenie výhradnej zaťažiteľnosti nosnej konštrukcie



Obr. 62 Priebeh ohybových momentov od premenného zaťažovacieho modelu 3000/240 pre určenie výnimočnej zaťažiteľnosti nosnej konštrukcie

Tab. 13 Hodnoty ohybových momentov My od jednotlivých zložiek zaťaženia

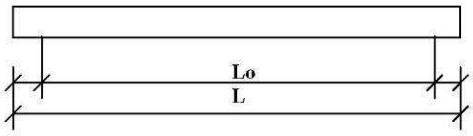
Nosník(číslo)	Vlastná tiaž [kN*m]	Vlastná tiaž - nem. časti [kN*m]	V_n - TS [kN*m]	V_n - UDL [kN*m]	V_r [kN*m]	V_e [kN*m]
N1	422	333	410	187	511	169
N2	412	322	507	192	528	264
N3	403	312	487	195	525	384
N4	397	307	533	191	485	518
N5	394	306	529	181	390	650
N6	392	307	448	167	292	763
N7	392	308	418	151	211	821
N8	391	308	381	136	146	821
N9	392	307	298	122	96	764
N10	394	306	241	110	60	651
N11	397	307	192	99	34	520
N12	403	312	125	87	14	386
N13	412	322	81	76	1	265
N14	422	333	51	66	1	169

Tab. 14 Hodnotenie statických dôsledkov porúch mostov z prefabrikovaných nosníkov typu „Vloššák" ZDROJ TP 006

ZÁKLADNÁ SVETLOSŤ	ZÁKLADNÉ ROZMERY													** MENOVITÁ SVETLOSŤ Lo	DIELEC	ZNAČKA	DĹŽKA L m	Počet priečnych káblov	HMOTNOSŤ 1.10^-5 kg	ROZPÄTIE m	MAXIMÁLNY MOMENT kNm ***
	h mm	s mm	u mm	t_1 mm	t_2 mm	t_3 mm	t_4 mm	k_1 mm	k_2 mm	k_3 mm	k_4 mm	b mm	PRÍPUSTNÉ ODCHÝLKY								
12m	630	2100	450	100	90	60	30	400	90	90	180	960	Db = 10 mm , Dh = 5 mm , DL = 20 mm	10 m	KRAJNÝ	MPT6-10	11,30	3x12	8,9	11	439
															VNÚTORNÝ	MPT7-10					
														11 m	KRAJNÝ	MPT6-11	12,30	3x13	9,6	12	476
															VNÚTORNÝ	MPT7-11					
														12 m	KRAJNÝ	MPT6-12	13,30	3x14	10,9	13	514
															VNÚTORNÝ	MPT7-12					
15m	700	1200	520	170	70	40	40	450	160	80	170	960		13 m	KRAJNÝ	MPT6-13	14,40	3x15	12,5	13,80	572
															VNÚTORNÝ	MPT7-13					
														14 m	KRAJNÝ	MPT6-14	15,40	3x16	13,3	14,80	639
															VNÚTORNÝ	MPT7-14					
														15 m	KRAJNÝ	MPT6-15	16,40	3x17	14,1	15,60	707
															VNÚTORNÝ	MPT7-15					
18m	850	1200	520	170	70	40	30	450	90	90	260	960		16 m	KRAJNÝ	MPT6-16	17,40	3x18	17,4	16,80	831
															VNÚTORNÝ	MPT7-16					
														17 m	KRAJNÝ	MPT6-17	18,40	3x19	18,3	17,80	900
															VNÚTORNÝ	MPT7-17					
														18 m	KRAJNÝ	MPT6-18	19,40	3x20	19,3	18,80	964
															VNÚTORNÝ	MPT7-18					

Tab. 1 Základné údaje o nosníkoch Vloššák

** ODVODENÁ ZO ZÁKLADNEJ SVETLOSTI
*** PRE HLAVNÉ ZAŤAŽENIE BEZ VLASTNEJ VÁHY V PRIEREZE L/2



4.6 Normálna zaťažiteľnosť W_n, faktor normálnej zaťažiteľnosti F_z

Faktor normálnej zaťažitelnosti F_z a faktor výhradnej zaťažitelnosti F_v vyjadrujú schopnosť mostu prenášať základné premenné zaťaženie vyjadrené zaťažovacou schémou LM1 a schémou pre výhradnú zaťažitelnosť podľa STN EN 1991-2 ktoré sa používa pre celkové a lokálne overenie konštrukcie.

$$F_z = \frac{R_{dW.c}}{E_{d.WLM1}}$$

$R_{dW.c}$ je hodnota kapacity (rezervy) odolnosti pre rozhodujúce premenné zaťaženie
$E_{d.WLM1}$ je hodnota statickej veličiny od účinku normovej hodnoty zaťaženia LM1.

Normálna zaťažitelnosť sa stanoví na základe: $W_n = F_z \cdot W_{n.rep}$

Pričom $W_{n.rep}$ je hmotnosť reprezentatívneho zaťažovacieho vozidla a to 320kN

Tab. 15 Tabuľkový výpočet hodnôt normálnej zaťažiteľnosti hlavných nosníkov mosta – ohybová odolnosť

Nosník(číslo)	Únosnosť nosníka (tab.) [kN*m]	Red. Súčiniteľ únosnosti nos.	Normové voz. [kN]	Faktor F_z	Zaťažiteľnosť V_n [kN]	Zaťažiteľnosť V_n [t]
N1	964	0,5	320	0,250	79,9	8,0
N2	964	0,5	320	0,229	73,2	7,3
N3	964	0,5	320	0,249	79,8	8,0
N4	964	0,5	320	0,242	77,3	7,7
N5	964	0,9	320	0,791	253,1	25,3
N6	964	0,9	320	0,912	291,7	29,2
N7	964	0,9	320	0,983	314,7	31,5
N8	964	0,9	320	1,082	346,4	34,6
N9	964	0,9	320	1,335	427,1	42,7
N10	964	0,9	320	1,600	512,0	51,2
N11	964	0,9	320	1,926	616,5	61,6
N12	964	0,9	320	2,621	838,6	83,9
N13	964	0,5	320	1,019	326,1	32,6
N14	964	0,5	320	1,274	407,5	40,8
		Výsledná normálna zaťažitelnosť W_n [t]:				**7,32**

Poznámky:

1) Pri výpočte zaťažiteľnosti mosta bolo uvažované s parciálnymi súčiniteľmi γ_G =1,00 a γ_Q =1,00
2) Redukčný súčiniteľ únosnosti nosníka slúži na zohľadnenie jeho momentálneho stavebno-technického stavu a predstavuje oslabenie prierezu. Hodnota bola určená na základe množstva skorodovanej výstuže.
3) Zaťažiteľnosť uvedená v tabuľke pre jednotlivé nosníky je vyčíslená pre najnepriaznivejšiu polohu zaťaženia z hľadiska mosta.

4.7 Výhradná zaťažiteľnosť W_r, faktor výhradnej zaťažiteľnosti $F_{z.r}$

Faktor výhradnej zaťažitelnosti $K_{z.r}$ vyjadruje schopnosť mostu prenášať výhradné zaťaženie vyjadrené zaťažovacou schémou 900/150 podľa STN 1991-2

$$K_{z.r} = \frac{R_{d.Wc}}{E_{d.W900.150}}$$

$R_{dW.c}$ je hodnota kapacity (rezervy) odolnosti pre rozhodujúce premenné zaťaženie
$E_{d.W900.150}$ je hodnota statickej veličiny od účinku normovej hodnoty zaťaženia 900/150

Výhradná zaťažitelnosť sa stanoví na základe: $W_r = K_{z.r} \cdot W_{r.rep}$

Pričom $W_{n.rep.v}$ je hmotnosť reprezentatívneho zaťažovacieho vozidla a to 900kN

$$W_{r.rep} := 900\ kN$$

Tab. 16 Tabuľkový výpočet hodnôt výhradnej zaťažiteľnosti hlavných nosníkov mosta – ohybová odolnosť

Nosník(číslo)	Únosnosť nosníka (tab.) [kN*m]	Red. Súčiniteľ únosnosti nos.	Normové voz. [kN]	Faktor $K_{z.r}$	Zaťažiteľnosť W_r [kN]	Zaťažiteľnosť W_r [t]
N1	964	0,5	900	0,214	192,8	19,3
N2	964	0,5	900	0,223	200,4	20,0
N3	964	0,5	900	0,238	214,1	21,4
N4	964	0,5	900	0,265	238,6	23,9
N5	964	0,9	900	1,058	952,2	95,2
N6	964	0,9	900	1,411	1269,6	127,0
N7	964	0,9	900	1,949	1753,8	175,4
N8	964	0,9	900	2,816	2534,6	253,5
N9	964	0,9	900	4,291	3861,6	386,2
N10	964	0,9	900	6,877	6189,6	619,0
N11	964	0,9	900	12,115	10903,3	1090,3
N12	964	0,9	900	29,159	26243,3	2624,3
N13	964	0,5	900	117,561	105804,6	10580,5
N14	964	0,5	900	109,478	98530,5	9853,0
Dynamický súčiniteľ:	1,361	**Výsledná výhradná zaťažitelnosť W_r [t]:**				**19,28**

Poznámky:

1) Pri výpočte zaťažiteľnosti mosta bolo uvažované s parciálnymi súčiniteľmi γ_G =1,00 a γ_Q =1,00
2) Redukčný súčiniteľ únosnosti nosníka slúži na zohľadnenie jeho momentálneho stavebno-technického stavu a predstavuje oslabenie prierezu. Hodnota bola určená na základe množstva skorodovanej výstuže.
3) Zaťažiteľnosť uvedená v tabuľke pre jednotlivé nosníky je vyčíslená pre najnepriaznivejšiu polohu zaťaženia z hľadiska mosta.

4.8 Výnimočná zaťažiteľnosť W_e, faktor výnimočnej zaťažiteľnosti $F_{z.e}$

Faktor výhradnej zaťažitelnosti $K_{z.e}$ vyjadruje schopnosť mostu prenášať výnimočné zaťaženie vyjadrené zaťažovacou schémou 3000/240 podľa STN 1991-2.

$$K_{z.e} = \frac{R_{d.We}}{E_{d.We}}$$

$R_{d.We}$ je hodnota kapacity (rezervy) odolnosti pre rozhodujúce premenné zaťaženie
$E_{d.We}$ je hodnota statickej veličiny od účinku normovej hodnoty zaťaženia 3000/240.

Výhradná zaťažitelnosť sa stanoví na základe: $W_e = K_{z.e} \cdot W_{e.rep}$

Pričom $W_{e.rep}$ je hmotnosť reprezentatívneho zaťažovacieho vozidla a to 3000kN

Tab. 17 Tabuľkový výpočet hodnôt výnimočnej zaťažiteľnosti hlavných nosníkov mosta – ohybová odolnosť

Nosník(číslo)	Únosnosť nosníka (tab.) [kN*m]	Red. Súčiniteľ únosnosti nos.	Normové voz. [kN]	Faktor $K_{z.e}$	Zaťažiteľnosť W_e [kN]	Zaťažiteľnosť W_e [t]
N1	964	0,5	3000	0,882	2645,0	264,5
N2	964	0,5	3000	0,606	1818,2	181,8
N3	964	0,5	3000	0,443	1328,1	132,8
N4	964	0,5	3000	0,338	1013,5	101,4
N5	964	0,9	3000	0,864	2592,0	259,2
N6	964	0,9	3000	0,735	2204,2	220,4
N7	964	0,9	3000	0,682	2044,8	204,5
N8	964	0,9	3000	0,682	2044,8	204,5
N9	964	0,9	3000	0,734	2201,3	220,1
N10	964	0,9	3000	0,863	2588,0	258,8
N11	964	0,9	3000	1,078	3234,2	323,4
N12	964	0,9	3000	1,439	4318,1	431,8
N13	964	0,5	3000	0,604	1811,3	181,1
N14	964	0,5	3000	0,882	2645,0	264,5
		Výsledná výnimočná zaťažitelnosť W_e [t]:				**101,35**

Poznámky:
1) Pri výpočte zaťažiteľnosti mosta bolo uvažované s parciálnymi súčiniteľmi γ_G =1,00 a γ_Q =1,00
2) Redukčný súčiniteľ únosnosti nosníka slúži na zohľadnenie jeho momentálneho stavebno-technického stavu a predstavuje oslabenie prierezu. Hodnota bola určená na základe množstva skorodovanej výstuže.
3) Zaťažiteľnosť uvedená v tabuľke pre jednotlivé nosníky je vyčíslená pre najnepriaznivejšiu polohu zaťaženia z hľadiska mosta.

4.9 Vyhodnotenie zaťažiteľnosti

Pri statickom prepočte zaťažiteľnosti bol použitý priestorový výpočtový model pre zistenie čo najpresnejšej odozvy konštrukcie na jednotlivé druhy zaťažení. Pri analýze konštrukcie bolo zistené, že rozhodujúci vplyv na zaťažiteľnosť mosta majú hlavné nosníky a ich stavebno-technický stav.

Pri prepočte zaťažiteľnosti bol zanedbaný vplyv zmeny teploty, keďže sa jedná o jednopoľovú prosto uloženú konštrukciu a toto zaťaženie nemá zásadný vplyv. Zaťaženie vetrom a snehom bolo vzhľadom na hodnoty iných zaťažení zanedbateľné a vo výpočte neboli uvažované.

Na základe diagnostického prieskumu boli identifikované krajné nosníky č. 1, 2, 3, 4 a 13, 14 ako veľmi poškodené, čo bolo zohľadnené nižším redukčným súčiniteľom (zohľadnenie straty predpätia na nosníkoch s pretrhnutými a silno skorodovanými drôtmi) ako pri stredných relatívne zachovaných nosníkoch. Na základe statického posúdenia bola stanovená zaťažiteľnosť konštrukcie a to:

Tab. 18 Prehľad aktuálnej zaťažiteľnosti nosníkov mosta

Prvok	Normálna W_n [t]	Výhradná W_r [t]	Výnimočná W_e [t]
Nosník	**7,32**	**19,28**	**101,35**

5 Určenie zostatkovej životnosti

Pri hodnotení jednotlivých častí mostného objektu možno označiť rozhodujúce časti pre hodnotenie celkového stavu nasledujúcimi stupňami stavebno-technického stavu:

Časť mosta	STS	Váhové súčinitele a_y
A – Celkové pôsobenie	*VI*	*0,14286*
B – Spodná stavba	*V*	*0,23810*
C – NK	*VII*	*0,23810*
D – Mostný zvršok	*IV*	*0,11905*
E – Ložiská, kĺby a iné uloženie	*VI*	*0,07143*
F – Mostné závery	-	-
G – Odvodnenie mosta	*V*	*0,04762*
H – Ostatné vybavenie	*IV*	*0,04762*
I – Cudzie zariadenie	-	-
J – okolie mosta	*III*	*0,02380*
	spolu: 40	*spolu: 0,92858*

V mostnom liste je uvedený rok postavenia mosta 1961, vek mosta je preto 60 rokov. Výpočet zostatkovej životnosti mosta sa realizuje podľa TP 077 Systém hospodárenia s mostami [16]. Zostatková životnosť uvádza čas, ktorý pravdepodobne ostáva mostu do dosiahnutia stupňa technického stavu označeného „VII“. Nakoľko most už je zatriedený v stupni VII, nie je možné zostatkovú životnosť vypočítať. Keďže kritickým prvkom je nosná konštrukcia a jej nosné časti, nedajú sa tieto poruchy odstrániť bežnou údržbou ale iba výmenou prvkov. Na zvýšenie zostatkovej životnosti je preto nutná komplexná rekonštrukcia mosta.

6 Návrh opatrení

Na predmetnom mostnom objekte sa navrhuje vykonať nasledovné opatrenia, prípadne stavebné opatrenia na zlepšenie existujúceho stavebno-technického stavu:

Okamžité opatrenia

Osadiť aktuálne dopravné značenie informujúce o zaťažiteľnosti – tab. 18 a zúžiť vozovku tak, aby doprava neprechádzala po okrajoch mosta. Tým sa zabráni zaťažovaniu krajných nosníkov a je možné uvažovať s hodnotami zaťažiteľnosti podľa tab. 22. Odklonenie dopravy je nutné vykonať takým spôsobom, aby boli vozidlá dostatočne navedené na požadovanú trasu a zároveň aby nedošlo k priťaženiu mosta (napr. vodiace prvky Klemmfix, prípadne plastové vodiace prvky plnené pieskom). Odporúča sa dopravný priestor na moste zúžiť na 2 x 4,0 m. Ďalej odstrániť rozpadajúce sa kusy ríms zasahujúce do vozovky a opraviť výtlky na mostnom zvršku. Vyspraviť jamy v chodníkových rímsach po ktorých prechádza pomerne veľké množstvo chodcov a môže dôjsť k úrazu. Dôležité je na moste nezanedbávať údržbu, čistiť odvodnenie, podľa možnosti úložné prahy a ložiská.

S ohľadom na stavebno-technický stav mostného objektu odporúčame okamžite začať s prípravou na komplexnú rekonštrukciu mosta. Stav mosta je natoľko vážny, že vyžaduje minimálne čiastočnú asanáciu a prestavbu.

Rekonštrukcia existujúcej nosnej konštrukcie mostného objektu je z hľadiska hospodárnosti neefektívna a preto odporúčame jej asanáciu. V rámci prác bude potrebné realizovať aj rekonštrukciu a prispôsobenie spodnej stavby. Táto bude zameraná na rekonštrukcie úložných prahov, krídiel, záverných stienok a prechodových dosiek. Po zrealizovaní spodnej stavby bude nasledovať osadenie nových ložísk a predpätých nosníkov. Po zrealizovaní pokládky nosníkov bude vyhotovená spriahajúca železobetónová doska. Ďalej bude nasledovať realizácia mostného zvršku, bezpečnostných prvkov a hydroizolácie. Všetky viditeľné a odokryté povrchy pôvodných betónov opory budú otryskané a sanované sanačnými maltami. Zistené trhliny budú uzatvorené maltami.

Nakoľko je most dostatočne široký, je možné, že bude celá rekonštrukcia prebiehať počas čiastočnej uzávierky.

Strednodobé a dlhodobé opatrenia

Vzhľadom na aktuálny stav mostnej konštrukcie sú všetky opatrenia okamžité.

Organizácia dopravy počas stavby

Vzhľadom ku charakteru stavby je možné, že projektant rekonštrukcie mosta môže navrhnúť realizáciu stavebných prác aj *„pri úplnej uzávierke mosta pre dopravu“*. Doprava by v takomto prípade bola vedená po diaľnici D1 a rýchlostnej ceste R1.

Možná je aj realizácia stavby po polovičkách s vedením dopravy v jednom jazdnom pruhu. Túto variantu však neodporúčame nakoľko predĺži a predraží výstavbu.

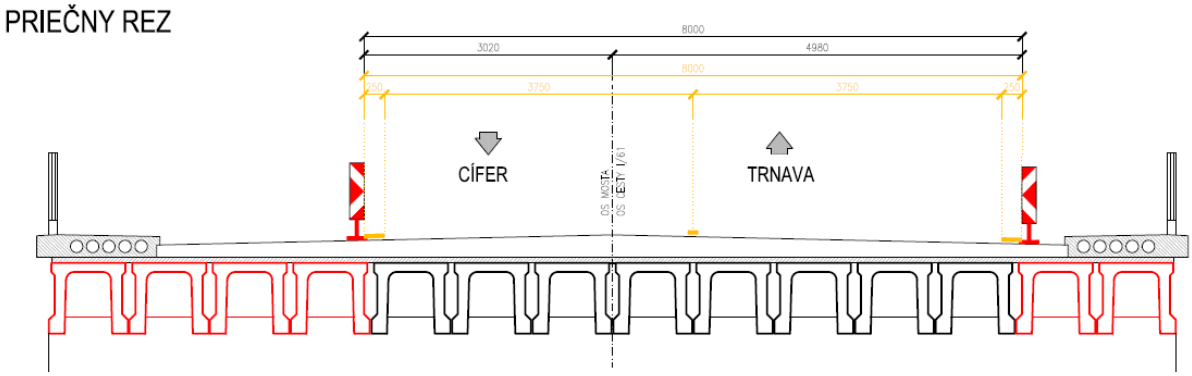
Odhad nákladov

Odhad stavebných nákladov na komplexnú rekonštrukciu mosta:

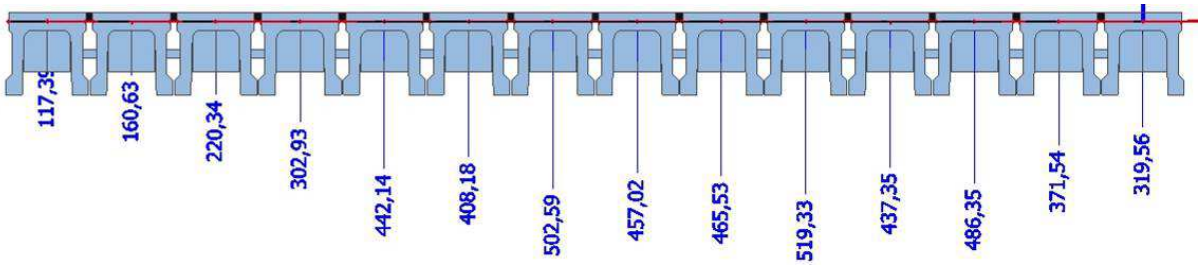
Položka	**Odhad ceny v tis. €**
Frézovanie a búranie vozovky	*22*
Búranie betón/železobetón	*63*
Búranie NK, predpätý betón	*45*
Zemné práce	*15*
Úprava zakladania mosta, injektáž	*60*
Železobetón na opory a krídla	*61*
Ložiská, osadenie e dodávka	*10*
Nové nosníky, vopred predpäté prefabrikáty	*134*
Spriahujúca doska	*50*
Mostné závery	*0*
Prechodové dosky	*12*
Odvodnenie	*5*
Prechodová oblasť	*14*
Rímsy	*20*
Záchytné a bezpečnostné zariadenia	*50*
Izolácie a vozovka na moste	*13*
Vozovka v napojení na komunikáciu	*42*
Úpravy pod mostom	*14*
Ostatné nestavebné práce (10%)	*63*
Spolu s DPH	***693 tis. €***

6.1 Vyhodnotenie zaťažiteľnosti

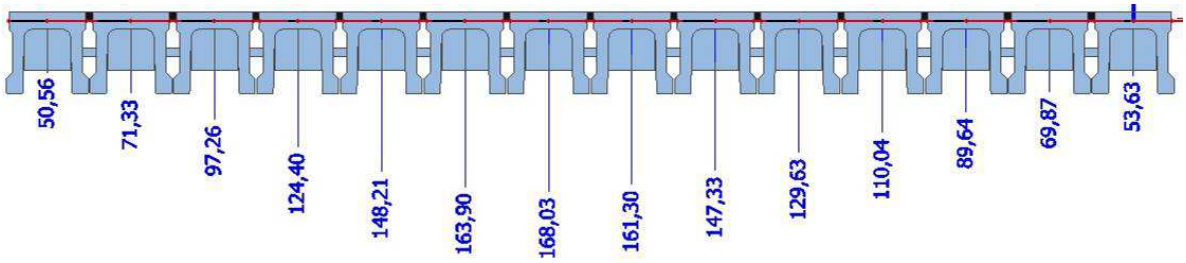
Na základe zrealizovania okamžitých opatrení na zlepšenie stavebno-technického stavu sa zmení poloha zaťažovacej schémy normálnej a výhradnej zaťažiteľnosti. Pre tieto okolnosti bol vyhodnocovaný priestorový výpočtový model pre zistenie čo najpresnejšej odozvy konštrukcie na tieto druhy zaťažení.



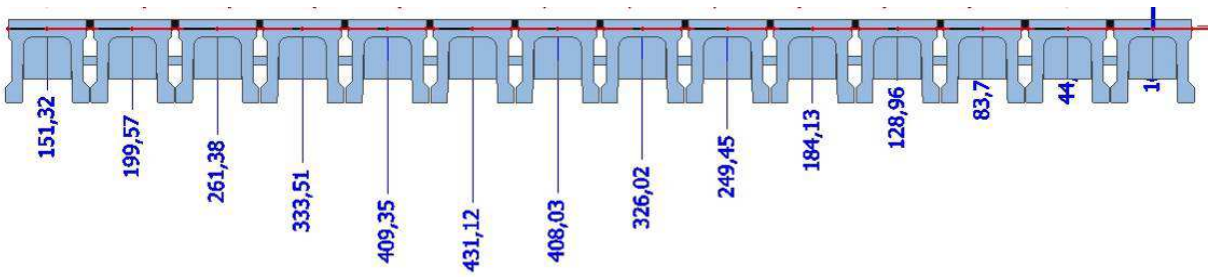
Obr. 63 Návrh odklonenia dopravy z poškodených nosníkov



Obr. 64 Priebeh ohybových momentov od premenného zaťaženia LM1 – časť TS pre určenie normálnej zaťažiteľnosti nosnej konštrukcie (po realizácii okamžitých opatrení)



Obr. 65 Priebeh ohybových momentov od premenného zaťaženia LM1 – časť UDL pre určenie normálnej zaťažiteľnosti nosnej konštrukcie (po realizácii okamžitých opatrení)



Obr. 66 Priebeh ohybových momentov od premenného zaťažovacieho modelu 900/150 pre určenie výhradnej zaťažiteľnosti nosnej konštrukcie (po realizácii okamžitých opatrení)

Tab. 19 Hodnoty ohybových momentov My od jednotlivých zložiek zaťaženia (po realizácii okamžitých opatrení)

Nosník(číslo)	Vlastná tiaž [kN*m]	Vlastná tiaž - nem. časti [kN*m]	V_n - TS [kN*m]	V_n - UDL [kN*m]	V_r [kN*m]	V_e [kN*m]
N1	422	333	118	51	152	169
N2	412	322	161	72	200	264
N3	403	312	221	98	262	384
N4	397	307	303	125	334	518
N5	394	306	443	149	410	650
N6	392	307	409	164	432	763
N7	392	308	503	169	409	821
N8	391	308	458	162	327	821
N9	392	307	358	148	250	764
N10	394	306	356	130	185	651
N11	397	307	239	111	129	520
N12	403	312	170	90	84	386
N13	412	322	117	70	45	265
N14	422	333	78	54	17	169

Tab. 20 Tabuľkový výpočet hodnôt normálnej zaťažiteľnosti hlavných nosníkov mosta – ohybová odolnosť (po realizácii okamžitých opatrení)

Nosník(číslo)	Únosnosť nosníka (tab.) [kN*m]	Red. Súčiniteľ únosnosti nos.	Normové voz. [kN]	Faktor F_z	Zaťažiteľnosť V_n [kN]	Zaťažiteľnosť V_n [t]
N1	964	0,5	320	0,882	282,1	28,2
N2	964	0,5	320	0,687	219,7	22,0
N3	964	0,5	320	0,533	170,5	17,1
N4	964	0,5	320	0,409	130,8	13,1
N5	964	0,9	320	0,949	303,6	30,4
N6	964	0,9	320	0,978	313,1	31,3
N7	964	0,9	320	0,833	266,5	26,6
N8	964	0,9	320	0,903	288,8	28,9
N9	964	0,9	320	0,913	292,2	29,2
N10	964	0,9	320	0,864	276,5	27,6
N11	964	0,9	320	1,021	326,8	32,7
N12	964	0,9	320	0,963	308,1	30,8
N13	964	0,5	320	0,362	115,8	11,6
N14	964	0,5	320	0,398	127,5	12,7
		Výsledná normálna zaťažitelnosť W_n [t]:				**11,58**

Tab. 21 Tabuľkový výpočet hodnôt výhradnej zaťažiteľnosti hlavných nosníkov mosta – ohybová odolnosť (po realizácii okamžitých opatrení)

Nosník(číslo)	Únosnosť nosníka (tab.) [kN*m]	Red. Súčiniteľ únosnosti nos.	Normové voz. [kN]	Faktor $K_{z.r}$	Zaťažiteľnosť W_r [kN]	Zaťažiteľnosť W_r [t]
N1	964	0,5	900	0,720	648,2	64,8
N2	964	0,5	900	0,588	529,0	52,9
N3	964	0,5	900	0,477	429,1	42,9
N4	964	0,5	900	0,385	346,5	34,6
N5	964	0,9	900	1,006	905,8	90,6
N6	964	0,9	900	0,953	858,1	85,8
N7	964	0,9	900	1,005	904,8	90,5
N8	964	0,9	900	1,257	1131,7	113,2
N9	964	0,9	900	1,648	1482,9	148,3
N10	964	0,9	900	2,230	2007,4	200,7
N11	964	0,9	900	3,193	2873,7	287,4
N12	964	0,9	900	4,860	4373,9	437,4
N13	964	0,5	900	2,612	2351,2	235,1
N14	964	0,5	900	6,440	5795,9	579,6
Dynamický súčiniteľ:	1,361	**Výsledná výhradná zaťažitelnosť W_r [t]:**				**34,65**

Poloha výnimočnej zaťažiteľnosti sa vzhľadom k pôvodnej osi mosta nezmení, čiže ani výsledné hodnoty.

Na základe statického posúdenia bola stanovená zaťažiteľnosť konštrukcie a to:

Tab. 22 Prehľad zaťažiteľnosti nosníkov mosta po zavedení okamžitých opatrení

Prvok	Normálna W_n [t]	Výhradná W_r [t]	Výnimočná W_e [t]
Nosník	**11,58**	**34,65**	**101,35**

7 Záver

Diagnostické práce boli zamerané na:

- Zistenie základných fyzikálnych charakteristík betónu mostnej konštrukcie (pevnosť v tlaku, karbonatizácia, modul pružnosti).
- Zistenie vystuženia jednotlivých častí konštrukcie.
- Kontrolu stavu predpínacej výstuže nosníkov.
- Podrobnú prehliadku mostnej konštrukcie so zdokumentovaním všetkých vád a porúch.
- Zistenie skladby mostného zvršku (vrstvy vozovky).

Nosná konštrukcia:

Stav nosnej konštrukcie je havarijný (stav VII). Krajné nosníky nosnej konštrukcie sú vo veľmi zlom stave, majú poškodenú predpínaciu výstuž, čo značne znižuje ich únosnosť. Nosníky vo vnútri mosta sú v lepšom stavebnom stave. Príčinou je zatekanie vody z vozovky, najmä popri rímsach na krajoch mosta. Pevnosti betónových predpätých prefabrikátov typu „Vloššák“ dosahujú hodnoty na úrovni triedy betónu C 40/50. Jedná sa o štandardné hodnoty pre takéto konštrukcie. Odhalená betonárska výstuž je v pomerne dobrom stave. Odkryté predpínacie kanáliky v nosníkoch sú väčšinou zasiahnuté koróziou, či už ide o oceľovú chráničku alebo dokonca o predpínacie drôty. Obnažená predpínacia výstuž (v mieste odpadnutej krycej vrstvy) je silno skorodovaná, lokálne sú **drôty predpätia úplne prehrdzavené, prípadne pretrhnuté**. Práve táto skutočnosť je rozhodujúcim činiteľom pri zatrieďovaní mosta do STS VII – havarijný.

Na zakrytej predpínacej výstuži bola zistená iba povrchová korózia. Hĺbka karbonatizácie betónu je na nosnej konštrukcii maximálne 5 mm. Na krajných nosníkoch sú dobre viditeľné kotevné dosky predpínacích priečnych káblov, ktoré sú nedostatočne chránené pred poveternostnými vplyvmi a sú v pokročilom štádiu korózie. Jedná sa o kotvy pozdĺžneho aj priečneho predpätia. Pri kontrole priečneho predpätia bolo objavené nezainjektovanie niektorých kanálikov s **voľnými predpínacími drôtmi**.

Statická schéma mosta je jednoduchá 1-poľová doska (zložená z prostých nosníkov navzájom prepojených priečnym predopnutím). Na nosnej konštrukcii je vytvorená vrstva vyrovnávacieho betónu, na ktorom je celoplošne vyhotovená izolácia z asfaltovej lepenky. Na izolácii sa nachádza vozovka s premenlivou hrúbkou. Hrúbka vozovky je nadmerná a priťažuje most.

Nosná konštrukcia je uložená na opore prostredníctvom oceľových ložísk, ktoré sú nefunkčné.

Spodná stavba:

Stav spodnej stavby - opôr je oproti NK lepší. Spodnú stavbu tvoria betónové opory, na ktorých sa nachádzajú železobetónové úložné prahy. Pevnosti betónov úložných prahov sú na úrovni betónu C 30/37. Jedná sa o adekvátne hodnoty pre takéto konštrukcie. Pri diagnostike bola odhalená aj betonárska výstuž úložných prahov. Odhalená výstuž bola s povrchovou koróziou. Na niektorých miestach úložného prahu boli diagnostikované poruchy betónu ako odlamovanie a rozpad betónu, či vlhké škvrny od stekajúcej vody z NK. Betónová časť spodnej stavby je pokrytá vlhkými škvrnami na povrchu konštrukcie od stekajúcej vody a zároveň výluhmi zo zložiek betónu na povrchu. Povrch je čiastočne znečistený grafitmi. Na niekoľkých miestach sa vyskytujú pozdĺžne a priečne trhliny (trhliny v miestach technologických prestávok betonáže).

Mostný zvršok a príslušenstvo mosta:

Diagnostika tejto časti bola zameraná najmä na vizuálne hodnotenie porúch a na zistenie zloženia a hrúbky vozovky. Mostný zvršok tvorí vrstva vyrovnávacieho betónu, izolácie a asfaltového súvrstvia. Vozovka na moste má nadmernú hrúbku a je v pomerne zlom stave. Vozovka má zvlnený povrch – pozdĺžne koľaje a je priečne poklesnutá v mieste dilatačných škár nosnej konštrukcie. Miestami s lokálnym rozpadom asfaltovej zálievky a výtlkmi. Rímsy sú poklesnuté v priečnom smere a rozpadávajú sa, odvodňovače sú zanesené. Izolácia mosta je stará (po dobe svojej životnosti) a lokálne prepúšťa vodu – najmä v úžľabí pod obrubníkom rímsy. Táto voda následne zateká na nosnú konštrukciu a spodnú stavbu. Pod izoláciou sa nachádza vyrovnávací betón, ktorý je v pomerne dobrom stave. Oceľové zábradlie je skorodované.

Dosiahnuté výsledky meraní a diagnostických prác sú podrobne uvedené v kapitole 2.6.

Vyhodnotenie z hľadiska stavebno-technického stavu mosta:

Mostný objekt je zatriedený do stavu „**VII**“, čo zodpovedá **havarijnému stavebno-technickému stavu**.

Vyhodnotenie z hľadiska bezpečnosti cestnej premávky:

Mostný objekt v súčasnosti spĺňa iba čiastočne základné podmienky kladené platnými normami a predpismi ohľadne bezpečnosti premávky na mostných objektoch.

Vyhodnotenie z hľadiska zaťažiteľnosti:

Zaťažiteľnosť mostného objektu je nasledovná:

Normálna zaťažiteľnosť: W_n = 7,32 t
Výhradná zaťažiteľnosť: W_r = 19,28 t
Výnimočná zaťažiteľnosť: W_e = 101,35 t

Zaťažiteľnosť mostného objektu v prípade vylúčenia dopravy po poškodených nosníkoch by bola nasledovná:

Normálna zaťažiteľnosť: W_n = 11,58 t
Výhradná zaťažiteľnosť: W_r = 34,65 t
Výnimočná zaťažiteľnosť: W_e = 101,35 t

Pod vylúčením dopravy spracovateľ rozumie usmernenie dopravy do dvoch jazdných pásov šírky 4,0 m v strede mosta. Zamedzí sa tým zaťažovaniu najviac poškodených nosníkov. Zaťažiteľnosť bola stanovená pre nosnú konštrukciu mosta. Prepočet zaťažiteľnosti bol vypracovaný na základe zamerania mosta a údajov z diagnostického prieskumu.

Ako vyplýva z prepočtu, normálna zaťažiteľnosť je 7,32 t. Táto hodnota stanovuje najvyššiu prípustnú hmotnosť jedného vozidla pohybujúceho sa po vozovke na mostnom objekte, bez obmedzenia počtu a polohy vozidiel.

Výhradná zaťažiteľnosť je 19,28 t, táto hodnota stanovuje najvyššiu prípustnú hmotnosť jediného vozidla na moste. Nakoľko sa most nachádza na ceste I. triedy bežne sa na moste vyskytujú aj ťažšie vozidlá ako 30 t.

Zostatková životnosť je 0 rokov nakoľko most je v STS VII.

V Žiline, dňa 03.05.2021