



Spolufinancováno Evropskou unií

Nástroj pro propojení Evropy

Projekt „Modernizace trati Praha hl. n. - Praha Smíchov“ je spolufinancovaný EU z programu Nástroj pro propojení Evropy (CEF)

Za tuto publikaci odpovídá pouze její autor. Evropská unie nenese odpovědnost za jakékoli využití informací v ní obsažených.

NÁVRH PD k projednání

Číslo změny:	Obsah změny:	Datum změny:
01	-	-
02	-	-
03	-	-

Investor:



Správa železniční dopravní cesty, s.o.
Dlážděná 1003/7, 110 00 Praha 1

Stavební správa západ
Sokolovská 278/1955, 190 00 Praha 9

Účastníci Společnosti "SP+MTP+SPEU_Praha hl. - Praha-Smíchov"



Správce:



SUDOP PRAHA a.s.
Olšanská 1a, 130 80 Praha 3
tel.: +420 267 094 111
e-mail: praha@sudop.cz

Vedoucí týmu:

ING. MICHAL MEČL

Asistent vedoucího týmu:

ING. TOMÁŠ MARTINEK

Specialista profese:

ING. MARTIN VLASÁK

Středisko:

SUDOP PRAHA a.s., STŘEDISKO - MOSTŮ

Vedoucí střediska:

ING. DANA WANGLER

Odpovědný projektant SO, IO, PS:

ING. MARTIN VLASÁK

Vypracoval:

ING. MARTIN VLASÁK

Kontroloval:

ING. TOMÁŠ MARTINEK

Název akce:

**REKONSTRUKCE ŽELEZNIČNÍCH MOSTŮ
POD VYŠEHRADEM**

Číslo smlouvy:

16 354 201

Projektový stupeň:

PD

Část:

STAVEBNÍ ČÁST

Datum:

04/2020

Číslo části:

E.1.4

MOSTY, PROPUSTKY A ZDI

Název přílohy:

**SO 20-20-04 ŽEL. M. V EV. KM 3,545
STATICKÝ PŘEPOČET NOSNÉ KONSTRUKCE**

Měřítko:

Počet formátů:
83 x A4

Číslo přílohy:

012.1

AKCE :	„Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST :	Statický přepočet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

„Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“

SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň

STATICKÝ PŘEPOČET NOSNÉ KONSTRUKCE MOSTU V KM 3,545 TECHNICKÁ ZPRÁVA



Severní pohled po proudu řeky Vltavy na most v km 3,706 trati Praha hl. nádraží - Smíchov

V Praze 30.5.2018

Ing. Martin Vlasák
SUDOP PRAHA a.s. ,středisko - mostů

Objednatel: SŽDC, s.o.	1.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepočít nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

OBSAH

1. ÚVODNÍ ÚDAJE	4
1.1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE STAVBY	4
1.2 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE STAVEBNÍHO OBJEKTU	5
1.3 ÚČEL STATICKÉHO PŘEPOČTU	6
1.4 POUŽITÉ NORMY A PŘEDPISY	7
1.5 POUŽITÁ LITERATURA	7
1.6 POUŽITÝ VÝPOČETNÍ SOFTWARE, POMŮCKY, TABULKY, NOMOGRAMY	8
1.7 ARCHIVNÍ DOKUMENTACE A OSTATNÍ PODKLADY	8
1.8 PODKLADY K TRATI A MOSTU	8
1.9 LICENCE SW PRO STATICKÝ VÝPOČET	9
1.10 POPIS MOSTNÍCH KONSTRUKCÍ	10
1.11 ÚZEMNÍ PODMÍNKY	12
1.12 MATERIÁLOVÉ ZKOUŠKY VZORKŮ OCELOVÉ NOSNÉ KONSTRUKCE	13
1.12.1 Materiálové zkoušky obecně	13
1.12.2 Výsledky mechanických zkoušek	13
1.13 PODROBNÁ PROHLÍDKA OCELOVÉ NOSNÉ KONSTRUKCE	14
1.13.1 Rekapitulace vyhodnocení průzkumu korozního oslabení prvků OK	14
2. ROZBOR ZATÍŽENÍ	15
2.1 VŠEOBECNĚ	15
2.2 PŘEHLED KOMBINACÍ SKUPIN ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ	16
2.3 PARCIÁLNÍ SOUČINITELE SPOLEHLIVOSTI ZATÍŽENÍ	18
2.3.1 Skupina zatížení G0 - stálé - vlastní tíha	19
2.3.2 Skupina zatěžovacích stavů G1 - Ostatní stálé	20
2.3.3 Skupina zatěžovacích stavů P - Svislá zatížení železniční dopravou	22
2.3.4 Skupina zatěžovacích stavů T - Zatížení teplotou	25
2.3.5 Skupina zatěžovacích stavů W - Zatížení větrem	26
2.3.6 Skupina zatěžovacích stavů BR - Zatížení brzdnými a rozjezdovými silami	29
2.3.7 Skupina zatěžovacích stavů S - Zatížení bočním rázem	31
2.3.8 Skupina zatěžovacích stavů FR - Zatížení třením v ložiscích	32
2.3.9 Skupina zatěž. stavů K - Zatížení teplotním rozdílem NK	33
2.3.10 Skupina zatěž. stavů CH - Zatížení revizních chodníků	34
2.4 PRŮZKUM DOPRAVNÍHO ZATÍŽENÍ NA TRATI	35
2.4.1 Aktuální železniční doprava na mostě	42
3. VÝPOČETNÍ MODEL	48
3.1 OBECNÝ POPIS MODELU	48
3.2 ZÁKLADNÍ OSOVÁ GEOMETRIE VÝPOČETNÍHO MODELU	49
3.3 RENDERING MODELU	50
3.4 KRITICKÉ PRŮŘEZY KONSTRUKCE	52
4. ANALÝZA KONSTRUKCE	54
4.1 GLOBÁLNÍ ANALÝZA KONSTRUKCE	54
4.2 FÁZE VÝSTAVBY MOSTNÍ KONSTRUKCE	54
4.3 SPEKTRA ROZKMITŮ NAPĚTÍ	54
4.3.1 Relativní spektra rozkmitů napětí od traťové třídy zatížení C3	54

Objednatel: SŽDC, s.o.	2.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepoččet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

5.	STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI.....	56
5.1	POSOUZENÍ PRŮŘEZŮ - VŠEOBECNĚ	56
5.2	VŠEOBECNĚ - PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY	57
5.2.1	Výpočet třídy průřezu.....	57
5.2.2	Výpočet oslabené plochy otvory v řezu	58
5.3	MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI.....	61
5.4	MEZNÍ STAV ÚNAVY	64
5.4.1	Metodika posouzení mezního stavu únavy	64
5.4.2	Únavové kategorie detailu	69
5.4.3	Rozkmitý napětí v kritických průřezech.....	70
5.4.4	Rekapitulace NK1 až NK3 - mezní stav únavy.....	72
5.4.5	Dílčí závěr - mezní stav únavy	73
5.5	MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI	74
5.5.1	Svislý průhyb - kritérium bezpečnosti	74
5.5.2	Svislé zrychlení nosné konstrukce mostu.....	74
5.5.3	Zkroucení hlavní nosné konstrukce.....	74
6.	POSOUZENÍ PŘECHODNOSTI.....	75
6.1	NOSNÁ KONSTRUKCE	75
6.1.1	Dílčí závěr - posouzení přechodnosti.....	76
7.	PŘÍČINKOVÉ ČÁRY – JEDNOTKY	77
7.1	PŘÍČINKOVÉ ČÁRY – JEDNOTKY	77
7.2	PŘÍČINKOVÉ ČÁRY – FORMÁT DAT.....	77
8.	ZÁVĚR PŘEPOČTU.....	78
8.1	VŠEOBECNĚ	78
8.2	NOSNÁ KONSTRUKCE	78
8.3	POPIS ROZSAHU ÚPRAV	79
9.	PŘÍLOHY – POSOUZENÍ NK.....	82

Objednatel: SŽDC, s.o.	3.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepoččet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

1. ÚVODNÍ ÚDAJE

1.1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE STAVBY

Název stavby: **"Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem" (Stavba 2)**
úsek v rámci Rekonstrukce trati Praha hl. n. (mimo) - Praha-Smíchov (vč.)

Stupeň dokumentace: Přípravná dokumentace (PD) a záměr projektu (ZP)

Charakteristika stavby: Liniová železniční stavba, modernizace železniční trati

Číslo ISPROFIN: **511 352 0019**

Číslo SoD objednatele: E618-S-12006/2016/Šim

Číslo SoD zhotovitele: 16 354 201

Místo stavby: Železniční trať 0201 Praha hl. n. – Praha-Smíchov
obě tratě jsou součástí dráhy celostátní evropského významu (E)

Kraj: Hl. město Praha

Obec / Městská část: Praha 2, Praha 5

Katastrální území: k.ú. Vyšehrad, k.ú. Smíchov

Pověřené městské úřady: Praha 2, Praha 5

Obce s rozšířenou působností: Hl. m. Praha

Objednatel: **Správa železniční dopravní cesty, státní organizace**
se sídlem: Dlážďená 1003/7, 110 00 Praha 1 - Nové Město

Organizační složka: **Stavební správa západ**, Sokolovská 278/1955, 190 00 Praha 9
za investora: Ing. Petr Vaníček, SŽDC, s.o., Stavební správa západ

Zpracovatel: **„SP+MTP+SPEU_Praha hl. – Praha-Smíchov“**

založené Smlouvou o Společnosti ze dne 04. 08. 2016
účastníci Společnosti
Obchodní firma: **SUDOP PRAHA a.s.**
Sídlo: Praha 3, Žižkov, Olšanská 2643/1a, 130 00
IČ: 25793349, DIČ: CZ25793349
a
Obchodní firma: **METROPROJEKT a.s.**
a
Obchodní firma: **SUDOP EU a.s.**

Hlavní inženýr projektu: Hlavní inženýr projektu: Ing. Michal Mečl
AI v oboru dopravní stavby č. 0009519

Hlavní inženýr projektu (Stavba 2): Ing. Tomáš Martinek, SUDOP PRAHA, a.s.

Odpovědný projektant objektu: Ing. Martin Vlasák, SUDOP PRAHA, a.s.
AI v oboru Mosty a IK a oboru Dopravní stavby č. 0009271

Spolupráce: Ing. Jaroslav Voříšek, SUDOP PRAHA, a.s.

Objednatel: SŽDC, s.o.	4.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepočet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

1.2 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE STAVEBNÍHO OBJEKTU

Druh nosné konstrukce	trámová, ocelová, nýtovaná, plnostěnná se zapuštěnou prvkovou mostovkou
Popis spodní stavby včetně křídel	kamenné opěry, kamenné pilíře založení plošné na dřevěných pilotách (P3) bez křídel (navazující mosty)
Počet mostních otvorů	4
Počet kolejí	2
Délka přemostění	76,735 m
Délka mostu	80,33 m
Rozpětí nosné konstrukce	4 x 18,88 m pod kolejí č. 1 a č. 2
Stavební výška	1,345 m k TK pod kolejí č. 1 a č. 2
Rozhodující výška obrysu kolejového lože	plošně uložené mostnice (svislý šroub) (objekt bez kolejového lože)
Volná výška pod mostem	4,04 m - komunikace (dle ze zaměření)
Kolmá světlost otvoru	pole 1 17,484 m pole 2 17,574 m pole 3 17,365 m pole 4 17,115 m
Šikmost mostu (pravá/levá, úhel šikmosti)	90°
Úhel křížení s přemostěvanou překážkou	cca 80°
Šikmá světlost otvoru	19,14 m
Šířka mostu	9,950 m (vně zábradlí)
Rok výstavby (výroby)	NK: 1901 pod kolejí č. 1 a 2 O01: 1871 (úpravy 1901 až 1907) P01: 1901 P02: 1901 P03: 1871 (úpravy 1901) O02: 1901 (úpravy 1901)
Rok poslední rekonstrukce nebo opravy objektu	1997 oprava 1998 obnova nátěru
Údaje o dosavadní zatížitelnosti:	$Z_{UIC} = 0,82$ (hl. nosník - ohyb)
Stavební stav objektu	nosná konstrukce - stupeň 2 spodní stavba - stupeň 2
Zatížení mostu:	traťová třída zatížení D4/70 (viz TTP)

Důležitá upozornění: kulturní nemovitá památka od roku 2004 č. reg. ÚSKP 101 315

Objednatel: SŽDC, s.o.	5.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepoččet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

1.3 ÚČEL STATICKÉHO PŘEPOČTU

Cílem statického přepočtu bylo stanovení zatížitelnosti a přechodnosti stávající ocelové konstrukce z roku 1901 se zohledněním jejího aktuálního stavebního stavu.

Statický výpočet je podkladem pro návrh rekonstrukce mostu, která je koncipována s předpokladem využití stávajících mostních konstrukcí s prodloužením provozu na následujících **30 let** při zachování alespoň stávající přechodnosti traťové třídy zatížení **C3/60**, která však umožní výhledové navýšení počtu vlakových kapacit téměř na dvounásobek.

Zbytková životnost konstrukce po provedení rekonstrukce je definována zadáním na **30 let**.

Ve statickém výpočtu je provedeno posouzení pro rekonstruovaný stav, který vyhoví požadavku na přechodnost TTZ **C3/60** s předpokladem životnosti 30 let.

Přepoččet stávajících mostních konstrukcí je proveden podle nových zásad daných Metodickým pokynem pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů v **kategorii C**, který vychází ze souboru platných norem ČSN EN 1990 - ČSN EN 1996..

Pro odpovědné provedení přepočtu byly v rámci zakázky zajištěny zejména tyto podklady:

- ověření rozměrů ocelové konstrukce a spodní stavby (globální zaměření, lokální oměření průřezu),
- vyhotovení výkresů (stávajícího stavu) nosné ocelové konstrukce a spodní stavby,
- podrobná prohlídka ocelové nosné konstrukce mostu se stanovením korozních úbytků prvků OK,

Pro přepoččet byly dále využity podklady zajištěné v rámci přepočtu mostu v km 3,706.

- zkoušky vzorků oceli (mechanické zkoušky, metalografické zkoušky, chemické složení),
- provedení dlouhodobého monitoringu účinků dopravního zatížení (stanovení spekter napětí pro posouzení mezního stavu únavy).

Kamenná spodní stavba nevykazuje poruchy statického charakteru a z hlediska zatížitelnosti stávající mostní konstrukce není limitující. Stanovení zatížitelnosti u těchto částí mostní konstrukce nebylo prováděno s ohledem na nízké výsledky stanovených hodnot zatížitelnosti pro ocelovou nosnou konstrukci a dostatečnou únosnost spodní stavby mostu v km 3,706 viz příloha 12.3 - Statický výpočet - Spodní stavba

Objednatel: SŽDC, s.o.	6.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepočet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

1.4 POUŽITÉ NORMY A PŘEDPISY

- [1.1] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí (02/2011),
- [1.2] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí. Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb (03/2004),
- [1.3] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem (04/2013),
- [1.4] ČSN EN 1991-1-5 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí. Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení teplotou (05/2005),
- [1.5] ČSN EN 1991-2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 2: Zatížení mostů dopravou (07/2005),
- [1.6] ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby (07/2011),
- [1.7] ČSN EN 1993-1-5 Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-5: Boulání stěn (02/2008),
- [1.8] ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí. Část 1-8: Navrhování styčnicků (07/2011),
- [1.9] ČSN EN 1993-1-9 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí. Část 1-9: Únava (12/2013),
- [1.10] ČSN EN 1993-2 Navrhování ocelových konstrukcí - Část 2: Ocelové mosty (01/2008),
- [1.11] ČSN 73 6201/2008 Projektování mostních objektů
- [1.12] ČSN EN 1090-2+A1 Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí. Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce 01/2012,
- [1.13] ČSN 73 2603:2011 Provádění ocelových mostních konstrukcí
- [1.14] Metodický pokyn pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů (09/2015)
- [1.15] ČSN ISO 13 822 – Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí, 2015
- [1.16] UIC 778-2 R “Recommendations for determining the carrying capacity and fatigue risks of existing metal bridges”

1.5 POUŽITÁ LITERATURA

- [2.1] Ocelové konstrukce 20, Zatížení staveb, ČVUT 1999
- [2.2] Ocelářské tabulky, ČVUT 1995
- [2.3] Závěrečná zpráva projektu COST CZ - LD15127 - Pokročilé metody posuzování degradovaných ocelových konstrukcí, ČVUT v Praze, 2017
- [2.4] GARCÍA M. O. The Impact of the Connection Stiffness on the Behaviour of a Historical Steel Railway Bridge. Diplomová práce. Fakulta stavební, ČVUT v Praze, 2017.
- [2.5] Statický přepočet mostu km 41,791 trati Tábor – Písek včetně návrhu řešení opravy, SUDOP PRAHA a.s., 2015
- [2.6] Ekvivalentní rozkmit napětí železničních mostů, Dizertační práce, Ing. L. Žemličkové, ČVUT v Praze, 2004.
- [2.7] Prof. L. Frýba, Dynamika železničních mostů, Academia, 1992, ISBN 80-200-0262-6
- [2.8] Statický přepočet mostu km 41,791 trati Tábor – Písek, včetně návrhu řešení opravy, TP, SUDOP PRAHA a.s., 2014
- [2.9] Interakce koleje a mostů s velkými dilatačními délkami - závěrečná zpráva, VUT v Brně, doc. Ing. Otto Plášek, 2015
- [2.10] předběžná zpráva z projektu SŽDC s.o. „Pokročilé metody posuzování existujících ocelových mostů na účinky zatížení větrem, brzdových a rozjezdových sil“, ČVUT v Praze, 2018

Objednatel: SŽDC, s.o.	7.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepočet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

1.6 POUŽITÝ VÝPOČETNÍ SOFTWARE, POMŮCKY, TABULKY, NOMOGRAMY

- [3.1] MIDAS Civil 2016 v1.1
- [3.2] MS Office EXCEL 2010, Microsoft - tabulkové zpracování výpočtů
- [3.3] MS Office WORD 2010
- [3.4] Aplikace Stress spectrum generator na rozhraní softwaru Matlab „Guide“, ČVUT v Praze, 2017

1.7 ARCHIVNÍ DOKUMENTACE A OSTATNÍ PODKLADY

- [4.1] Archivní dokumentace spodní stavby z roku 1872
- [4.2] Archivní dokumentace spodní stavby z roku 1900 vč. konstrukce ocelových kesonů
- [4.3] Archivní dokumentace nosné konstrukce z roku 1900, hlavní výkresy vč. rozdělení materiálu, Bratři Prášilové (Brüder Prašil & Co)
- [4.4] Archivní dokumentace výměny horního ztužení z roku 1969, Severozápadní dráha v Praze, projekční kancelář Ústí n. Labem,
- [4.5] Statický přepočet mostu v km 3,545, Příloha C.2, TOPCON servis s.r.o., 2004
- [4.6] Fischer J., Fischer O. – Pražské mosty, 1985,
- [4.7] Soukup J. – Obrazy z pražských břehů a vod, Díl I., Pražské mosty, 1904

Pozn: archivní dokumentace k úpravám mostovky (zesílení podílníků, brzdné ztužidlo) z roku 1987 nebyla nalezena

1.8 PODKLADY K TRATI A MOSTU

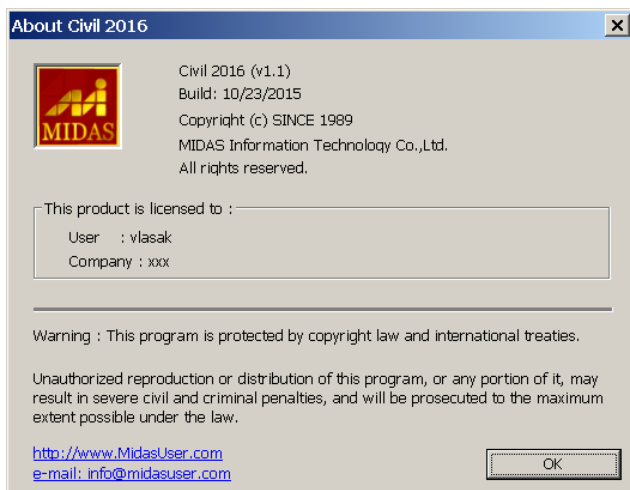
- [5.1] Protokol o podrobné prohlídce mostu v km 3,706, SŽDC, 2014
- [5.2] Protokol o podrobné prohlídce mostu v km 3,706, SŽDC, 2017
- [5.3] Průzkum korozního oslabení OK a spodní stavby, SUDOP PRAHA a.s., 2017
- [5.4] Statická a dynamická ověřovací zatěžovací zkouška, ČVUT v Praze, 2017
- [5.5] Statická a dynamická ověřovací zatěžovací zkouška, Vyhodnocení radarovou interferometrií, Vintegra s.r.o., 2017
- [5.6] Monitoring svislých deformací mostu pod Vyšehradem během běžného provozu, Vintegra s.r.o., 2017
- [5.7] Materiálové zkoušky oceli, FERMET CZ, 2017
- [5.8] Výroční zpráva podniku čsl. státní drah za rok 1946. Praha: Josef Pacl, 1947
- [5.9] Eisenbahn Verkehrs Jahrbuch 1917. Wien: Compassverlag, 1917
- [5.10] Převážní statistika čsl. Státních drah za rok 1928. Praha: Josef Pacl, 1929
- [5.11] Ročenka státních a soukromých drah 1920. Praha, 1921

Objednatel: SŽDC, s.o.	8.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepočet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

1.9 LICENCE SW PRO STATICKÝ VÝPOČET

Pro zpracování výpočtu byl použit speciální mostní software MIDAS Civil 2016 v1.1. Číslo lokálního licenčního klíče U001- 06635. Vlastníkem je společnost SUDOP PRAHA a.s.



Objednatel: SŽDC, s.o.	9.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepoččet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

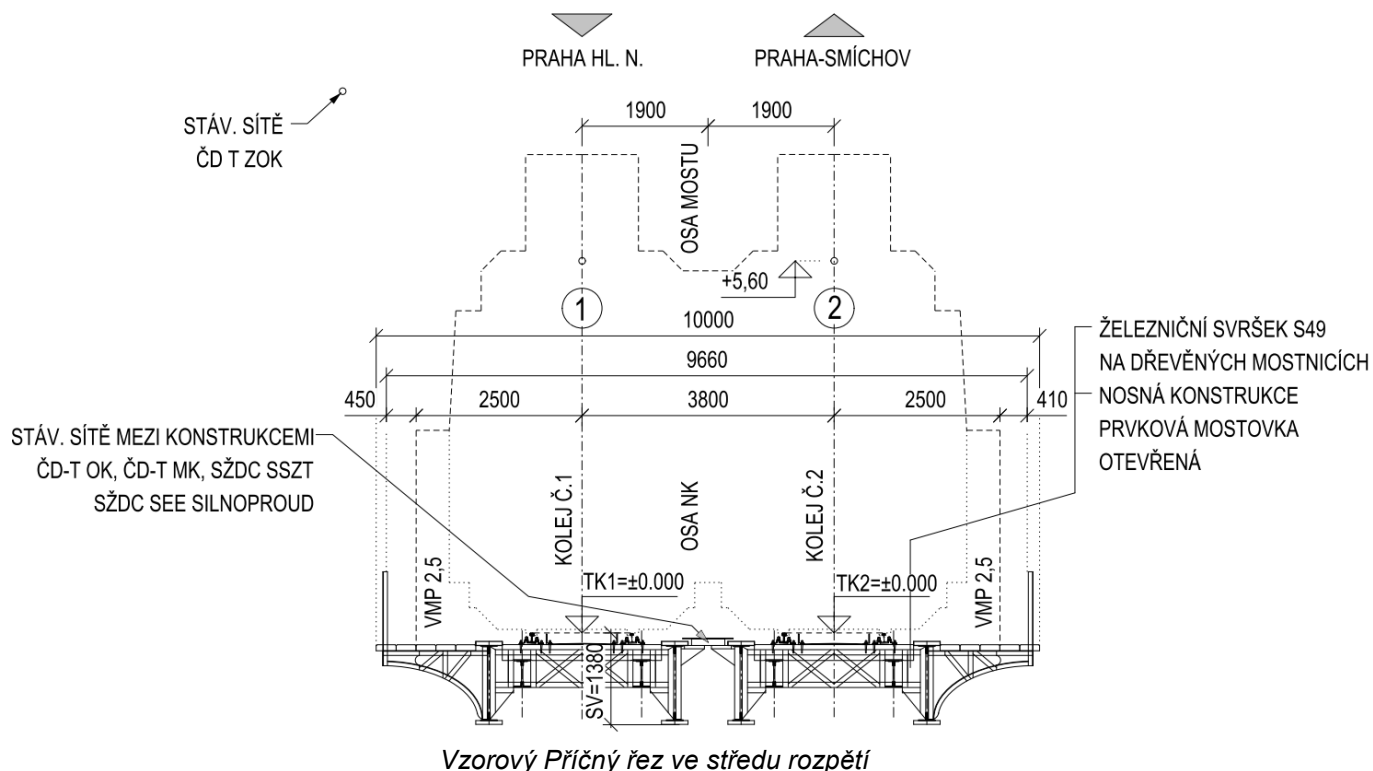
1.10 POPIS MOSTNÍCH KONSTRUKCÍ

Železniční most o čtyřech mostních otvorech přemostňuje místní komunikace na předpolí.

Nosné konstrukce byly vyrobeny v roce 1901 z plávkové oceli. Dle Metodického pokynu 2015 se jedná o ocel se zaručenou mezí kluzu 230 MPa, která odpovídá dnešní oceli S235JR. Doplněné části při rekonstrukci v roce 1997 jsou z oceli S235 mezí kluzu 235 MPa pro tloušťky do 40 mm a 215 MPa pro tloušťky nad 40 mm.

Nosná konstrukce mostu je samostatná pod každou z převáděných kolejí. **Hlavní nosníky** jsou plnostěnné nýtované o rozpětí 18,90 m ve všech čtyřech mostních otvorech. Osová vzdálenost hlavních nosníků je 2,80 m. Profil hlavního nosníku tvoří stěna z plechu P 14 x 1130. Pásnice z plechu P10 x 400 jsou připojeny krčními úhelníky L 110 x13. Pásnice z plechu P10 jsou postupně přidávány dle narůstajícího ohybového namáhání směrem ke středu rozpětí, kde dosahuje celkové tloušťky 50 mm + 10 mm na přeplátování.

V rámci rekonstrukce v roce 1997 byla vyměněna dolní pásnice u nosné konstrukce v otvoru 4 za plechy P16 x 400 mm + P45 x 400 mm (celková tloušťka dolní pásnice 61 mm). Krční úhelníky byly vyměněny za L 160 x 100 x 14 s doplněním o přivařený plech 120 x 14 mm, který zároveň vytváří přeplátování dolní části stěny hlavního nosníku.



Mezilehlou prvkovou mostovku tvoří podélníky a příčníky. **Podélníky** jsou v osově vzdálenosti 1,80 m neprůběžné vkládané mezi příčníky. Rozpětí podélníků je 2,36 m. Podélník je tvořen stěnou z plechu P10 x 390 mm a pásnicemi z úhelníků 2 x L 80 x 8 u dolní pásnice a 2 x L 70 x 8 u horní pásnice spojenými krčními nýty Ø 20 mm. V rámci rekonstrukce v roce 1997 byly stávající krční úhelníky vyměněny a doplněna horní pásnice podélníků z plechu P16 x 250 mm.

Příčníky jsou příhradové připojené k hlavním nosníkům přes styčnickové plechy, které přenáší zatížení z podélníků. Statická funkce příčníku je tedy spíše ztužující, čemuž odpovídá i profily. Příčník je konstrukčně řešen jako příčné diafragma mezi hlavními nosíky.

Objednatel: SŽDC, s.o.	10.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepoččet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

Výška mezilehlých příčníků je 0,57 m. Pásnice příčníku je z dvojice úhelníků L 80 x 10 mm. Podporové příčníky jsou výšky 0,89 m s pásnicemi z dvojice úhelníků L 80 x 10 mm.

Mostovkové vodorovné ztužení násobné soustavy je tvořeno z úhelníků L 70 x 8 - L 90 x 9 mm .

Vně hlavních nosníků jsou připojeny chodníkové konzoly. V otvoru 1 až 3 je pochozí plocha chodníku z dřevěných fošen. V poli 4 byly konzoly v rámci rekonstrukce vyměněny za svařované s pochozí plochou z plechu.

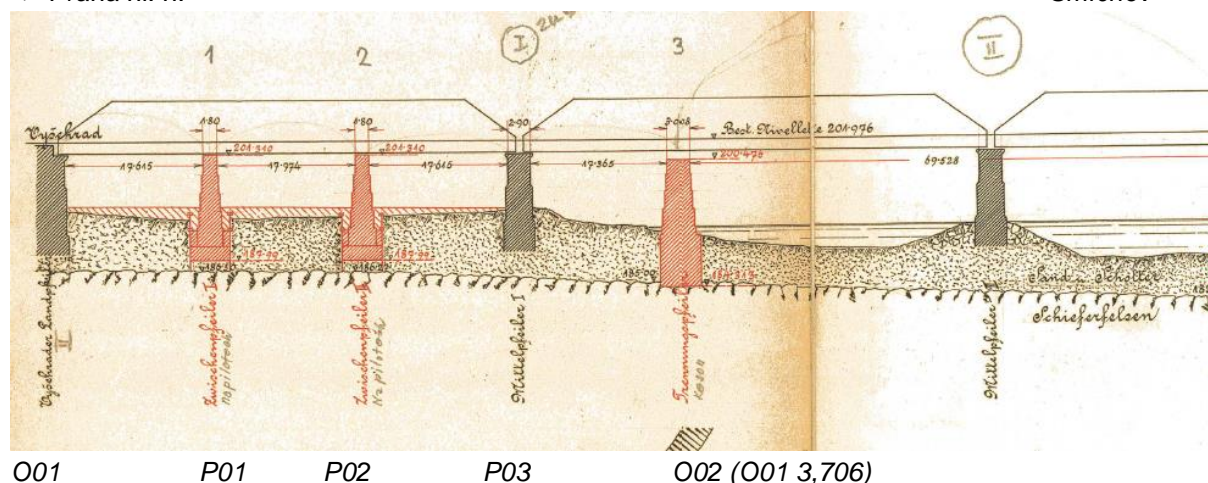
Ložiska jsou tangenciální/desková s výjimkou pevných ložisek v otvoru 4 v návaznosti na most přes Vltavu, kde jsou ložiska pevná stojanová.

Z dokumentace skutečného provedení rekonstrukce v roce 1997 bylo provedeno dohledání hmotnosti. Jedna nosná konstrukce mostu váží včetně mostního vybavení **cca 30 t**, což odpovídá **1,5 t.m⁻¹**.

Původní kamenné klenbové konstrukce z pískovce byly dostavěny z kleneb z odolnější žuly, avšak opěra O01 byla již v roce 1871 vystavěna jako dvoukolejná. Zatížení opěry bylo původně výrazně vyšší prvním polem původního mostu o rozpětí 56,9 m. Pilíř P03 byl ponechán z původního přemostění (původně P01). Pilíř P03 byl tvarově rozšířen. Dostavěny byly nově pilíře P01 a P02 z žulového řádkového zdiva.

<= Praha hl. n.

Smíchov =>



Přestavba spodní stavby mostu v km 3,545 (silueta původního mostu z roku 1871)

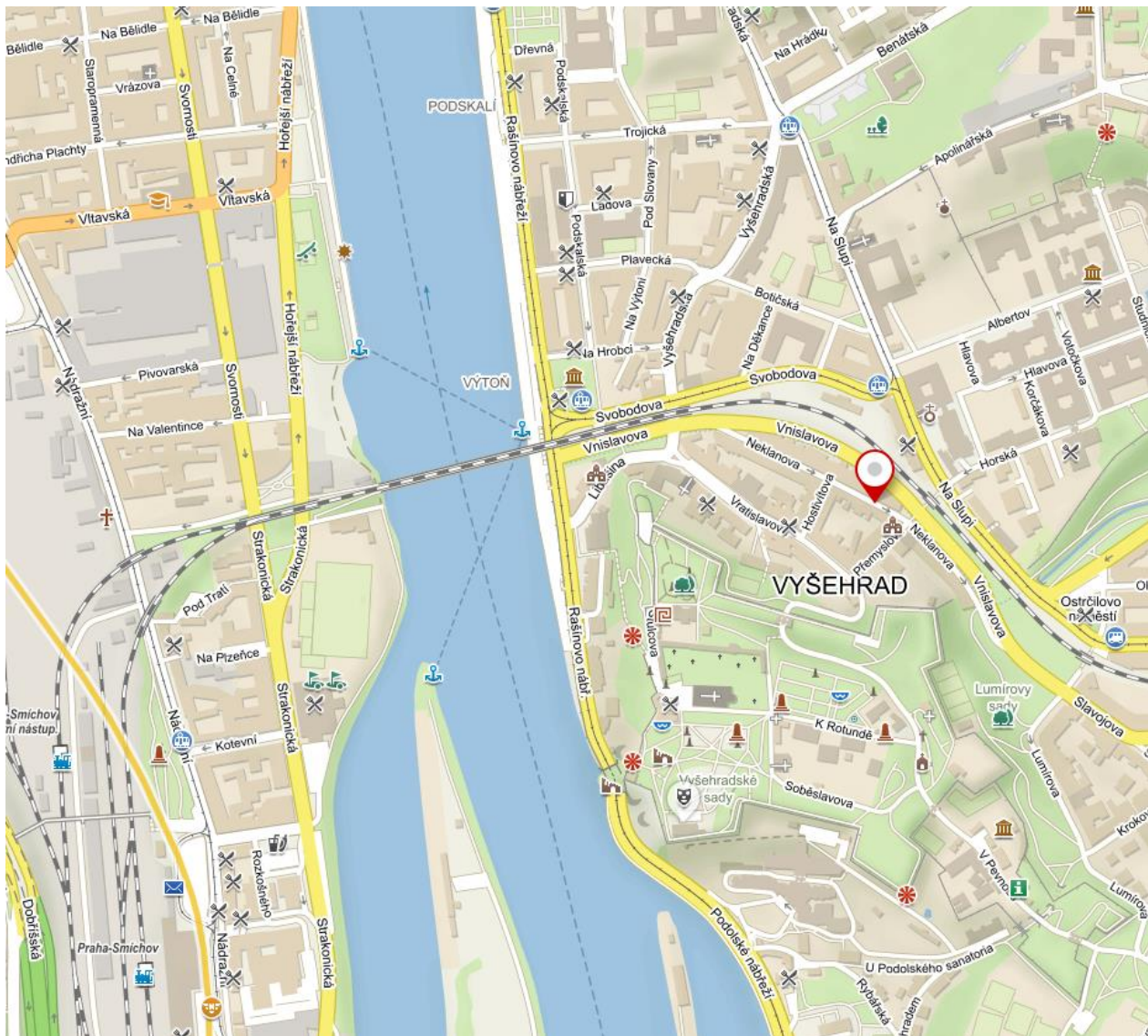
Objednatel: SŽDC, s.o.	11.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepoččet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

1.11 Územní podmínky

Přemostění se nachází na jižním okraji centra hl. m. Prahy. Mostní objekt přes 100 let spoluutváří panorama Prahy a to jak při severním pohledu na Pražský hrad, tak při jižním pohledu na baziliku svatého Petra a Pavla (Vyšehrad). Mostní objekt je součástí památkové rezervace. Při návrhu rekonstrukce mostu je třeba přistupovat s ohledem na tuto skutečnost.

Přístupy k mostu jsou dány průjezdem po místních komunikacích v centru města Prahy. Další možností je přístup v ose po trati. Pro zásobování stavby materiálem je možné využít i lodní dopravu po řece Vltavě.



Situace železničního přemostění Vltavy a navazující výtoňské předpolí

Objednatel: SŽDC, s.o.	12.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepočít nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

1.12 Materiálové zkoušky vzorků ocelové nosné konstrukce

1.12.1 Materiálové zkoušky obecně

V rámci průzkumných prací na SO 20-20-05 (most v km 3,706 Pod Vyšehradem) byly provedeny laboratorní práce ve zkušebně CZ FERMET s.r.o, Kladno.

Materiál mostu byl dodán společně s mostem přes Vltavu SO 20-20-05 (most v km 3,706 Pod Vyšehradem)

1.12.2 Výsledky mechanických zkoušek

Z materiálových zkoušek vzorků oceli bylo zjištěno, že mez kluzu odpovídá charakteristickým hodnotám dle Metodického pokynu pro plávkovou ocel. Při zkouškách byla dosažena vysoká tažnost **od 33% do 41%**. Minimální hodnota tažnosti dle dnešních dodacích norem je pro ocel S235 JR **26%**. Vlastnosti v příčném směru **Q** a podélném směru **L** se výrazně neliší, což je typickým znakem plávkové oceli. Modul pružnosti **E** byl naměřen **od 192 GPa do 207 GPa** (v průměru 197 GPa).

Kontrolně byly provedeny zkoušky vrubové houževnatosti při pokojové teplotě +23 °C. Hodnoty nárazové práce u plechu byly **8 J až 42 J** a u válcovaného profilu **18 J až 155J**.

Hodnoty nárazové práce odpovídají přibližně oceli jakosti **JR**, která je pro dynamicky namáhané konstrukce **zcela nevhodná**. Důvodem je vyšší náchylnost k náhlým porušením křehkým lomem.

Dle současné ČSN EN 1993-2 tab. 3.1 je požadováno pro tloušťky do 30 mm hodnota vrubové houževnatosti (absorbované energie při zkoušce rázem v ohybu) **min 27J při teplotě -20°C**, což v daném případě **není splněno**.

Dále z hlediska současných požadavků na základní materiál železničních mostů, které jsou definovány v TKP SSD kap. 19, čl. 19.2.1 není použití oceli jakosti **JR** pro mostní konstrukce **nepřípustné**.

Rok výroby	Materiál pevnostní třídy	Dovolené namáhání σ_{adm} [MPa]	Zaručená mez kluzu f_y [MPa]	Mez pevnosti f_u [MPa]	Norma
do 1894	svářkové železo	130	210	340	
1895- 1904	svářkové železo	130	210	340	Nařízení 97/1904
	plávková ocel	140	230	360	

Pro posouzení průřezů v rámci určování zatížitelnosti a posouzení přechodnosti byly použity základní hodnoty zaručených mezí kluzu dle Metodického pokynu 2015. Ze zkoušek vyplývá mírně vyšší hodnota meze kluzu, ale hodnota meze pevnosti odpovídá hodnotě dle MP. Rovněž počet vzorků a jejich rozložení po délce konstrukce není pro statistické vyhodnocení zcela průkazný pro možnost uvažování vyšších hodnot meze kluzu, než udává Metodický pokyn.

Objednatel: SŽDC, s.o.	13.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepočet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

1.13 Podrobná prohlídka ocelové nosné konstrukce

1.13.1 Rekapitulace vyhodnocení průzkumu korozního oslabení prvků OK

V rámci průzkumu nebylo zjištěno zhoršení stavu od provedení opravy v roce 1997. Korozní oslabení bylo uvažováno dle Statického přepočtu z roku 2004 následovně [4.5] :

NK1 až NK3

Hlavní nosník: oslabení horní a dolní pásnice o 2 mm (vnější lamela pásnice)

NK4

Hlavní nosník: oslabení horní pásnice o 2 mm (vnější lamela pásnice)

NK1 až NK4

Podélník: oslabení 5% horní pásnice (přidaná lamela)

Objednatel: SŽDC, s.o.	14.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepočet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

2. ROZBOR ZATÍŽENÍ

2.1 VŠEOBECNĚ

Zatížitelnost mostu je stanovena dle Metodického pokynu SŽDC (MP 2015) tzn. podle metodiky souboru norem ČSN EN.

Uvažované zatěžovací schéma pro stanovení zatížitelnosti je **Model zatížení LM 71** s klasifikačním součinitelem zatížení $\alpha=1,00$. Dynamické součinitele jsou uvažovány pro standardně udržovanou kolej Φ_3 . U prvků mostovky byly použity dynamické součinitele pro lokální systém Φ_3 .

Při stanovení zatížitelnosti a posouzení přechodnosti dle MP 2015 byly stanoveny součinitele spolehlivosti zatížení i materiálu na základě stáří a zbytkové životnosti konstrukce (příloha F daného MP). Parciální součinitele spolehlivosti byly stanoveny při uvažování zbytkové životnosti **30 let** v základním nastavení. U nevyhovujících posudků byla přechodnost stanovena pro zbytkovou životnost **5 let**.

V níže uvedené tabulce je pro informativní přehled uvedeno porovnání celkové bezpečnosti zatížení dopravou podle jednotlivých předpisů.

PŘEDPIS	Parciální součinitele		Celková bezpečnost zatížení dopravou	Poznámka
	zatížení (vlak)	materiál		
	γ_F	γ_M		
ČSN (ČSN 73 6203)	1,40	1,15	1,61	<i>větší bezpečnost oproti předpisu SŽDC SR 5 (S)</i>
SŽDC SR 5 (S)	1,25	1,15	1,44	
EC 1 ČSN EN 1991-2	1,45	1,00	1,45	<i>shodná bezpečnost s předpisem SŽDC SR 5 (S)</i>
Metodický pokyn 2015	1,30	1,1	1,43	<i>pro zbytkovou životnost 30 let</i>
Metodický pokyn 2015	1,155	1,065	1,23	<i>pro zbytkovou životnost 5 let</i>

Parciální součinitele bezpečnosti nahodilého zatížení dopravou dle jednotlivých normativů

Pro výpočet vnitřních sil byly použity kombinace dle ČSN EN 1990 a ČSN 1991-2. Pro charakteristickou kombinaci bylo použito rovnice **6.10a** a rovnice **6.10b** tak, aby byly využity veškeré přesnější normové postupy. Výpočet součinitele ξ pro kombinaci **6.10b** byl proveden podle zásad ČSN EN 1990 jako poměr součinitelů spolehlivosti stálého zatížení při uvažování jako hlavní (dominantní) a jako vedlejší zatížení.

Poznámka: $\xi = 0,85$ se v daném případě redukce součinitelů zatížení nesmí použít!

Jednotlivé zatěžovací stavy jsou dle charakteru sestaveny do dílčích obálkových stavů tzv. skupin zatěžovacích stavů, které jsou dále vzájemně kombinovány. Kombinace zatížení byly použity z ČSN EN 1990:2002/A1. Z hlediska kombinace je k zatížení železniční dopravou přistupováno jako k jednomu vícesložkovému zatížení tzn. skupiny **gr11** a **gr12** (viz ČSN EN 1991-2).

Objednatel: SŽDC, s.o.	15.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepoččet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

2.2 PŘEHLED KOMBINACÍ SKUPIN ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ

Jednotlivé zatěžovací stavy jsou dle charakteru sestaveny do dílčích obálkových stavů tzv. skupin zatěžovacích stavů, které jsou dále vzájemně kombinovány. Charakteristické základní kombinace zatížení byly použity z ČSN EN 1990:2002/A1 pro mezní stav únosnosti (MSÚ) rovnice 6.10a a 6.10.b (STR/GEO), které zohledňují hlavní a vedlejší zatížení pro jednotlivé dominantní skupiny zatěžovacích stavů. V daném případě se jedná o skupinu stálých zatížení a zatížení dopravou.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10a)$$

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10b)$$

kde “+” značí „kombinovaný s“;

Uvažována byla vždy méně příznivá kombinace z výše uvedených dvou.

Tabulka kombinací zatěžovacích stavů použitých pro stanovení zatížitelnosti konstrukce:

POL.	NÁZEV SKUPINY ZS	POPIS	KAT.	SOUČ. ZAT.				KOMBINACE OBÁLEK SKUPIN ZS				
				γf.uls.1	γf.uls.2	γf.sls.1	γf.sls.2	K1	K2	K3	K4	K10
								ADD	ADD	ADD	ADD	ADD
1	G0	Vlastní tíha OK	G	1.2	1	1	1	1.00	1.00	0.95	0.95	
2	G1	Ostatní stálé - mostní vybavení	G	1.2	1	1	1	1.00	1.00	0.95	0.95	
3	G2	Ostatní stálé - cizí zařízení	G	1.2	1	1	1	1.00	1.00	0.95	0.95	
4	P71	a.LM71 - kolej 1 (bez dyn. souč.)	P	1.3		1		0.80	0.80	1.00	1.00	
5	PC3	TTZ C3 - kolej 1 (bez dyn. souč.)	P	1.3		1						1.00
6	BR	Brzdné a rozjezdové síly	P	1.3	-1.3	1	-1	0.80	0.40	1.00	0.50	
7	S	Boční ráz	P	1.3	-1.3	1	-1	0.40	0.80	0.50	1.00	
8	CH	Chodci na lávkách (revizních)	P	1.3		1		0.80	0.80	0.80	0.80	
9	W	Vítr na konstrukci	P	1.35	-1.35	1		0.75	0.75	0.75	0.75	
10	WP	Vítr na vozidla	Q	1.35	-1.35	1	-1	0.75	0.75	0.75	0.75	
11	TR	Teplota rovnoměrná	Q	1.35	-1.35	1	-1	0.60	0.60	0.60	0.60	
12	PD4	TTZ D4 - kolej 1 (bez dyn. souč.)	Q	1.3		1						
13												
14												
15												
16												
35												

G - STÁLE ZATÍŽENÍ

Q - NAHODILÉ KRÁTKODOBÉ

P - POHYBLIVÉ ZATÍŽENÍ DOPRAVOU

CHAR. gr21 - P_71_6.10a	CHAR. gr22 - P_71_6.10a	CHAR. gr21 - P_71_6.10b	CHAR. gr22 - P_71_6.10b	fat - P_C3
-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	------------

Objednatel: SŽDC, s.o.	16.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepoččet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

Tabulka kombinací zatěžovacích stavů použitých pro určení přechodnosti konstrukce:

POL.	NÁZEV SKUPINY ZS	POPIS	KAT.	SOUČ. ZAT.				KOMBINACE OBÁLEK SKUPIN ZS				
				$\gamma f_{uls.1}$	$\gamma f_{uls.2}$	$\gamma f_{sls.1}$	$\gamma f_{sls.2}$	K5	K6	K7	K8	K10
								ADD	ADD	ADD	ADD	ADD
1	G0	Vlastní tíha OK	G	1.2	1	1	1	1.00	1.00	0.95	0.95	
2	G1	Ostatní stálé - mostní vybavení	G	1.2	1	1	1	1.00	1.00	0.95	0.95	
3	G2	Ostatní stálé - cizí zařízení	G	1.2	1	1	1	1.00	1.00	0.95	0.95	
4	P71	a.LM71 - kolej 1 (bez dyn. souč.)	P	1.3		1						
5	PC3	TTZ C3 - kolej 1 (bez dyn. souč.)	P	1.3		1						1.00
6	BR	Brzdné a rozjezdové síly	P	1.3	-1.3	1	-1	0.72	0.36	0.90	0.45	
7	S	Boční ráz	P	1.3	-1.3	1	-1	0.36	0.72	0.45	0.90	
8	CH	Chodci na lávkách (revizních)	P	1.3		1		0.80	0.80	0.80	0.80	
9	W	Vítr na konstrukci	P	1.35	-1.35	1		0.75	0.75	0.75	0.75	
10	WP	Vítr na vozidla	Q	1.35	-1.35	1	-1	0.75	0.75	0.75	0.75	
11	TR	Teplota rovnoměrná	Q	1.35	-1.35	1	-1	1.00	1.00	1.00	1.00	
12	PD4	TTZ D4 - kolej 1 (bez dyn. souč.)	Q	1.3		1		0.80	0.80	1.00	1.00	
13												
14												
15												
16												
35												

G - STÁLE ZATÍŽENÍ
Q - NAHODILÉ KRÁTKODOBÉ
P - POHYBLIVÉ ZATÍŽENÍ DOPRAVOU

CHAR. gr21 - P_D4_6.10a	CHAR. gr22 - P_D4_6.10a	CHAR. gr21 - P_D4_6.10b	CHAR. gr22 - P_D4_6.10b	fat - P_C3
-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	------------

Objednatel: SŽDC, s.o.	17.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepoččet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

2.3 PARCIÁLNÍ SOUČiniteLE SPOLEHLIVOSTI ZATÍŽENÍ

Přehled parciálních součinitelů spolehlivosti dle přílohy F metodického pokynu použitých v posudcích při stanovení zatížitelnosti. Pro stanovení zatížitelnosti byly použity součinitele pro požadovanou zbytkovou životnost **30 let**. Pro posouzení přechodnosti byly použity součinitele pro zbytkovou životnost **30 let**. Pro porovnání jsou uvedeny i součinitele pro návrhovou dobu 5 let a 100 let.

Stáří konstrukce		117	let	let	
Zbytková životnost	N	5	30	100	
Index spolehlivosti	$\beta_t =$	2.791	3.322	3.800	Tab. F.1

Stálé zatížení	$\gamma_G =$	1.200	1.200	1.200	F.1.4 pro 6.10b
	$\xi =$	0.947	0.938	0.930	
	$\gamma_{G.a} =$	1.153	1.172	1.190	
	$\gamma_{G.b} =$	1.091	1.099	1.106	
	$\gamma_{Sd} =$	1.050	1.050	1.050	hlavní vedlejší min. 0.02
	$\alpha E =$	-0.700	-0.700	-0.700	
	$\alpha E =$	-0.280	-0.280	-0.280	
	$V_G =$	0.050	0.050	0.050	
Pohyblivé zatížení	$\gamma_{F,LM71} =$	1.155	1.301	1.442	F.1.5
	$\gamma_{Sd} =$	1.050	1.050	1.050	
	$V_Q =$	0.290	0.290	0.290	
	$\alpha E =$	-0.700	-0.700	-0.700	
	$(-\alpha E \cdot \beta_t)$	1.954	2.325	2.660	
	$\phi(-\alpha E \cdot \beta_t)$	0.974	0.990	0.996	Tab. 1
Zatížení větrem	$\gamma_{F,w} =$	1.152	1.357	1.516	F.1.6
	$\gamma_{Sd} =$	1.050	1.050	1.050	
	$V_{Q,w} =$	0.120	0.120	0.120	
	$\alpha E =$	-0.700	-0.700	-0.700	
	$(-\alpha E \cdot \beta_t)$	1.954	2.325	2.660	
	$\phi(-\alpha E \cdot \beta_t) =$	0.974	0.990	0.996	
Materiálový součinitel	$\gamma_{M0} =$	1.065	1.105	1.097	F.1.7
	$\gamma_{Rd} =$	1.000	1.000	1.000	
	$\alpha_R =$	-0.800	-0.800	-0.800	
	$k_{\alpha x} =$	1.645	1.645	1.645	
	$m_a =$	1.030	1.030	1.030	
	$v_a =$	0.067	0.067	0.067	
	$a_a =$	0.000	0.000	0.000	
	$v_r =$	0.084	0.084	0.084	
	$a_r =$	0.509	0.509	0.509	
	$k_k =$	0.200	0.200	0.200	
	$k_d =$	0.312	0.377	0.420	Tab F.2
Materiálový součinitel	$\gamma_{M1} =$	1.172	1.216	1.206	F.1.7
	$\gamma_{Rd} =$	1.100	1.100	1.100	

Objednatel: SŽDC, s.o.	18.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepoččet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

2.3.1 Skupina zatížení G0 - stálé - vlastní tíha

Skupina zatížení/Popis

G0.1 - vlastní tíha konstrukce mostu

G0.2 - vlastní tíha železničního svršku

Ve výpočetním modelu zadáno pomocí modulu generovaného zatížení vl. tíhou. (hodnota $Z=-1$)

Zatížení zadáno v ose prutů ve směru globální osy Z. Při výpočtu zatížení vlastní tíhou je uvažováno tíhové zrychlení $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.

Tíha nemodelovaných prvků modelu tzn. styčnickových plechů, výplňových spojek členěných prutů, revizních made apod. je zohledněna zvětšením (objemové hmotnosti) o 25% na hodnotu $1,25 \cdot 7850 \text{ kg. m}^{-3} \sim 9810 \text{ kg. m}^{-3}$.

Objemová hmotnost dřeva impregnovaných mostnic je uvažována $\sim 700 \text{ kg. m}^{-3}$.

Železniční svršek je uvažován $2 \times 49 \text{ kg/m} + 2 \times 15 \text{ kg/m}$ podkladnice + upevňovadla

Výpočet hmotnosti ocelové konstrukce byl sestavován z dostupných archivních podkladů. Hmotnost jedné ocelové konstrukce byl stanoven **30 t**.

MODELOVANÉ PRVKY - HLAVNÍ MOSTNÍ KONSTRUKCE

Označ.	Část zatížení	Zatíž. (kN.m-1)	počet (ks)/(m)	zatížení (kN)
G0.1	Nosná konstrukce vč. konzol	1	1	300
G0.1	Ložiska	-	4	0

G0.1 : kontrola reakcí Rz: Celkem NK1 = **300 kN**
1.53 t.m⁻¹

MODELOVANÉ PRVKY - MOSTNÍ VYBAVENÍ

Označ.	Část zatížení	Zatíž. (kN.m-1)	počet (ks)/(m)	zatížení (kN)
G0.2	Kolejnice S49 a upevňovadla	1.3	20	25
G0.2	Mostnice	1.0	34	33

G0.2 : kontrola reakcí Rz: Celkem NK1 = **58 kN**
0.08 t.m⁻¹

G0 : kontrola reakcí Rz: Celkem NK1 = **358 kN**
1.82 t.m⁻¹

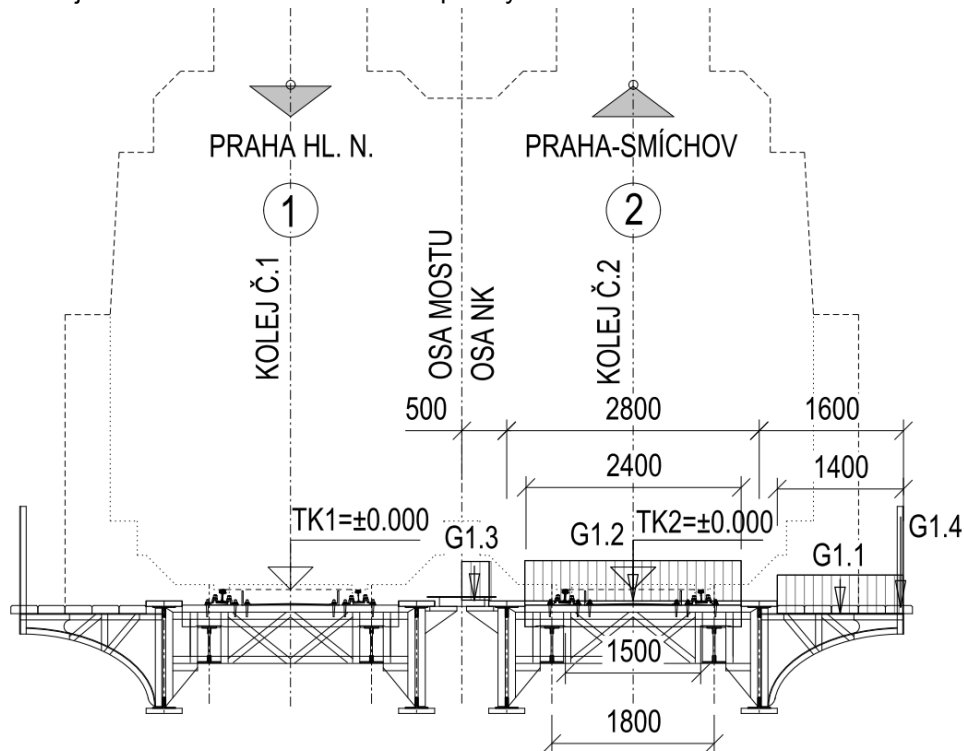
Objednatel: SŽDC, s.o.	19.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepočet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

2.3.2 Skupina zatěžovacích stavů G1 - Ostatní stálé

Skupina zatížení/Popis

G1 - povrch na vnějších chodnících a chodníkové plechy služebních chodníků



Uvažování zatížení stálým a dlouhodobým zatížením ve výpočetním modelu - roznos v příčném směru

Zatížení je ve výpočetním modelu zadáno jako spojitě liniové v ose příčníků nebo chodníkových konzol. Zábradlí je zadáno jako uzlové zatížení na konci prutu vnější konzoly.

Objednatel: SŽDC, s.o.	20.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“
SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň

ČÁST : Statický přepočet nosné konstrukce mostu v km 3,545

STUPEŇ : PD

PODLAHA CHODNÍKŮ - FOŠNY TL. 50 mm

v ose vnější konzoly

Označ.	Část zatížení	Délka konzoly (m)	Zatěž. délka (m)	jednot. zatížení (kN/m)	liniové zatížení (kN/m)	excentr. (m)	momentové zatížení (kNm/m)
G1.1.1	konzola 0,8	1.40	1.43	0.42	0.43	0	0.00
G1.1.2	konzola 1-7	1.40	2.36	0.42	0.71	0	0.00

uvažováno mokré dřevo s objemovou hmotností 600 kg.m⁻³

G1.1 : kontrola reakcí Rz: délka NK = 19.38 m 8.1 kN

PODLAHOVÉ PLECHY

v ose příčniku

Označ.	Část zatížení	Délka příčniku (m)	Zatěž. délka (m)	jednot. zatížení (kN/m)	liniové zatížení (kN/m)	excentr. (m)	momentové zatížení (kNm/m)
G1.2.1	příčník 0,8	2.40	1.43	0.7	0.42	0	0.00
G1.2.2	příčník 1-7	2.80	2.36	0.7	0.59	0	0.00

G1.2 : kontrola reakcí Rz: délka NK = 19.38 m 11.9 kN

PODLAHOVÉ PLECHY + KABELOVÉ TRASY

vnitřní konzola

Označ.	Část zatížení	Délka (m)	Zatěž. délka (m)	jednot. zatížení (kN/m)	liniové zatížení (kN/m)	excentr. (m)	momentové zatížení (kNm/m)
G1.3.1	příčník 0,8	0.50	1.43	0.8	2.29	0	0.00
G1.3.2	příčník 1-7	0.50	2.36	0.8	3.78	0	0.00

G1.3 : kontrola reakcí Rz: délka NK = 19.38 m 15.5 kN

ZÁBRADLÍ

konec vnější konzoly

Označ.	Část zatížení	Délka (m)	Zatěž. délka (m)	jednot. zatížení (kN/m)	uzlové zatížení (kN)	excentr. (m)	momentové zatížení (kNm/m)
G1.4.1	stycník 0,8	1.10	1.43	0.5	0.72	0	0.00
G1.4.2	stycník 1-7	1.10	2.36	0.5	1.18	0	0.00

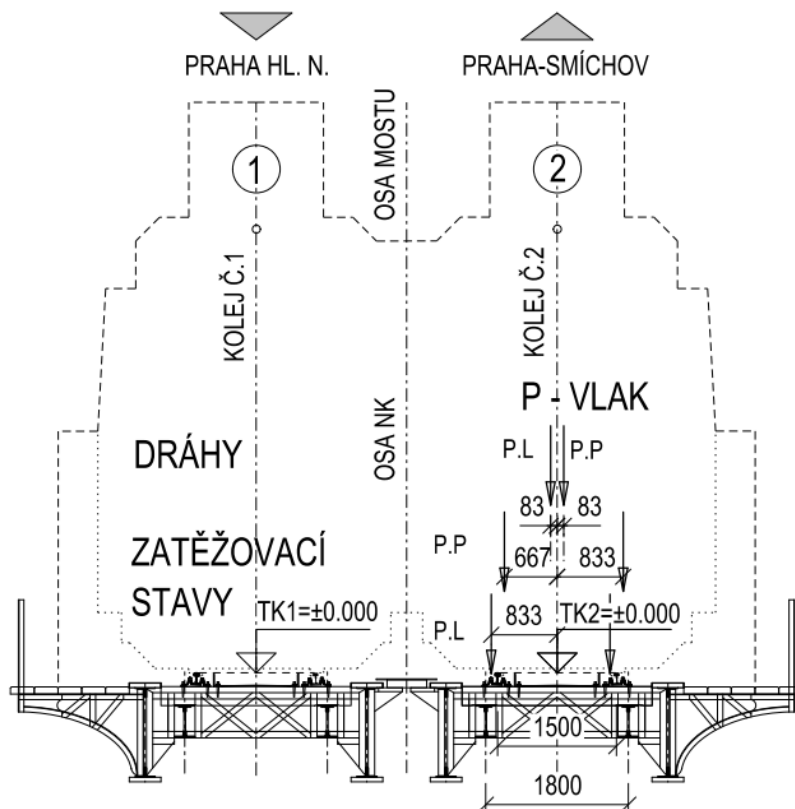
G1.4: kontrola reakcí Rz: délka NK = 19.38 m 9.7 kN

AKCE :	„Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepočet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD	

2.3.3 Skupina zatěžovacích stavů P - Svislá zatížení železniční dopravou

Skupina zatížení/Popis

P - pohyblivé zatížení kolejovou dopravou

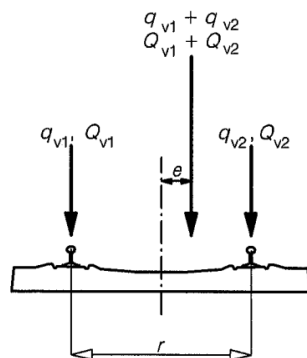


Uvažování zatížení železniční dopravou ve výpočetním modelu - roznos v příčném směru

Popis zadání pohyblivého zatížení v 3D prutovém výpočetním modelu:

Pro zadání pohyblivého zatížení na prutový model byly vytvořeny dráhy, které byly k prutům kolejnic přiřazeny s excentricitou +83 mm/ -83 mm viz poměr zatížení kolejnicových pásů v poměru 4:5.

Celkem byly sestaveny 2 dráhy na prutovém 3D modelu (P. L, P. P) pro krajní polohy vlevo resp. vpravo výslednice zatížení (viz excentricita e).



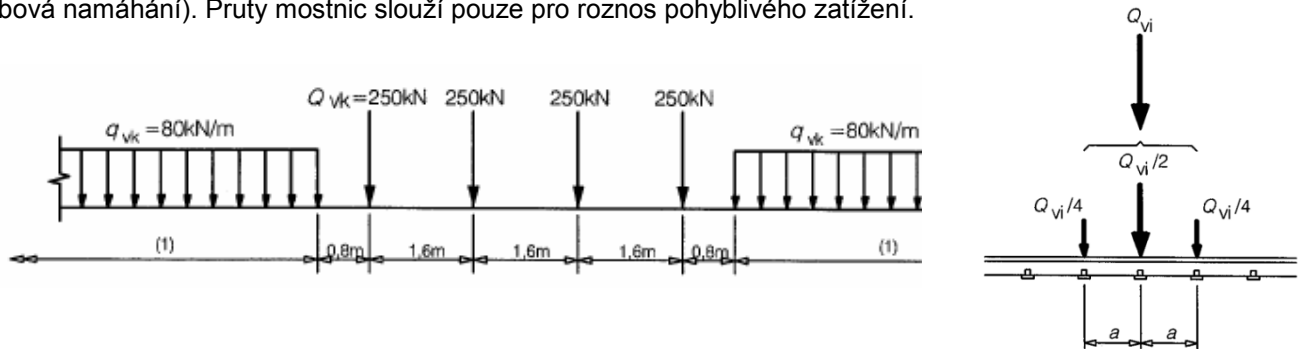
excentricita svislých zatížení dle ČSN EN 1991-2

Pruty kolejnic nespolutřpůsobí s globálním systémem. Ve výpočetním programu MIDAS je zatížení roznášeno na pruty zařazených do skupiny tzv. "crossbeams" se zadaným rozchodem $r = 1,5$ m.

Objednatel: SŽDC, s.o.		22.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s		

AKCE :	„Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepoččet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD	

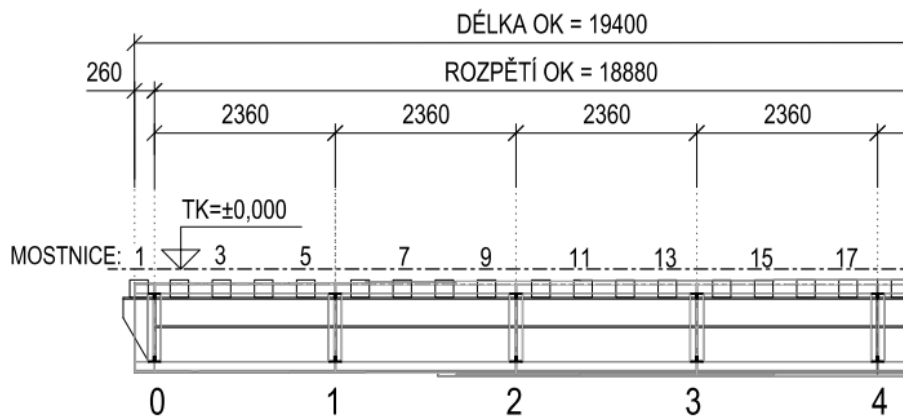
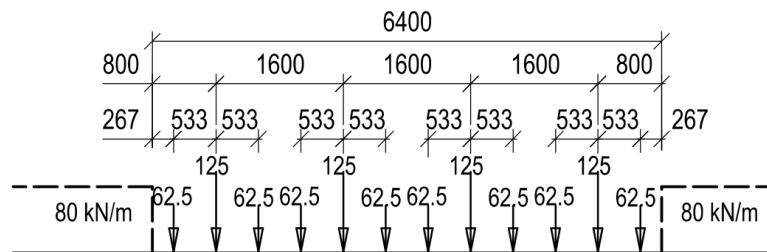
Skupina "crossbeams" je tvořena pruty mostnic, které jsou připojené k prutům podélníků tak, aby se přenášely pouze svislé a vodorovné účinky, ale nespoleupůsobily s lokálním systémem mostovky (dodatečná ohybová namáhání). Pruty mostnic slouží pouze pro roznos pohyblivého zatížení.



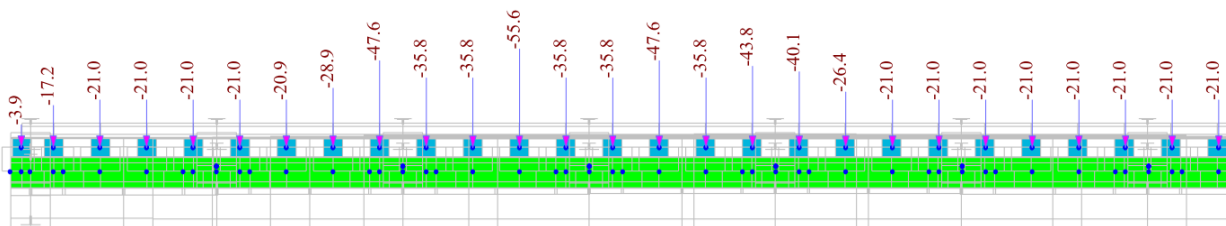
Základní zatěžovací schéma 71

v podélném směru

Pro roznos v podélném směru je zvolena vzdálenost $a = 0,533$ m, což odpovídá průměrné vzdálenosti mostnic.

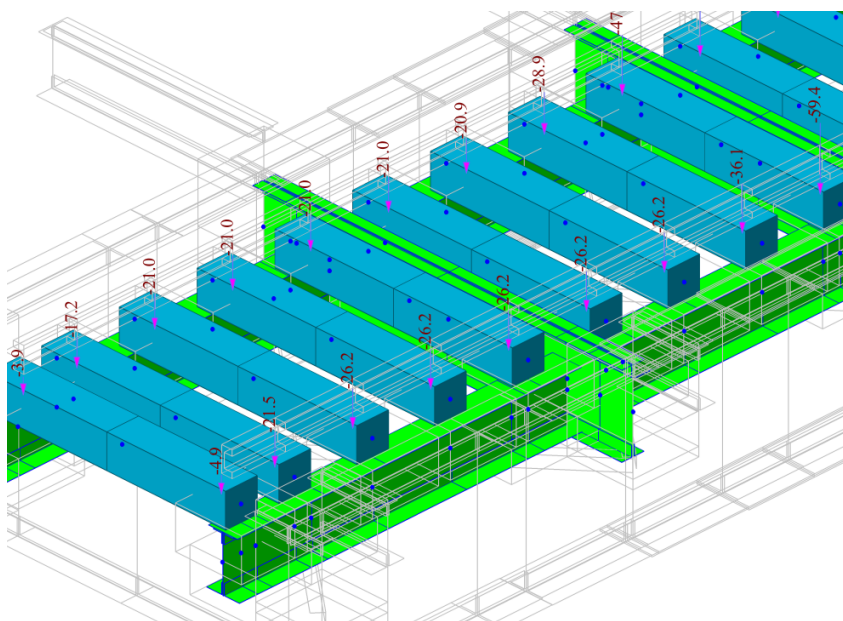


Roznos zatěžovacího schématu LM71 v podélném směru dle ČSN EN 1991-2



Příklad roznosu zatěžovacího schématu LM71 v podélném směru na mostnice (síly v jedné kolejnici)

Objednatel: SŽDC, s.o.		23.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s		



Příklad roznosu zatěžovacího schématu LM71 na mostnice - axonometrický pohled

Pro posouzení přechodnosti D4 je základní schéma traťové třídy zatížení dle ČSN EN 15 528 rozneseno shodně na tři mostnice v poměru 25 : 50 : 25

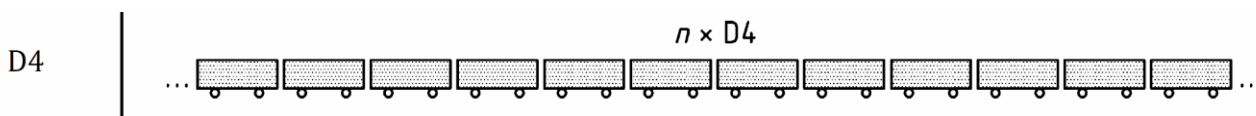


Schéma TTZ D4 - celkové schéma ze základních částí

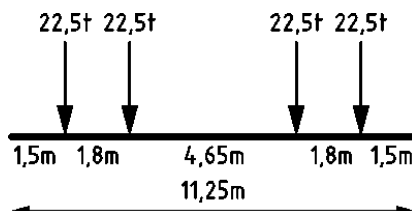
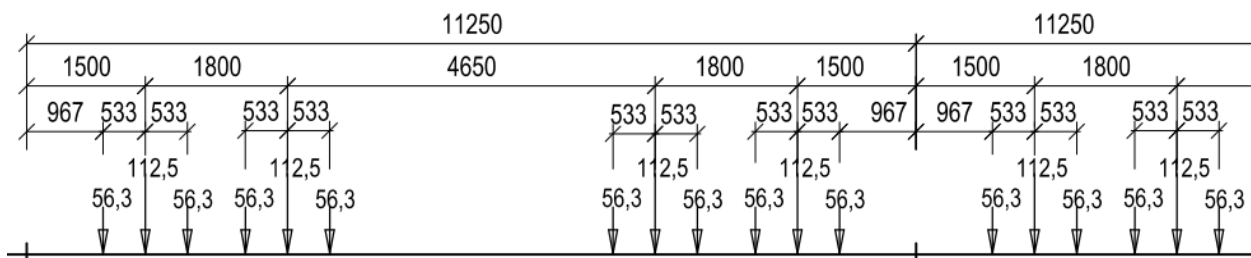


Schéma TTZ D4 - základní část



Roznos zatěžovacího schématu TTZ D4 v podélném směru

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepočít nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

Dynamický součinitel

pro standardně udržovanou kolej	$\Phi_3 = 2,16/(L_\Phi^{0,5-0,2})+0,73$	< 2,00	Přechodnost
pro pečlivě udržovanou kolej	$\Phi_2 = 1,73/(L_\Phi^{0,5-0,2})+0,82$	< 1,67	pro rychlost 70 km.h ⁻¹

Náhradní délky prvků NK			Φ_3	Φ_2	Φ_3	Φ_2
hlavní nosník	L = 18.880	m			n ₀	n ₀
rozpětí ve směru hlavních nosníků	L _Φ = L	m			1.335	1.190
případ 5.1	L _Φ = 18.88	m	1.251	1.167		
prvková mostovka - příčník	L _{pr} = 2.800	m				
dvojnásobek délky příčníků	L _Φ = 2.L _{pr}	m			1.770	1.425
případ 3.3	L _Φ = 5.60	m	1.727	1.485		
prvková mostovka - koncový příčník	L _{pr} = 2.800	m				
3,6 m, případ 3.4	L _Φ = 3.6	m			1.790	1.430
	L _Φ = 3.60	m	2.000	1.668		
prvková mostovka - podélník L1	a _{pr} = 2.360	m				
apr + 3,0 m, případ 3.1	L _Φ = apr + 3	m			1.775	1.425
	L _Φ = 5.36	m	1.751	1.501		

Pro posouzení mezního stavu únosnosti je použit dynamický součinitel Φ_3 a pro mezní stav únavy Φ_2 dle NA k ČSN EN 1991-2

Pro posouzení mezního stavu únavy byl použit součinitel pro rychlost 60 km.h⁻¹

$\Phi_2 = 1.17$ pro hlavní nosník

$\Phi_2 = 1.36$ pro podélník

Pro přepočít spekter rozkmitů napětí byl použit dynamický součinitel pro $\varphi"/2$

$1 + \varphi"/2 = 1,101$ pro hlavní nosník

$1 + \varphi"/2 = 1,251$ pro podélník

2.3.4 Skupina zatěžovacích stavů T - Zatížení teplotou

Skupina zatížení Popis

TR - zatížení rovnoměrnou složkou teploty

TN - zatížení nerovnoměrnou složkou teploty

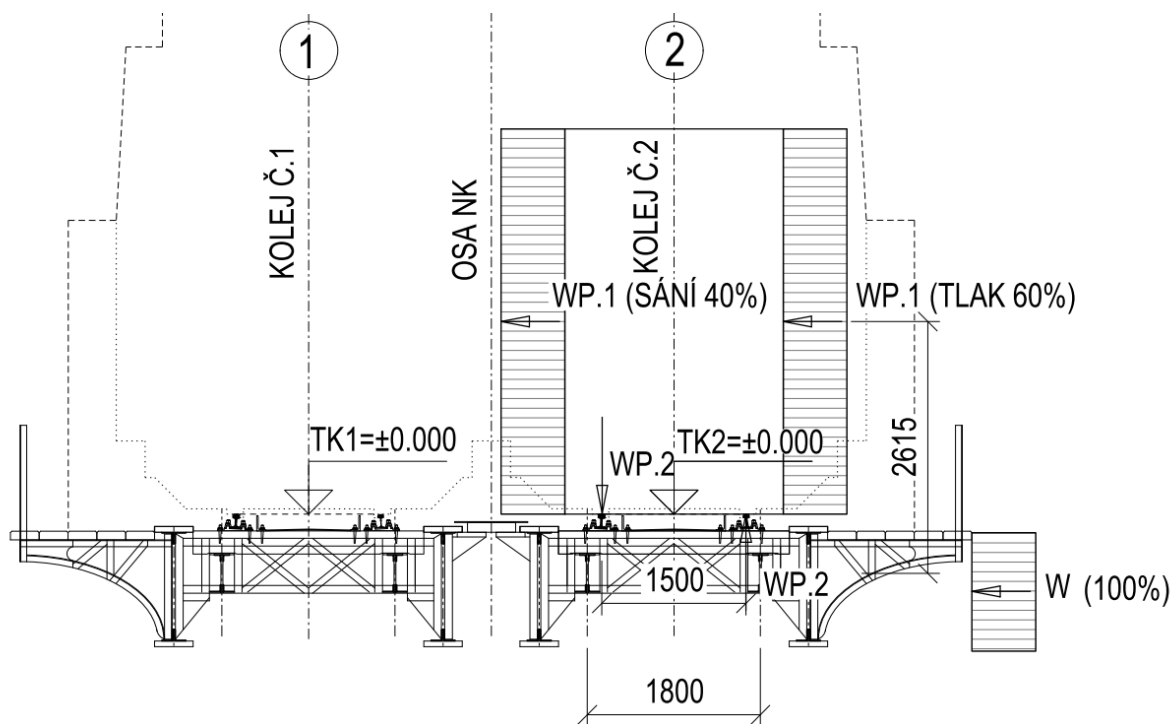
S ohledem na statickou určitost konstrukce není zatížení teplotou pro posouzení hlavního nosného systému uvažováno. Zatížení nevyvolává v průřezu hlavního nosníku vnitřní síly tzn. ani napjatost.

Objednatel: SŽDC, s.o.	25.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepočet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

2.3.5 Skupina zatěžovacích stavů W - Zatížení větrem

Skupina zatížení	Popis
W-Y	- vítr kolmo na mostní konstrukci
WP-Y	- vítr kolmo na pohyblivé zatížení dopravou



Uvažování zatížení větrem ve výpočetním modelu - roznos v příčném směru

Zatížení větrem je zadáno na konstrukci mostu dle průmětu jednotlivých prvků. Na návětrné straně je uvažováno 100%. Tlak větru je uvažován pouze na jeden nosník (návětrný).

Roznos zatížení je ve výpočetním modelu uvažován na prvky podélníků svislým přitížením resp. odlehčením (ohybový účinek od excentricity působíště vodorovné síly) a vodorovným zatížením, které je rozděleno na oba podélníky shodně v poměru 50:50.

Pro výpočet účinků byly na výpočetní model zadány tyto zatěžovací stavy, z kterých byly vytvořeny obálové zatěžovací stavy **W** a **WP**:

Skupina zatěžovacích stavů W (vítr na konstrukci mostu)

1. W+ Y - vítr na konstrukci zprava
2. W- Y - vítr na konstrukci zleva

Skupina zatěžovacích stavů WP (vítr na pás dopravního zatížení)

1. WP + Y - vítr na dopravu v koleji - zprava
2. WP - Y - vítr na dopravu v koleji - zleva

W-X - vítr podél mostní konstrukce

W-Z - vítr svisle na mostní konstrukci (přítlak resp. vztlak)

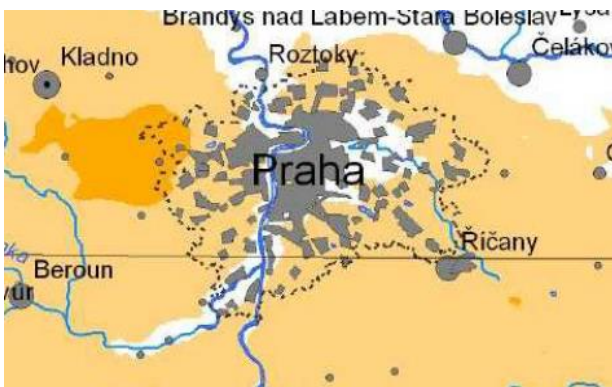
Zatížení podélným větrem a zatížení svislým větrem není při rozhodující kombinaci zatížení společně s pohyblivým zatížením vlakem uvažováno. Tato zatížení nejsou pro danou mostní konstrukci rozhodující pro stanovení zatížitelnosti.

Objednatel: SŽDC, s.o.	26.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

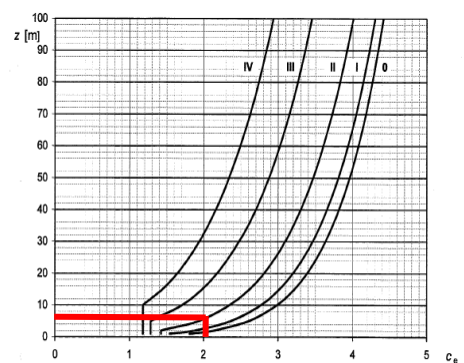
AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepočet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

Tlak větru na most - ve směru Y

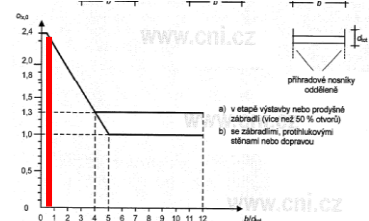
	$F_W = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C \cdot A_{ref,y}$	
větrná oblast	větrná oblast =	I
výchozí zákl. rychlost větru	$v_{b,0} =$	22.5 m/s
součinitel směru větru	$C_d =$	1
součinitel ročního období	$C_s =$	1
základní rychlost větru	$v_b = C_d \cdot C_s \cdot v_{b,0}$ $=$	22.5 m/s
oblast expozice	terenie	III
výška nad terénem	$z =$	6 m
součinitel expozice	$C_e =$	2.1
šířka mostu	$b =$	5 m
výška mostu	$d_{tot} =$	5.25 m
délka NK mostu	$l =$	79 m
plocha průmětu NK	$A =$	24 m ²
celková plocha obrysu NK	$A_c =$	24 m ²
součinitel plnosti	$\phi = A/A_c$ $=$	1.00
součinitel síly	$C_{f,y,0} =$	2.23 pro $b/d_{tot} = 0.95$
	$\lambda =$	21.1
Součinitel koncového efektu	$\psi_\lambda =$	1.00
součinitel síly	$C_f = C_{f,0} \cdot \psi_\lambda$	
součinitel síly	$C_{f,y} =$	2.23
součinitel zatížení větrem	$C = C_e \cdot C_{f,y}$ $=$	4.69
měrná hmotnost	$\rho =$	1.25 kg/m ³
	$f_W =$	1.48 kN/m ²
působíště:	$e_z =$	0 m (zadáno do osy prutů)



Výřez větrné mapy v oblasti Praha
- větrná oblast I (ČSN EN 1991-1-4)



Obrázek 4.2 – Součinitele expozice $c_e(z)$ pro $c_s = 1,0$ a $k_1 = 1,0$



Obrázek 8.3 – Součinitele síly pro mosty $c_{f,y}$

grafy pro výpočet tlaku větru

Objednatel: SŽDC, s.o.	27.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepočet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

W.Y - nosná konstrukce

prvek	h	f _{w.Y}	spojité zatížení		délka	celkem
hlavní nosník	1.25	1.85	kN/m	liniově	19	36
římsa chodníku a kabel žlaby (návětrná strana)	0.30	0.44	kN/m	liniově	19	9
		0.00	kN/m	liniově	0	0
vlak	4.00	5.93	kN/m	liniově	19	115
Celkem W-Y						160 kN

W.Y - doprava

vlak	H	=	4.00	m	
působíště:	h	=	2.62	m	nad mostovkou
vlak v 1. koleji	r	=	1.80	m	rozchod
svíslé na jeden podélník +/-Z	f _{s.wY}	=	8.62	kN/m	+/- liniově mostovka
vodorovné na jeden podélník +Y	f _{v.wY}	=	2.97	kN/m	liniově mostovka

v ose konzoly

Označ.	Část zatížení	Zatěž. délka (m)	jednot. zatížení (kN/m)	uzlové zatížení (kN)	centric (m)	momentové zatížení (kNm/m)
římsa chodníku a kabel žlaby	konzola 0	1.18	0.44	0.52	0	0.00
římsa chodníku a kabel žlaby	konzola 1	2.36	0.44	1.05	0	0.00
římsa chodníku a kabel žlaby	konzola 2	2.36	0.44	1.05	0	0.00
římsa chodníku a kabel žlaby	konzola 3	2.36	0.44	1.05	0	0.00
římsa chodníku a kabel žlaby	konzola 4-8	2.36	0.44	1.05	0	0.00
Celkem					9	kN

Objednatel: SŽDC, s.o.	28.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepoččet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

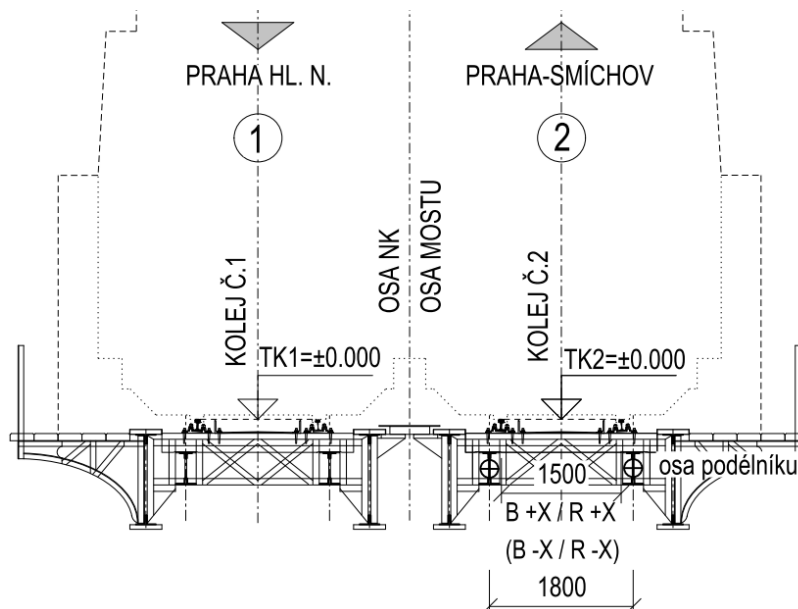
2.3.6 Skupina zatěžovacích stavů BR – Zatížení brzdnými a rozjezdovými silami

Skupina zatížení / Popis

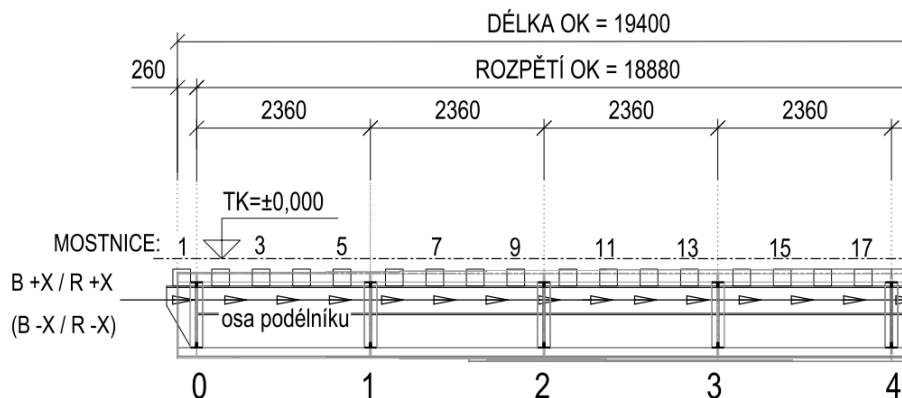
BR - brzdné a rozjezdové síly

B - brzdné síly

R - rozjezdové síly



Uvažování zatížení brzdnými a rozjezdovými silami ve výpočetním modelu - roznos v příčném směru



Uvažování zatížení brzdnými a rozjezdovými silami ve výpočetním modelu - roznos v podélném směru

Pro vystižení reálného chování při zatížení brzdnými silami s uvažováním působení vlastní konstrukce podvozku vozidla (tuhosti podvozku) a spolupůsobením s železničním svrškem je zatížení zadáno na pruty podélníku do osy tak, aby od vodorovných účinků vznikala v podélníku primárně podélná osová síla N_x .

Pro přímé posouzení přechodnosti jsou účinky traťovou třídou zatížení C3 uvažovány jako poměr nápravových sil traťové třídy zatížení **D4** a zatěžovacího schématu LM 71 a tzn. $225 \text{ kN} / 250 \text{ kN} = 0,9$.

Poznámka:

V rámci průzkumu stávající dopravy (skladba 14 reprezentativních souprav viz **únava**) byl vyhodnocen součinitel brzdných sil pro reálný provoz, který v průměru dosahuje hodnoty 0,27, přičemž maximum bylo 0,43 (nákladní vlak NEX).

Objednatel: SŽDC, s.o.	29.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepoččet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

R: rozjezdová síla pro zatěžovací schéma LM-71, klasifikované součinitelem $\alpha = 1.0$

$$\begin{aligned} \text{char. hodnota rozjezdové síly } k \quad q_{la,71,k} &= 33 \cdot 1,00 \text{ kN/m} \\ &= 33.0 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\text{Přičiňující délka NK1} \quad L_{R,1} = 19.38 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Redukční součinitele přenosu } z \quad \xi_{R,1} &= 0.70 \text{ konstrukce NK4} \\ \xi_R &= 0.60 \text{ konstrukce NK1-3} \end{aligned}$$

Zatížení v ose hlavního nosníku T.L/ T.P (1 kolej)

$$\text{NK1} \quad q_{K,1} = 23.1 \text{ kN/m} \quad \text{zatížení v délce 30.3 m}$$

R : kontrola reakcí Rx:

$$\text{Reakce } R_{x,1} \text{ (1 kolej)} \quad R_{x,1} = 448 \text{ kN}$$

B: brzdná síla pro zatěžovací schéma LM-71, klasifikované součinitelem $\alpha = 1.0$

$$\begin{aligned} \text{char. hodnota brzdné síly klasi} \quad q_{lb,71,k} &= 20 \cdot 1,00 \text{ kN/m} \\ &= 20 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$a=1,0$$

$$\text{Přičiňující délka NK1} \quad L_{B,1} = 19.38 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Redukční součinitele přenosu } z \quad \xi_{B,1} &= 0.70 \text{ konstrukce NK4} \\ \xi_{B,1} &= 0.60 \text{ konstrukce NK1-3} \end{aligned}$$

Zatížení v ose koleje (1 kolej)

$$\text{NK1} \quad q_{K,1} = 7.0 \text{ kN/m}$$

B : kontrola reakcí Rx:

$$\text{Reakce } R_{x,1} \text{ (1. kolej)} \quad R_{x,1} = 271 \text{ kN} \quad < 1000 \text{ kN rozhoduje R}$$

$$\text{excentricita osy prutu a TK} \quad e = 0.000 \text{ m}$$

Pro výpočet účinků byly na výpočetní model zadány tyto zatěžovací stavy, z kterých byly vytvořeny obálkové zatěžovací stavy **B** a **R** :

Skupina zatěžovacích stavů B

1. B +X - brzdné síly v koleji č.1 na celé délce mostu ve směru +X (po staničení)
2. B -X - brzdné síly v koleji č.1 na celé délce mostu ve směru -X (proti staničení)

Skupina zatěžovacích stavů R

3. R +X - rozjezdové síly koleji č.1 na celé délce mostu ve směru +X (po staničení)
- R -X - rozjezdové síly koleji č.1 na celé délce mostu ve směru -X (proti staničení)

S ohledem na uspořádání kolejnicového dilatačního zařízení (KDZ) na přechodu na mostní konstrukci Pod Vyšehradem v místě opěry OP2 a bezстыkové koleje v přechodu na opěře OP1 byly stanoveny součinitele interakce pro NK1 až NK3 a NK4 dle zásad ČSN EN 1991-2 čl. 6.5.4.6.1 pro konstrukce s $L_T < 40 \text{ m}$

$$\xi_{NK1} = 0,6 \quad - \text{průběžně svařená kolej s přechody na navazující NK}$$

$$\xi_{NK4} = 0,7 \quad - \text{dilatační zařízení je na jednom konci NK}$$

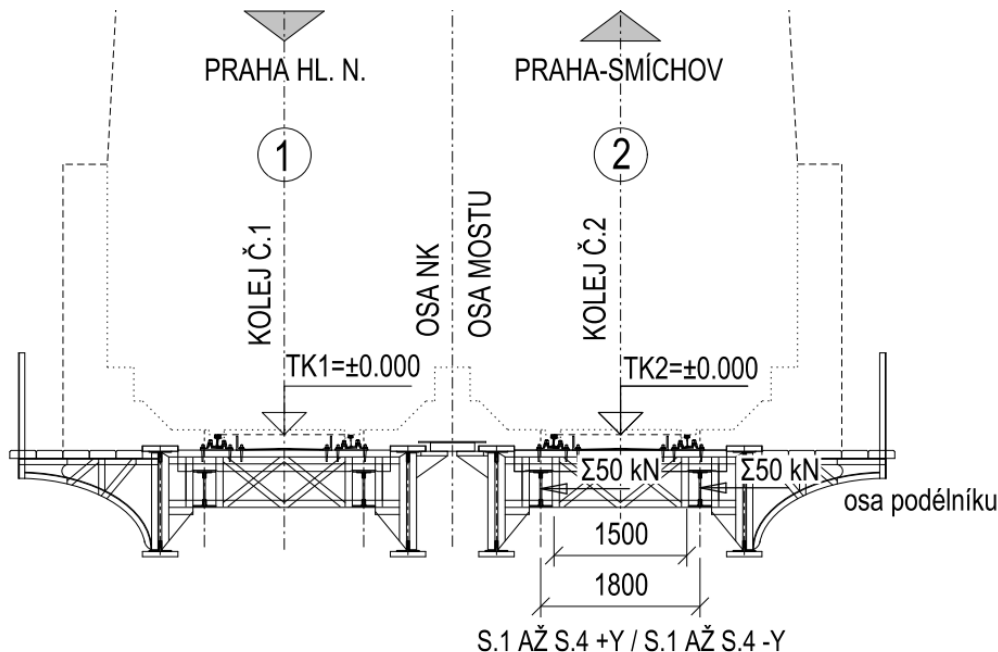
Objednatel: SŽDC, s.o.	30.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepoččet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

2.3.7 Skupina zatěžovacích stavů S – Zatížení bočním rázem

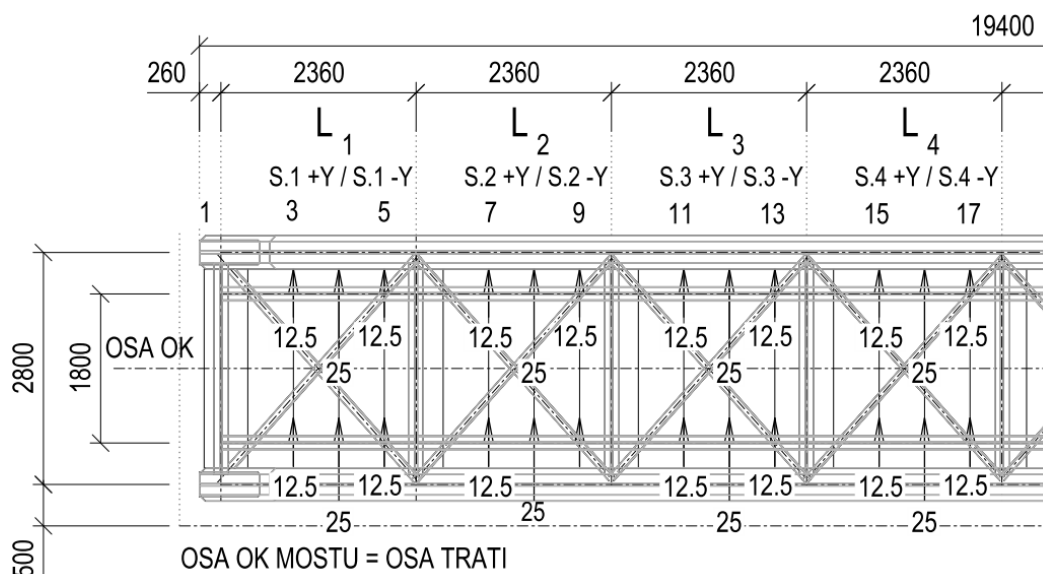
Skupina zatížení / Popis

S - boční ráz



Uvažování zatížení bočním rázem ve výpočetním modelu - roznos v příčném směru

Pro vystižení reálného chování při zatížení bočním rázem s uvažováním působení vlastní konstrukce podvozku vozidla (tuhosti podvozku) a spolupůsobením s železničním svrškem je zatížení zadáno na pruty podélníku do osy tak, aby od příčných vodorovných účinků vznikala v podélníku primárně vodor. ohybový moment M_z . Pro přímé posouzení přechodnosti jsou účinky traťovou třídou zatížení **D4** uvažovány jako poměr nápravových sil traťové třídy zatížení **D4** a zatěžovacího schématu LM 71 a tzn. $225 \text{ kN}/250 \text{ kN} = 0,9$.



Uvažování zatížení bočním rázem ve výpočetním modelu - roznos v podélném směru (ZS S.1+Y až S.4+Y)

Objednatel: SŽDC, s.o.	31.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepočet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

Osamělá síla 100 kN je rozdělena v poměru **0,25 : 0,50 : 0,25**. Působíště sil je v místě mostnic v blízkosti středu rozpětí.

Pro každou příhradu 1 až 4 je vytvořen samostatný zatěžovací stav pro směr působení +Y a -Y.

Pro výpočet účinků byly na výpočetní model zadány tyto zatěžovací stavy, z kterých byl vytvořen obálkový zatěžovací stav **S**:

Skupina zatěžovacích stavů S

1. S.1 +Y - boční ráz v příhradě 1 ve směru +Y (zprava)
2. S.2 +Y - boční ráz v příhradě 2 ve směru +Y (zprava)
3. S.3 +Y - boční ráz v příhradě 3 ve směru +Y (zprava)
4. S.4 +Y - boční ráz v příhradě 4 ve směru +Y (zprava)

5. S.1 -Y - boční ráz v příhradě 1 ve směru -Y (zprava)
6. S.2 -Y - boční ráz v příhradě 2 ve směru -Y (zprava)
7. S.3 -Y - boční ráz v příhradě 3 ve směru -Y (zprava)
8. S.4 -Y - boční ráz v příhradě 4 ve směru -Y (zprava)

2.3.8 Skupina zatěžovacích stavů FR – Zatížení třením v ložiscích

Skupina zatížení Popis

FR - zatížení od tření v ložiskách

Vliv tření v tangenciálních ložiscích není s ohledem na globální nosný systém při současném působení účinku kombinované odezvy koleje a mostu (skupina ZS K) pro tento most uvažováno.

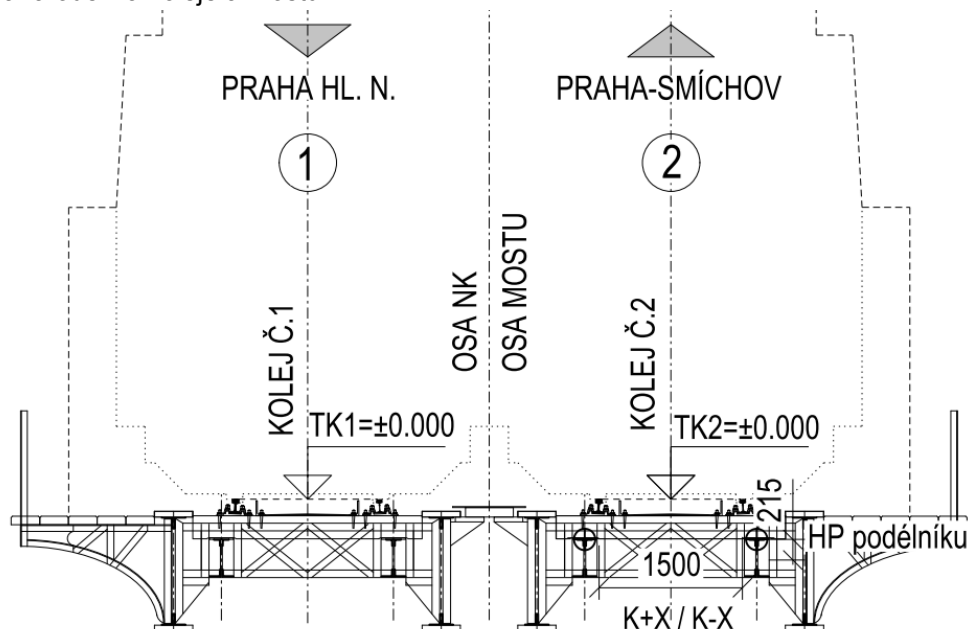
Objednatel: SŽDC, s.o.	32.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepočet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

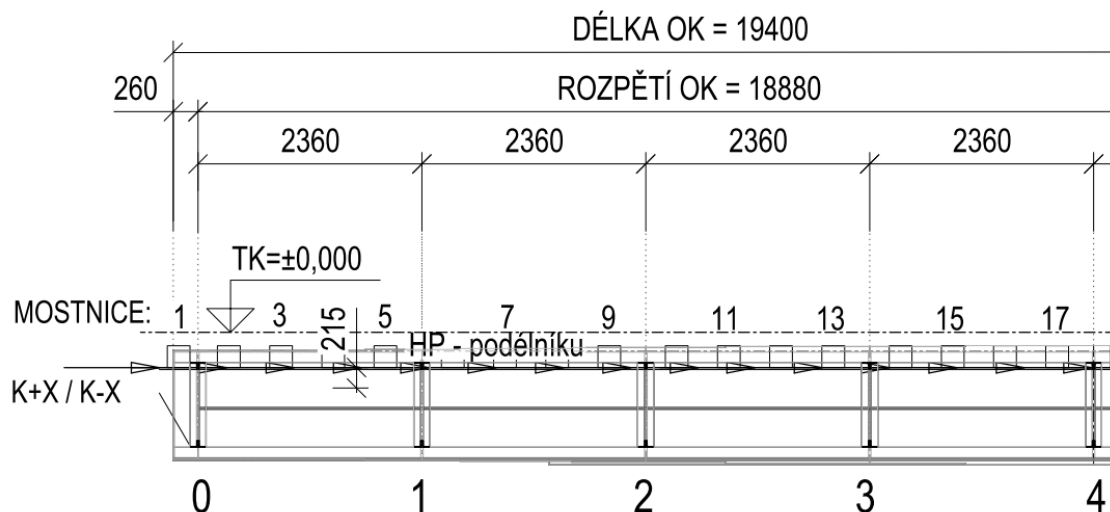
2.3.9 Skupina zatěž. stavů K – Zatížení teplotním rozdílem NK

Skupina zatížení Popis

K - kombinovaná odezva koleje a mostu



Uvažování zatížení interakcí koleje a mostu ve výpočetním modelu - roznos v příčném směru



Uvažování zatížení interakcí koleje a mostu ve výpočetním modelu - roznos v podélném směru

S ohledem na uspořádání kolejnicového dilatačního zařízení (KDZ) na přechodu na mostní konstrukci Pod Vyšehradem v místě opěry OP2 a směru dilatace mostu proti staničení tzn. k opěře OP1 budou účinky interakce koleje a mostu na mostní konstrukci při malém teplotním rozdílu (prakticky trvale) tzn., že kombinační součinitel kombinace je nutné uvažovat $\psi_0 = 1,0$. ČSN EN 1990 kombinační součinitel pro interakci kolej most neuvádí.

Upevnění železničního svršku je pomocí pružných svěrek tzn., že chování bude velmi blízké pevné jízdní dráze s podélným odporem **20 kN/m**. Síla bude aktivována při deformaci **0,5 mm**. Pro vystižení reálného chování při zatížení vodorovnými účinky koleje s uvažováním spolupůsobení s železničního svršku je zatížení zadáno v úrovni horní pásnice podélníku tzn. s excentricitou 0,215 m, kde dochází k přenosu síly z mostnice na podélník.

Objednatel: SŽDC, s.o.	33.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepoččet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

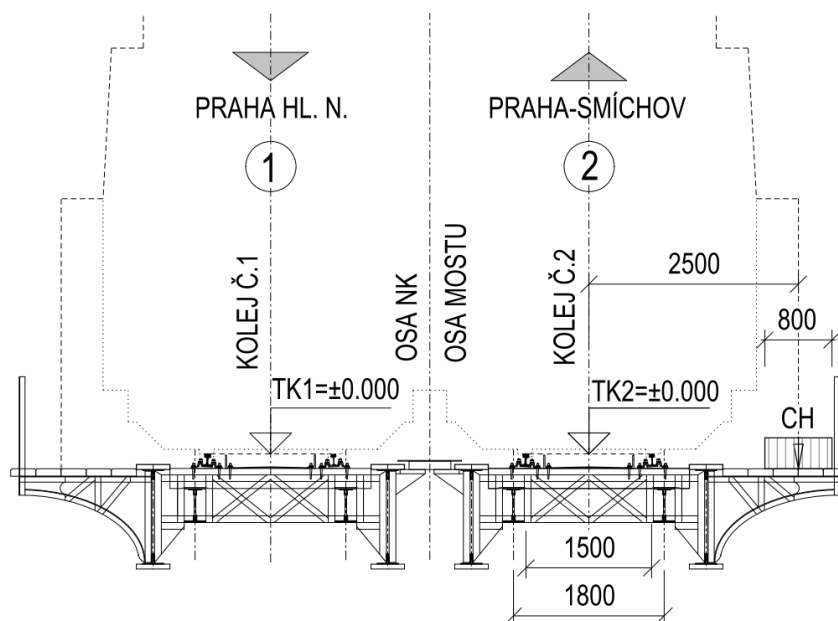
Pro výpočet účinků byly na výpočetní model zadány tyto zatěžovací stavy, z kterých byly vytvořeny obálkové zatěžovací stavy K:

1. **K + X** - interakce koleje a mostu ve směru +X (po staničení)
2. **K - X** - interakce koleje a mostu ve směru -X (proti staničení)

2.3.10 Skupina zatěž. stavů CH – Zatížení revizních chodníků

Skupina zatížení Popis

CH - zatížení revizních chodníků



Uvažování zatížení revizních chodníků ve výpočetním modelu - roznos v příčném směru

Pro posouzení globálního nosného systému je současně s železničním provozem na mostě uvažováno se zatížením části revizních chodníků v šířce 0,8 m. Dle ČSN EN 1991-2 čl. 5.2.3 (2) je uvažováno zatížení $2,0 \text{ kN.m}^{-2}$.

Zatížení je zadáno na prvky konzoly jako spojitě rovnoměrné $4,72 \text{ kN.m}^{-1}$ v délce 0,8 m.

v ose konzoly

Označ.	Část zatížení	šířka b (m)	plošné zatížení (kN/m^2)	vzdálenost konzol (m)	liniové zatížení (kN/m)
CH	služební chodník	0.80	2.00	2.36	4.72

Objednatel: SŽDC, s.o.	34.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepoččet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

2.4 PRŮZKUM DOPRAVNÍHO ZATÍŽENÍ NA TRATI

Pro potřeby posouzení mezního stavu únavy pomocí metody "kumulace únavového poškození" tzv. **Palmgren-Minerovou** hypotézou bylo nezbytné získat informace o dopravním zatížení od vzniku mostu, až po dobu plánovaného konce životnosti tzn. od roku 1901 až po 2055 (30 let po provedení rekonstrukce mostu).

Uvedená metoda kumulace únavového poškození patří mezi nejpřesnější metody a z možných přístupů k nejvíce rozšířené. Jedná se o lineární hypotézu kumulace únavového poškození. V případě této metody jsou vstupní data o napětí ve formě spekter napětí.

Přemostění v místě trati Praha - Hlavní nádraží - Smíchov je specifické s ohledem na sdruženou funkci s Branickým mostem, který překonává řeku Vltavu na jižním okraji Prahy a převádí tzv. Jižní spojkou Radotín - Krč - Vršovice. V roce 1964 byla větší část nákladní dopravy převedena právě na tuto trať. Část nákladních vlaků směr Kladno bylo na mostě ponecháno společně s osobní dopravou.

Dopravní data byla dohledávána v historických dokumentech, což bylo velmi časově náročné. Historická data byla následně rozdělena na intenzity připadající Branickému mostu a intenzity připadající mostu Pod Vyšehradem. S pohledu celkové intenzity přeprav je nutné na obě trati pohlížet jako na jeden úsek. Historická data jsou dostupná za celou síť. Tyto data je třeba tedy přepočítat k délce tratí v rámci Rakouska-Uherska, od roku 1918 v rámci Československa a poté od roku 1993 v rámci České republiky. Do vývoje intenzit se také promítají dvě světové války a krizová období po jejich konci. Základní zdrojem informací jsou ročenky, kde jsou uváděny dopravní údaje.

Dělení podle tratí bylo dohledáno do roku 1986, což je jeden ze stěžejních milníků, protože zde docházelo ke kulminaci dopravních přeprav (vrchol grafu). Následně nastával pokles a to zejména po roce 1989, kdy docházelo vlivem k zásadní přeměně vývoje hospodářství. Od roku 2005 lze získat data rozdělená na nákladní dopravu a osobní dopravu.

Výhledové zatížení bylo uvažováno dle předpokladů dopravní technologie.

Pro posouzení mezního stavu bylo využito spekter rozkmitů napětí dle ČSN 73 6203:86 v období 1901 až 2000. Tato normová relativní spektra vztažená k zatěžovacímu vlaku ČD-Z (LM 71 s $\alpha=1,1$) byla transformována pro zatěžovací schéma traťové třídy zatížení C3 a následně aplikována na dvoukolejný most.

Pro období 2001 až 2055 byla spektra stanovena na základě vyhodnocení dynamické odezvy od současných a výhledových vlaků, které byly vyhodnoceny ze stávající skladby dopravy.

Metodicky byla data intenzit dopravy vyhodnocena dle postupů Prof. L. Frýby shrnuté v dizertační práci Ing. L. Žemličkové "Ekvivalentní rozkmit napětí železničních mostů", 2004 [2.6].

Základem metodiky jsou údaje o vývoji průměrného provozního zatížení v celé síti, které je bráno jako celkové zatížení v miliónech hrubých tunokilometrů za rok v závislosti na celkové délce kolejí [2.6].

$$P_{pz} = c_z / s,$$

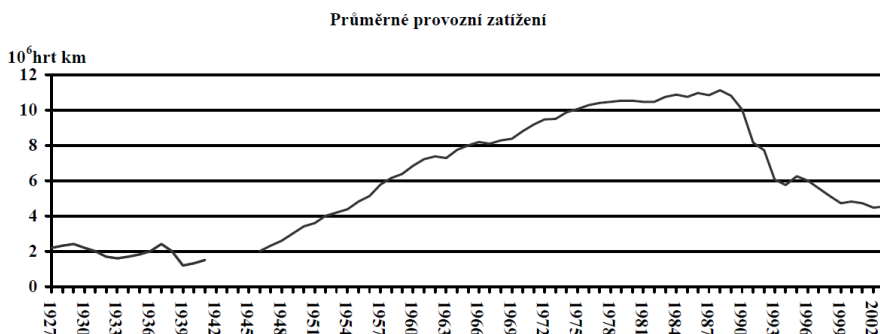
kde P_{pz} průměrné provozní zatížení,
 c_z celkové zatížení dopravou,
 s celková délka kolejí

Celková délka kolejí se od padesátých let výrazně změnila pouze jednou a to při rozpadu ČSD na ČD a ŽSR. Ostatní změny jsou z hlediska celé sítě nepatrné a proto jsou zanedbány a vzaty v úvahu pouze 2 různé hodnoty.

Objednatel: SŽDC, s.o.	35.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepoččet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

časový interval	délka sítě s [km]
1954 – 1992	16175
1993 – 2004	11430



Vývoj průměrného provozního zatížení v celé síti SŽDC (ČD) v období 1927 až 2002 [zdroj 2.6]

Jak již bylo v úvodu zmíněno odhad vývoje zatížení od dopravy na železničních mostech (zejména ocelových mostech) je velmi důležitý pro stanovení únavy materiálu mostu, ze které se následně stanoví zbytková únavová životnost vybraných detailů.

Vývoj dopravního zatížení na mostě Pod Vyšehradem v km 3,706 je stanoven z tabulek provozního zatížení, výročních zpráv od SŽDC a dokumentů z Ústřední technické knihovny dopravy. Pro stanovení vývoje dopravy na mostě pod Vyšehradem je sledován vývoj dopravy na mostě Branickém, který po svém uvedení do provozu v roce 1964 přebírá velkou část dopravního zatížení zejména od nákladních vlaků.

Mezi lety 2005-2015 jsou známy hodnoty přepočtené i nepřepočtené, zatímco v letech 1901-2004 s výjimkou let 1990, 2000 a 2001 jsou známy pouze hodnoty nepřepočítané. Přepočtené hodnoty v sobě obsahují částečně i dynamické zatížení koleje, které je zohledněno v dílčích součinitelích, jako například vliv maximální povolené rychlosti na trati osobní i nákladní dopravy, vliv hmotnosti a nepříznivých účinků náprav od nákladního provozu a také podíl hmotnosti hnacích vozidel na celkové hmotnosti vlaku. Dynamické zatížení se ovšem zavádí pomocí dynamického součinitele v pozdější části výpočtu. Z důvodu, aby nebyly hodnoty vynásobeny dvakrát kvůli dynamickému zatížení, jsou použity **hodnoty nepřepočtené**.

Z tabulek provozního zatížení od SŽDC jsou známy přesné hodnoty přepravených milionů hrubotun pro most Pod Vyšehradem i pro most Branický. Na mostě Pod Vyšehradem je také celkové zatížení rozděleno i do jednotlivých kolejí. Na Branickém mostě toto rozdělení není, protože se jedná o jednokolejný most. Tyto hodnoty jsou známy z let 2000, 2001 a 2005-2015. Z těchto let, kromě roku 2015, je známo i kolik z toho zatížení tvořili vlaky osobní a kolik nákladní. V letech 2002-2004 je provozní zatížení stanoveno pomocí interpolace mezi známými hodnotami z let 2001 a 2005. Z výročních zpráv SŽDC je znám celkový výkon dopravců v letech 2003-2015, kde jsou hodnoty přepočtené. Výkony dopravců mezi lety 1954-2003 byly známy z dizertační práce [2.6]. Výkony jsou rozděleny na osobní a nákladní dopravu. Hodnoty v této dizertační práci [2.6] jsou nepřepočtené. Na základě těchto údajů je v letech, kdy jsou známy hodnoty zatížení Branického mostu i mostu Pod Vyšehradem, zjištěn poměr mezi oběma pražskými mosty dohromady a celkovým výkonem v síti, což je hodnota, která ukazuje, kolik provozního zatížení přejede přes oba tyto mosty a velmi přesně je stanovena v letech 2000-2015. Spočítáno je také procentuální zastoupení od nákladní a osobní dopravy na celkovém výkonu v celé železniční síti. Na základě poměru obou mostů dohromady k celkovému výkonu dopravců v celé síti, bylo dopočítáno celkové zatížení obou mostů.

Objednatel: SŽDC, s.o.	36.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepočet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

Rozdělení mezi nákladní a osobní dopravu je rozpočítáno pomocí poměru mezi výkony osobní a nákladní dopravy v celé železniční síti v daném roce. Dopravní zatížení v roce 1990, kdy je známa hodnota zatížení každé koleje na obou mostech a to přepočtená i nepřepočtená. Rozdělení dopravy na mosty na nákladní a osobní dopravu bylo spočítáno za předpokladu, že veškerá osobní doprava jezdila po mostě Pod Vyšehradem a celkové zatížení na Branickém mostě tvořila pouze doprava nákladní. Výkon nákladní dopravy na mostě Pod Vyšehradem se poté stanovil jako rozdíl mezi výkonem od nákladní dopravy stanoveným dohromady pro oba mosty a nákladní dopravou, která jela přes Branický most.

Zatížení jednotlivých kolejí na mostě pod Vyšehradem je rozděleno dle průměrného poměru z let 1986-1990 celkového zatížení těchto kolejí.

Hodnoty zatížení obou mostu v letech 1991-1999 jsou dopočítány pomocí interpolace mezi známými roky 1990 a 2000.

Dále v roce 1986 je známa hodnota zatížení obou mostů, ale pouze hodnota přepočtená pro každou kolej na obou mostech. Nepřepočtená hodnota byla stanovena pomocí poměru mezi přepočtenou a nepřepočtenou hodnotou z roku 1990. Rozdělení dopravy opět proběhlo tak, že přes most Pod Vyšehradem jela všechna osobní doprava a přes Branický most pouze nákladní doprava. Zatížení nákladní dopravou na mostě Pod Vyšehradem bylo stanoveno opět jako rozdíl mezi celkovou nákladní dopravou pro oba mosty a tou, která jela přes Branický most.

Roky 1987-1989 byly opět dopočítány jako interpolace mezi roky 1986 a 1990. Poté byl z let 1986-1990 stanoven průměrný výkon na mostě pod Vyšehradem v obou kolejích a na Branickém mostě ku celkovému výkonu v celé železniční síti. Spočítány jsou průměrné zatížení v letech 1986-1990 na mostě pod Vyšehradem v každé koleji. Zatížení obou mostů a jednotlivých kolejí je poté stanoven jako zatížení celé sítě krát průměrné procentuální zastoupení, z let 1986-1990, na výkonu v celé síti. Takto byly spočítány roky 1964-1985.

V roce 1964 byl postaven Branický most, a tedy před tímto rokem je předpokládáno, že všechna železniční doprava jezdila přes most Pod Vyšehradem. Před tímto rokem se procentuální zastoupení na výkonech od obou mostů sečetlo a předpokládalo se, že vše jezdilo po mostě pod Vyšehradem. Roky 1954 až 1963 jsou dopočítány jako výkony v celé síti krát průměrný výkon v letech 1986-1990 pro oba mosty, což se rovná celkovému zatížení na mostě pod Vyšehradem. Rozdělení mezi jednotlivé koleje bylo pomocí průměrného poměru z let 1986-1990.

Rozdělení na osobní a nákladní proběhlo opět pomocí poměru mezi výkony od osobní dopravy a nákladní v celé síti ku celkovému. Před rokem 1954 již nejsou data z dizertační práce [2.6]. Data byla poté dohledána v Ústřední technické knihovně dopravy. V knihovně byla nalezena data o výkonech v celé síti v letech 1946, 1928, 1927, 1921, 1920, 1919 a také data v letech 1901-1913, která jsou z období Rakouska-Uherska.

V letech 1907-1953 bylo zatížení dopočítáno pomocí interpolace mezi známými roky. Od postavení mostu v roce 1901 do 1913 byly známé hodnoty vynásobeny poměrnou délkou tratí v Rakousku – Uhersku a v pozdějším Československu. Hodnoty v době světových válek tedy v letech 1914-1918 a 1939-1945 byly zvětšeny o 50% z důvodu zvýšené potřeby převozu armádní techniky a zásob. Celkové zatížení a zatížení jednotlivých kolejí na mostě Pod Vyšehradem bylo opět dopočítáno jako celkové zatížení v celé železniční síti v daném roce krát průměrné procentuální zatížení z let 1986-1990. V letech 1901 až 1906 je na mostě dle dobových dokumentů počítáno pouze s jednou kolejí, tudíž veškerá doprava na mostě jezdila přes kolej ve směru na Smíchov. Rozdělení v letech 1901-1953 na osobní a nákladní dopravu je na základě průměrného rozdělení v letech 1954-1963.

Objednatel: SŽDC, s.o.	37.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

Vyhodnocení vývoje intenzity dopravního zatížení v uzlu Praha [nepřepočtené m.hr. tun/rok]

Rok	Výtoňský most			Výtoňská most - Smíchov			Výtoňská most - Vyšehrad			Vršovice (Křč), Radotín			Praha	Výtoňský most			Branický most
	Celkem	osob.	náklad.	Celkem	osob.	náklad.	Celkem	osob.	náklad.	Celkem	osob.	náklad.	celkem	Osobní	Nákladní	Nákladní (celkem)	
1901	1.49	0.31	1.18	1.49	0.31	1.18	-	-	-				1.49	0.31	1.18		
1902	1.48	0.31	1.17	1.48	0.31	1.17	-	-	-				1.48	0.31	1.17		
1903	1.47	0.31	1.16	1.47	0.31	1.16	-	-	-				1.47	0.31	1.16		
1904	1.47	0.31	1.16	1.47	0.31	1.16	-	-	-				1.47	0.31	1.16		
1905	1.53	0.32	1.21	1.53	0.32	1.21	-	-	-				1.53	0.32	1.21		
1906	1.63	0.34	1.29	1.63	0.34	1.29	-	-	-				1.63	0.34	1.29		
1907	1.69	0.35	1.33	0.82	0.17	0.65	0.87	0.18	0.69				1.69	0.35	1.33		
1908	1.73	0.36	1.37	0.84	0.18	0.66	0.89	0.19	0.70				1.73	0.36	1.37		
1909	1.71	0.36	1.35	0.83	0.17	0.65	0.88	0.19	0.70				1.71	0.36	1.35		
1910	1.68	0.35	1.33	0.81	0.17	0.64	0.87	0.18	0.68				1.68	0.35	1.33		
1911	1.81	0.38	1.43	0.88	0.18	0.69	0.93	0.20	0.74				1.81	0.38	1.43		
1912	1.90	0.40	1.50	0.92	0.19	0.73	0.98	0.21	0.77				1.90	0.40	1.50		
1913	1.89	0.40	1.49	0.92	0.19	0.72	0.98	0.20	0.77				1.89	0.40	1.49		
1914	5.83	1.22	4.60	2.82	0.59	2.23	3.01	0.63	2.37				5.83	1.22	4.60		
1915	5.83	1.22	4.61	2.82	0.59	2.23	3.01	0.63	2.38				5.83	1.22	4.61		
1916	5.83	1.23	4.61	2.83	0.59	2.23	3.01	0.63	2.38				5.83	1.23	4.61		
1917	5.84	1.23	4.61	2.83	0.59	2.23	3.01	0.63	2.38				5.84	1.23	4.61		
1918	5.84	1.23	4.61	2.83	0.59	2.23	3.01	0.63	2.38				5.84	1.23	4.61		
1919	3.89	0.82	3.08	1.89	0.40	1.49	2.01	0.42	1.59				3.89	0.82	3.08		
1920	4.51	0.95	3.56	2.19	0.46	1.73	2.33	0.49	1.84				4.51	0.95	3.56		
1921	5.36	1.13	4.24	2.60	0.55	2.05	2.77	0.58	2.19				5.36	1.13	4.24		
1922	4.85	1.02	3.83	2.35	0.49	1.86	2.50	0.53	1.98				4.85	1.02	3.83		
1923	4.34	0.91	3.42	2.10	0.44	1.66	2.24	0.47	1.77				4.34	0.91	3.42		
1924	3.82	0.80	3.02	1.85	0.39	1.46	1.97	0.41	1.56				3.82	0.80	3.02		
1925	3.31	0.69	2.61	1.60	0.34	1.26	1.70	0.36	1.35				3.31	0.69	2.61		
1926	2.79	0.59	2.20	1.35	0.28	1.07	1.44	0.30	1.14				2.79	0.59	2.20		
1927	2.28	0.48	1.80	1.10	0.23	0.87	1.17	0.25	0.93				2.28	0.48	1.80		
1928	2.40	0.50	1.90	1.16	0.24	0.92	1.24	0.26	0.98				2.40	0.50	1.90		
1929	2.59	0.54	2.05	1.26	0.26	0.99	1.34	0.28	1.06				2.59	0.54	2.05		
1930	2.79	0.59	2.20	1.35	0.28	1.07	1.44	0.30	1.14				2.79	0.59	2.20		
1931	2.98	0.63	2.35	1.44	0.30	1.14	1.54	0.32	1.21				2.98	0.63	2.35		
1932	3.17	0.67	2.50	1.54	0.32	1.21	1.63	0.34	1.29				3.17	0.67	2.50		
1933	3.36	0.71	2.66	1.63	0.34	1.29	1.73	0.36	1.37				3.36	0.71	2.66		
1934	3.55	0.75	2.81	1.72	0.36	1.36	1.83	0.38	1.45				3.55	0.75	2.81		
1935	3.75	0.79	2.96	1.81	0.38	1.43	1.93	0.41	1.53				3.75	0.79	2.96		
1936	3.94	0.83	3.11	1.91	0.40	1.51	2.03	0.43	1.60				3.94	0.83	3.11		
1937	4.13	0.87	3.26	2.00	0.42	1.58	2.13	0.45	1.68				4.13	0.87	3.26		
1938	4.32	0.91	3.41	2.09	0.44	1.65	2.23	0.47	1.76				4.32	0.91	3.41		
1939	6.77	1.42	5.35	3.28	0.69	2.59	3.49	0.73	2.76				6.77	1.42	5.35		
1940	7.06	1.48	5.58	3.42	0.72	2.70	3.64	0.76	2.88				7.06	1.48	5.58		
1941	7.35	1.54	5.80	3.56	0.75	2.81	3.79	0.80	2.99				7.35	1.54	5.80		
1942	7.64	1.60	6.03	3.70	0.78	2.92	3.94	0.83	3.11				7.64	1.60	6.03		
1943	7.92	1.66	6.26	3.84	0.81	3.03	4.09	0.86	3.23				7.92	1.66	6.26		
1944	8.21	1.72	6.49	3.98	0.84	3.14	4.23	0.89	3.34				8.21	1.72	6.49		
1945	8.50	1.78	6.71	4.12	0.86	3.25	4.38	0.92	3.46				8.50	1.78	6.71		
1946	5.86	1.23	4.63	2.84	0.60	2.24	3.02	0.63	2.39				5.86	1.23	4.63		
1947	7.11	1.49	5.61	3.44	0.72	2.72	3.66	0.77	2.90				7.11	1.49	5.61		
1948	8.36	1.75	6.60	4.05	0.85	3.20	4.31	0.90	3.40				8.36	1.75	6.60		
1949	9.60	2.02	7.59	4.65	0.98	3.68	4.95	1.04	3.91				9.60	2.02	7.59		
1950	10.85	2.28	8.57	5.26	1.10	4.15	5.60	1.18	4.42				10.85	2.28	8.57		
1951	12.10	2.54	9.56	5.86	1.23	4.63	6.24	1.31	4.93				12.10	2.54	9.56		
1952	13.35	2.80	10.55	6.47	1.36	5.11	6.88	1.45	5.44				13.35	2.80	10.55		
1953	14.60	3.07	11.53	7.07	1.48	5.59	7.53	1.58	5.95				14.60	3.07	11.53		
1954	15.85	3.72	12.13	7.68	1.80	5.88	8.17	1.92	6.26				15.85	3.72	12.13		
1955	17.51	4.00	13.40	8.48	1.94	6.49	9.03	2.06	6.91				17.51	4.00	13.40		
1956	18.64	4.10	14.41	9.03	1.99	6.98	9.61	2.11	7.43				18.64	4.10	14.41		
1957	20.97	4.33	16.50	10.16	2.10	7.99	10.81	2.23	8.51				20.97	4.33	16.50		
1958	22.38	4.46	17.79	10.84	2.16	8.62	11.54	2.30	9.17				22.38	4.46	17.79		
1959	23.24	4.63	18.48	11.26	2.24	8.95	11.98	2.39	9.53				23.24	4.63	18.48		
1960	24.89	4.96	19.80	12.06	2.40	9.59	12.83	2.56	10.21				24.89	4.96	19.80		
1961	26.25	5.09	21.03	12.71	2.47	10.18	13.53	2.62	10.84				26.25	5.09	21.03		
1962	26.83	5.18	21.52	13.00	2.51	10.42	13.84	2.67	11.10				26.83	5.18	21.52		
1963	26.49	5.04	21.32	12.83	2.44	10.33	13.66	2.60	10.99				26.49	5.04	21.32		
1964	14.20	5.31	8.76	6.88	2.57	4.24	7.32	2.74	4.52	13.99	-	13.99	28.18	5.31	8.76	13.99	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepoččet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

pokračování (1964 - 2025)

Rok	Výtoňský most			Výtoňská most - Smíchov			Výtoňská most - Vyšehrad			Vršovice (Krč), Radotín			Praha	Výtoňský most			Branický most
	Celkem	osob.	náklad.	Celkem	osob.	náklad.	Celkem	osob.	náklad.	Celkem	osob.	náklad.	celkem	Osobní	Nákladní	Nákladní (celkem)	
1964	14.20	5.31	8.76	6.88	2.57	4.24	7.32	2.74	4.52	13.99	-	13.99	28.18	5.31	8.76	13.99	
1965	14.67	5.39	9.16	7.11	2.61	4.44	7.57	2.78	4.73	14.45	-	14.45	29.13	5.39	9.16	14.45	
1966	14.97	5.53	9.32	7.25	2.68	4.51	7.72	2.85	4.81	14.75	-	14.75	29.72	5.53	9.32	14.75	
1967	14.81	5.72	8.98	7.18	2.77	4.35	7.64	2.95	4.63	14.59	-	14.59	29.41	5.72	8.98	14.59	
1968	15.20	5.92	9.17	7.36	2.87	4.44	7.84	3.05	4.73	14.97	-	14.97	30.16	5.92	9.17	14.97	
1969	15.33	6.13	9.09	7.42	2.97	4.41	7.90	3.16	4.69	15.10	-	15.10	30.43	6.13	9.09	15.10	
1970	16.15	6.18	9.86	7.82	3.00	4.78	8.33	3.19	5.08	15.91	-	15.91	32.05	6.18	9.86	15.91	
1971	16.82	6.34	10.46	8.15	3.07	5.07	8.67	3.27	5.40	16.57	-	16.57	33.39	6.34	10.46	16.57	
1972	17.34	6.53	10.80	8.40	3.16	5.23	8.94	3.37	5.57	17.08	-	17.08	34.43	6.53	10.80	17.08	
1973	17.42	6.66	10.75	8.44	3.23	5.20	8.98	3.43	5.54	17.16	-	17.16	34.58	6.66	10.75	17.16	
1974	18.11	6.83	11.33	8.77	3.31	5.49	9.34	3.52	5.84	17.84	-	17.84	35.94	6.83	11.33	17.84	
1975	18.45	6.83	11.58	8.94	3.31	5.61	9.51	3.52	5.97	18.17	-	18.17	36.62	6.83	11.58	18.17	
1976	18.85	6.77	12.07	9.13	3.28	5.84	9.72	3.49	6.22	18.57	-	18.57	37.42	6.77	12.07	18.57	
1977	19.07	6.79	12.31	9.24	3.29	5.96	9.84	3.50	6.35	18.79	-	18.79	37.86	6.79	12.31	18.79	
1978	19.17	6.80	12.36	9.29	3.29	5.99	9.88	3.51	6.37	18.88	-	18.88	38.05	6.80	12.36	18.88	
1979	19.30	6.74	12.54	9.35	3.27	6.07	9.95	3.48	6.47	19.01	-	19.01	38.31	6.74	12.54	19.01	
1980	19.28	6.77	12.50	9.34	3.28	6.05	9.94	3.49	6.45	18.99	-	18.99	38.28	6.77	12.50	18.99	
1981	19.21	6.75	12.45	9.30	3.27	6.03	9.90	3.48	6.42	18.92	-	18.92	38.13	6.75	12.45	18.92	
1982	19.18	6.84	12.33	9.29	3.31	5.97	9.89	3.53	6.36	18.89	-	18.89	38.07	6.84	12.33	18.89	
1983	19.67	7.00	12.66	9.53	3.39	6.13	10.14	3.61	6.53	19.38	-	19.38	39.05	7.00	12.66	19.38	
1984	19.94	7.09	12.83	9.66	3.44	6.22	10.28	3.66	6.62	19.64	-	19.64	39.57	7.09	12.83	19.64	
1985	19.70	7.10	12.59	9.54	3.44	6.10	10.16	3.66	6.49	19.41	-	19.41	39.11	7.10	12.59	19.41	
1986	19.02	7.67	11.34	9.15	3.70	5.46	9.87	3.98	5.88	22.70	-	22.70	41.72	7.67	11.34	22.70	
1987	19.29	7.67	11.62	9.32	3.70	5.61	9.97	3.97	6.01	21.07	-	-	40.36	7.67	11.62	21.07	
1988	19.57	7.67	11.90	9.48	3.71	5.76	10.09	3.96	6.13	19.45	-	-	39.01	7.67	11.90	19.45	
1989	19.85	7.67	12.18	9.64	3.72	5.92	10.21	3.94	6.26	17.82	-	-	37.66	7.67	12.18	17.82	
1990	20.59	7.66	12.46	10.02	3.73	6.07	10.56	3.93	6.39	16.19	-	16.19	36.78	7.66	12.46	16.19	
1991	19.93	8.57	11.36	9.72	4.20	5.52	10.20	4.37	5.83	15.79	-	-	35.72	8.57	11.36	15.79	
1992	19.74	9.48	10.25	9.65	4.67	4.98	10.09	4.82	5.27	15.39	-	-	35.13	9.48	10.25	15.39	
1993	19.54	10.39	9.15	9.57	5.14	4.43	9.97	5.26	4.71	14.99	-	-	34.53	10.39	9.15	14.99	
1994	19.35	11.30	8.04	9.49	5.60	3.89	9.85	5.70	4.15	14.59	-	-	33.94	11.30	8.04	14.59	
1995	19.15	12.21	6.94	9.41	6.07	3.34	9.74	6.14	3.60	14.19	-	-	33.34	12.21	6.94	14.19	
1996	18.96	13.12	5.83	9.34	6.54	2.80	9.62	6.59	3.04	13.79	-	-	32.75	13.12	5.83	13.79	
1997	18.76	14.03	4.73	9.26	7.01	2.25	9.50	7.03	2.48	13.39	-	-	32.15	14.03	4.73	13.39	
1998	18.57	14.94	3.63	9.18	7.47	1.71	9.39	7.47	1.92	12.99	-	-	31.56	14.94	3.63	12.99	
1999	18.38	15.85	2.52	9.10	7.94	1.16	9.27	7.91	1.36	12.59	-	-	30.96	15.85	2.52	12.59	
2000	18.18	16.77	1.42	9.03	8.41	0.62	9.16	8.36	0.80	12.19	0.07	12.12	30.37	16.77	1.42	12.19	
2001	19.52	17.85	1.66	9.53	8.82	0.72	9.98	9.04	0.95	11.44	0.06	11.38	30.95	17.85	1.66	11.44	
2002	19.72	18.23	1.49	9.80	9.10	0.70	9.91	9.13	0.79	10.88	0.04	10.84	30.60	18.23	1.49	10.88	
2003	19.92	18.61	1.31	10.08	9.39	0.69	9.84	9.22	0.62	10.33	0.03	10.29	30.24	18.61	1.31	10.33	
2004	20.12	18.98	1.14	11.24	9.67	0.68	9.77	9.31	0.46	9.77	0.02	9.75	29.89	18.98	1.14	9.77	
2005	20.32	19.36	0.96	10.62	9.96	0.66	9.70	9.40	0.30	9.21	0.01	9.21	29.54	19.36	0.96	9.21	
2006	18.18	17.48	0.71	9.10	8.70	0.39	9.09	8.77	0.31	10.33	0.01	10.32	28.51	17.48	0.71	10.33	
2007	20.94	20.23	0.71	10.57	10.18	0.39	10.38	10.06	0.32	9.71	0.01	9.70	30.65	20.23	0.71	9.71	
2008	14.35	13.82	0.53	7.18	6.93	0.26	7.17	6.90	0.27	9.34	0.02	9.32	23.68	13.82	0.53	9.34	
2009	26.26	24.57	1.69	13.11	12.32	0.79	13.15	12.25	0.90	5.66	0.03	5.63	31.92	24.57	1.69	5.66	
2010	24.59	23.02	1.57	12.30	11.51	0.80	12.29	11.51	0.77	5.97	0.07	5.91	30.56	23.02	1.57	5.97	
2011	16.65	15.07	1.58	8.54	7.55	1.00	8.11	7.53	0.58	5.48	0.15	5.34	22.13	15.07	1.58	5.48	
2012	25.31	23.46	1.85	12.92	11.78	1.13	12.40	11.68	0.72	4.97	0.27	4.70	30.29	23.46	1.85	4.97	
2013	21.24	19.81	1.43	10.61	9.92	0.69	10.63	9.89	0.75	6.80	0.13	6.67	28.04	19.81	1.43	6.80	
2014	20.20	19.11	1.09	10.16	9.60	0.56	10.03	9.51	0.53	6.86	0.21	6.66	27.06	19.11	1.09	6.86	
2015	17.38	-	-	8.66	-	-	8.72	-	-	5.41	-	-	22.79	-	-	5.41	
2016	19.00	-	-	10.04	-	-	8.96	-	-	7.60	-	-	26.60	-	-	7.60	
2017	20.62			10.46			10.16			5.41			26.03				
2018	24.81			12.62			12.20			6.86			31.68				
2019	26.26			13.34			12.92			6.80			33.06				
2020	26.42			13.41			13.01			4.97			31.40				
2021	27.34			13.91			13.43			5.48			32.82				
2022	26.42			8.00			0.00			5.97			32.40				
2023	11.82			8.00			0.00			17.48			29.29				
2024	11.17			8.00			0.00			20.50			31.67				
2025	9.28			13.32			12.89			18.99			28.27				

Objednatel: SŽDC, s.o.	39.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepoččet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

pokračování (2023 - 2055)

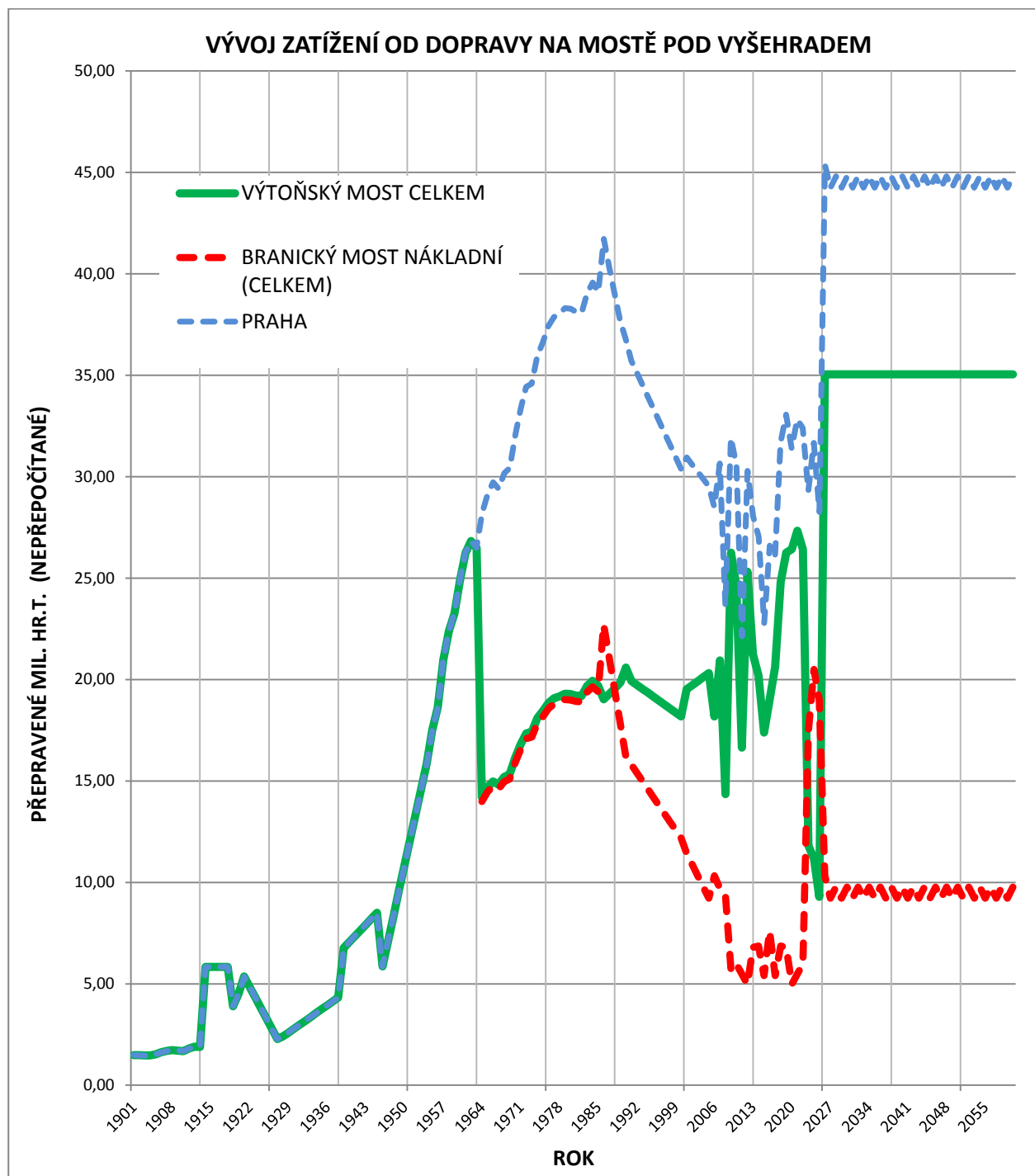
Rok	Výtoňský most			Výtoňská most - Smíchov			Výtoňská most - Vyšehrad			Vršovice (Krč), Radotín			Praha	Výtoňský most			Branický most
	Celkem	osob.	náklad.	Celkem	osob.	náklad.	Celkem	osob.	náklad.	Celkem	osob.	náklad.	celkem	Osobní	Nákladní	Nákladní (celkem)	
2023	11.82			8.00			0.00			17.48			29.29				
2024	11.17			8.00			0.00			20.50			31.67				
2025	9.28			13.32			12.89			18.99			28.27				
2026	35.04			17.81			17.23			10.33			45.37				
2027	35.04			17.81			17.23			9.21			44.25				
2028	35.04			17.81			17.23			9.77			44.81				
2029	35.04			17.81			17.23			9.21			44.25				
2030	35.04			17.81			17.23			9.77			44.81				
2031	35.04			17.81			17.23			9.21			44.25				
2032	35.04			17.81			17.23			9.77			44.81				
2033	35.04			17.81			17.23			9.21			44.25				
2034	35.04			17.81			17.23			9.77			44.81				
2035	35.04			17.81			17.23			9.21			44.25				
2036	35.04			17.81			17.23			9.77			44.81				
2037	35.04			17.81			17.23			9.21			44.25				
2038	35.04			17.81			17.23			9.77			44.81				
2039	35.04			17.81			17.23			9.21			44.25				
2040	35.04			17.81			17.23			9.77			44.81				
2041	35.04			17.81			17.23			9.21			44.25				
2042	35.04			17.81			17.23			9.77			44.81				
2043	35.04			17.81			17.23			9.21			44.25				
2044	35.04			17.81			17.23			9.77			44.81				
2045	35.04			17.81			17.23			9.21			44.25				
2046	35.04			17.81			17.23			9.77			44.81				
2047	35.04			17.81			17.23			9.21			44.25				
2048	35.04			17.81			17.23			9.77			44.81				
2049	35.04			17.81			17.23			9.21			44.25				
2050	35.04			17.81			17.23			9.77			44.81				
2051	35.04			17.81			17.23			9.21			44.25				
2052	35.04			17.81			17.23			9.77			44.81				
2053	35.04			17.81			17.23			9.21			44.25				
2054	35.04			17.81			17.23			9.77			44.81				
2055	35.04			17.81			17.23			9.21			44.25				
2056	35.04			17.81			17.23			9.77			44.81				
2057	35.04			17.81			17.23			9.21			44.25				
2058	35.04			17.81			17.23			9.77			44.81				
2059	35.04			17.81			17.23			9.21			44.25				
2060	35.04			17.81			17.23			9.77			44.81				

Rekapitulace vývoje intenzity dopravního zatížení v uzlu Praha [m.hr. tun/rok] - nepřepočtené

Rok	Průměr dopravního zatížení [mil. hr.t/rok]		Poznámka
	Výtoňský most	kolej č.1	
1921	5.365	1.533	od 1901 do 1921
1927	2.276	1.781	
1937	4.130	1.633	
1941	7.347	3.188	
1953	14.600	4.754	
1969	15.328	9.757	
1987	19.289	9.333	
1997	18.765	9.489	od 1987 do 1997
1999	18.376	9.188	od 1987 do 1999
2000	18.182	9.637	
2017	20.623	10.127	
2022	26.424	13.126	
2025	9.281	10.754	rekonstrukce
2055	35.040	17.520	výhled

Objednatel: SŽDC, s.o.	40.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

Výsledný graf vývoje intenzity dopravního zatížení na mostě přes Vltavu a Branickém mostě je uveden na následujícím grafu.



Vývoj provozního zatížení v uzlu Praha (směr Plzeň/Kladno) v období 1901 až 2055

Z přehledu historie cyklického zatížení je patrné, že výhledová doprava bude dosahovat téměř dvounásobku průměru dopravy do této doby. Zatížení na mostě tedy enormně vzroste, což má dopady do návrhu rekonstrukce mostu (koncepce řešení). Oproti původní intenzitě v době realizace mostu je intenzita na 10-ti násobku, což má dopady právě na kumulaci únavového zatížení.

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepočet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

2.4.1 Aktuální železniční doprava na mostě

2.4.1.1 Osobní vlaky

Na základě grafikonu, poskytnutého společností SŽDC, byly zjištěny veškeré možné varianty složení jednotlivých osobních vlaků. Tyto vlaky může táhnout 13 různých lokomotiv. Počet vagónů je u většiny vlaků stejný, naopak u vlaků tažených lokomotivou 362 je počet vagónů velmi proměnný. Tyto různé varianty složení vlaků byly rozřazeny do skupin dle nápravových sil lokomotiv a vagónů, celkové hmotnosti a délce vlaku. Poté byl vybrán vždy jeden vlak s danou lokomotivou, který reprezentoval danou skupinu. Následně byly dohledány jeho přesné rozměry na webové stránce www.zelpage.cz.

Na základě označení vagónů byla na webové stránce www.atlasvozu.cz zjištěna váha prázdného a plného vozu. U všech vagónů byla poté dopočítána hmotnost s plnými vozy, pouze u souprav společnosti Regiojet bylo počítáno s prázdnými vagóny, neboť tyto vlaky mají konečnou stanici na Hlavním nádraží v Praze a přes most pod Vyšehradem jedou pouze z důvodu odstávky vlaků na Smíchovském nádraží. Na základě jejich hmotnosti a počtu přejezdů jednotlivých vlaků za den bylo zjištěno celkové zatížení v miliónech tun za rok. Tento údaj se však neshodoval s údaji od společnosti SŽDC, proto u vlaků, které se výrazně podílí na celkovém zatížení, byla jejich hmotnost redukována součinitelem. Zavedení redukce vychází z předpokladu, že vlaky nejsou zcela zaplněny.

U souprav CityElefant bylo na základě grafikonu zjištěno, že je vlak obvykle složen ze dvou souprav, proto je i jeho skupina zastoupena dvěma spojenými soupravami, přičemž jedna souprava je 471+071+971. Tento vlak se výrazně podílí na celkovém zatížení mostu, nepředpokládá se však, že je vlak zcela naplněn při přejezdu mostu, proto byla jeho celková váha redukována již zmiňovaným součinitelem a to takovým, aby výsledná váha byla $2 \times 180 = 360$ t, což je údaj stanovený dopravním technologem.

2.4.1.2 Nákladní vlaky

Opět na základě grafikonu bylo zjištěno, že po mostě denně projíždí prázdný nákladní vlak, který z důvodu své malé hmotnosti celkové i na jednotlivé nápravy není natolik podstatný, i přesto je však do výpočtu zahrnut. Daleko důležitější je vlak společnosti Metrans Rail s.r.o. Tento vlak jezdí 5 krát týdně a jeho hmotnost a délka je proměnná v závislosti na druhu přepravovaného zboží. Tyto hodnoty byly stanoveny na základě údajů od dopravního technologa na 2000 t a délku 590 m. Vlak je složen z jedné lokomotivy a 29 vagónů.

Nákladní vlaky jsou pak v tabulce ve dvou skupinách, které neobsahují žádné osobní vlaky, a to prázdný nákladní vlak a plně naložený nákladní vlak.

2.4.1.3 Předpoklad vývoje dopravy v daném úseku

Z grafikonu je známo, jaké množství jednotlivých vlaků jezdí po mostě nyní a dle výhledů vypracovaných dopravním technologem byl dán předpoklad jaké množství vlaků, zde bude jezdit po rekonstrukci. Na základě poměru dané skupiny vlaků ke všem vlakům, k celkovému počtu vlaků stejného použití a k výhledům, byl stanoven počet vlaků jednotlivých skupin, které by zde měly jezdit po rekonstrukci. Na základě poměrů ze současnosti bylo také určeno, kolik vlaků pojede po směru staničení, tedy ve směru na Smíchovské nádraží a kolik vlaků pojede proti směru staničení, tedy ve směru na Hlavní nádraží nebo nádraží ve Vršovicích.

Objednatel: SŽDC, s.o.	42.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepoččet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

2.4.1.4 Rozdělení dopravy do skupin vlaků

Vlaky se dle účelu používání dělí na:

- expresy
- rychlíky
- soupravné vlaky
- lokomotivní vlaky
- osobní vlaky
- nákladní.

Expresy jsou skupiny č. 6 a č. 14, rychlíky č. 5 a č. 7, soupravné vlaky č. 2, lokomotivní vlaky č. 8, osobní vlaky č. 1, 3, 4, 11, 12, 13 a nákladní jsou č. 9 a č. 10.

PŘEHLED VYHOCENÝCH SKUPIN VLAKŮ

CHARAKTERISTICKÉ SKUPINY VLAKŮ						POČET PŘEJEZDŮ VLAKŮ		
ČÍSLO SKUPINY	TYP	OZNAČENÍ VLAKU	ZÁKLADNÍ HMOTNOST [t]	NÁSOBITEL	VÝSLEDNÁ HMOTNOST [t]	OBDOBÍ		
						2017	2018 - 2022	2025 - 2055
						[počet/den]	[počet/den]	[počet/den]
1	Os		298.00	1.00	298	3	3	6
2	Sv	REGIOJET	550.00	0.85	469	28	28	14
3	Os	REGIONOVA	47.00	1.00	47	22	22	41
4	Os		219.00	1.00	219	2	2	4
5	R		146.00	1.00	146	11	11	25
6	Ex		529.00	0.61	320	29	64	32
7	R		484.00	0.60	290	18	18	41
8	Lk	LK	64.00	1.00	64	6	6	6
9	Mn	MN	500.00	1.00	500	1	1	1
10	Nex	NEX	2066.00	1.00	2066	0.7	0.7	1
11	Os	CE - PLNE	208.50	1.00	209	0	0	0
12	Os	CE - PRŮMĚR	180.00	1.00	180	128	128	238
13	Os	CE - PRAZDNÉ	155.40	1.00	155	0	30	0
14	Ex	PENDOLINO - plný	417.00	1.00	417	4	4	4
CELKEM						253	318	412

CELKOVÝ VÝVOJ OBJEMU DOPRAVY

Celkem za den	52054	tun	Celkem za den	96000	tun
Celkem za rok	19,0	mil tun	Celkem za rok	35,04	mil tun

*Poznámka: data z grafikonu pro rok 2017
nepočítáno s vlaky, které mají zkratku začínající na "Rus" (Rušící spoje)
nepočítáno s vlaky, které jedou pouze několikrát ročně*

Uvedené skupiny byly použity pro stanovení spekter rozkmitů pomocí dynamické odezvy v rámci projektu [2.3]. Z přehledu dopravy je patrný velký nárůst dopravy po provedení rekonstrukce mostu.

Objednatel: SŽDC, s.o.	43.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepoččet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

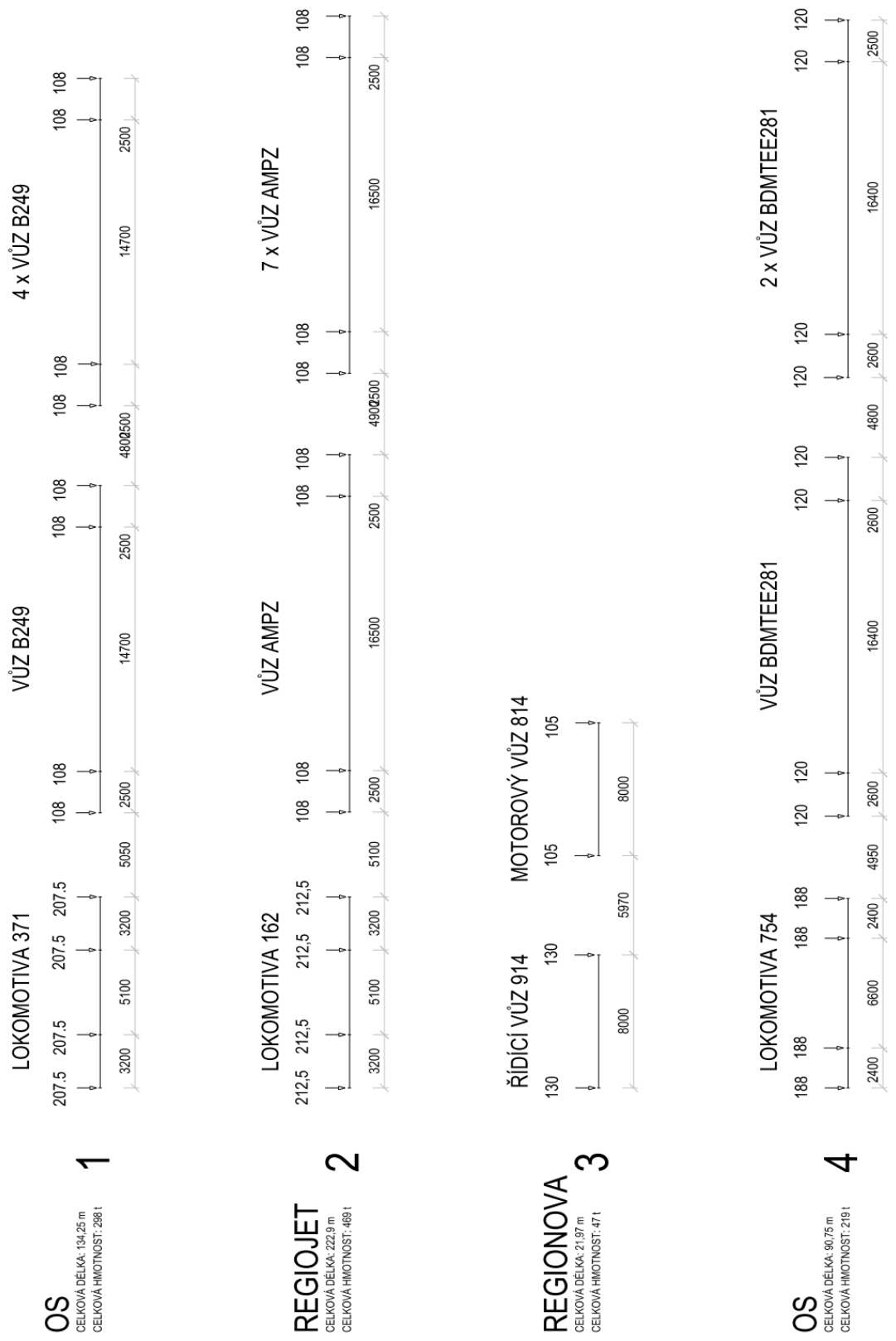


Schéma nápravových sil skupin charakteristických vlaků 1 - 4

Objednatel: SŽDC, s.o.	44.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepoččet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

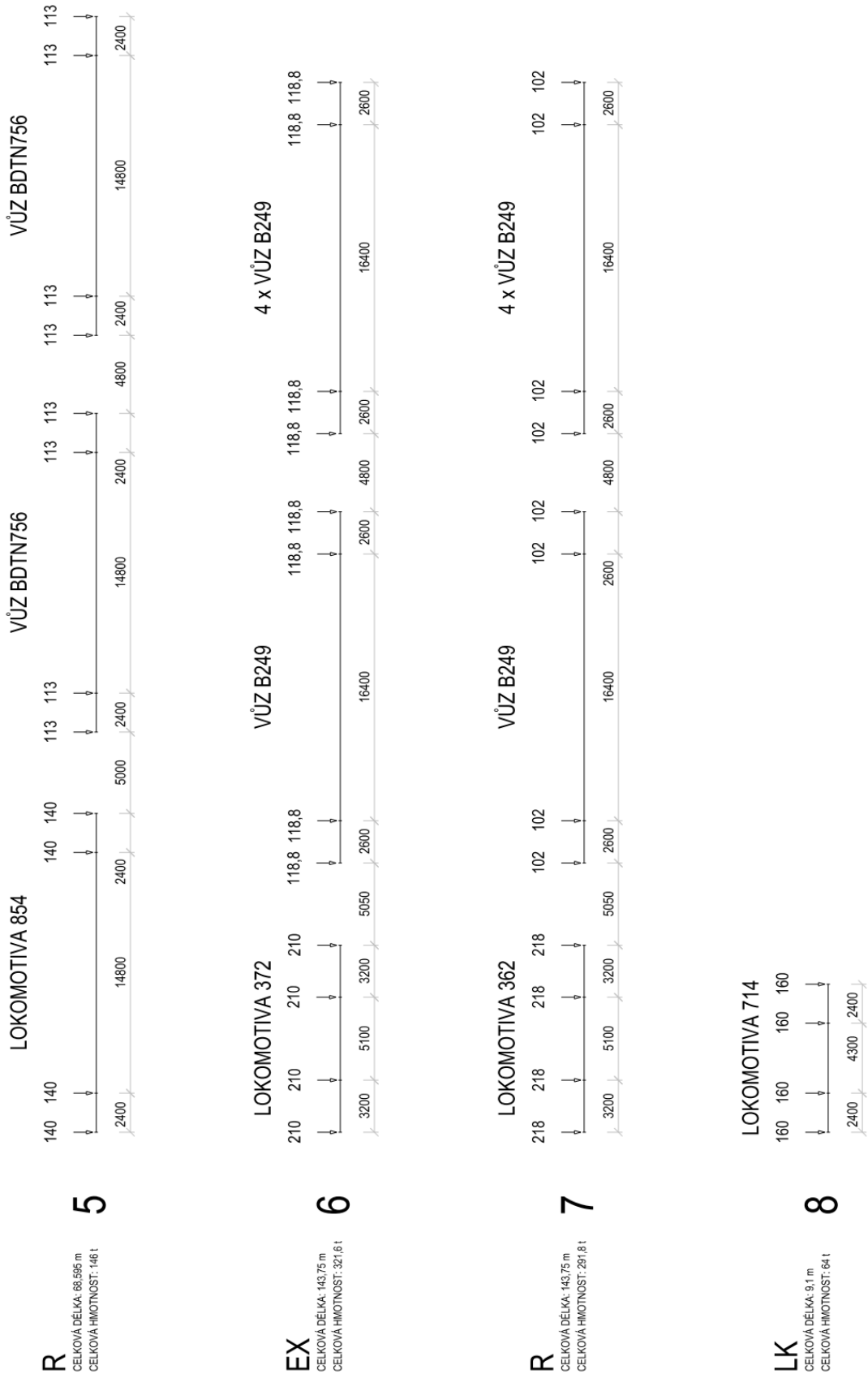


Schéma nápravových sil skupin charakteristických vlaků 5 -8

Objednatel: SŽDC, s.o.	45.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

STUPEŇ : PD



46.

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepoččet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

3. VÝPOČETNÍ MODEL

3.1 Obecný popis modelu

Pro výpočet vnitřních sil globálního systému konstrukce byl vytvořen 3D prutový výpočtový model v programu MIDAS Civil 2016 (v1.1)

Výpočetní model byl vytvořen pro:

- globální statická analýza nosné konstrukce (obálky pohyblivého zatížení; celkové kombinace zatížení),

Název souboru: most 3,545_2_aktualni_calc_11_CE_D4_PC_180503.mcb

Vstupní zdrojová data file.mct výpočetního modelu v textovém formátu jsou obsažena v digitální verzi

Základem výpočetního modelu je osové schéma konstrukce mostu dané systémovými osami. Průřezy jsou k osám připojeny s excentricitou dle skutečné polohy jejich těžiště. Ve výpočetním modelu je zadána excentricita polohy krajního vlákna průřezu (horního, spodního atd.) od systémové osy, čímž je automaticky zajištěna správná vzájemná poloha jednotlivých prvků ve 3D modelu konstrukce. Jednotlivé pruty tak svými průřezy charakterizují reálný tvar nosné konstrukce tzn. zejména vzájemné excentricity v připojení ve styčnicích příhradové konstrukce

V místech, kde fyzicky přechází jeden konstrukční prvek do druhého je vytvořen prut s fiktivním průřezem (nehmotný) o cca **10 krát** vyšší tuhosti tak, aby byla vystižena odpovídající konstrukční délka prutu.

Pro propojení prutů se vzájemnou excentricitou v napojení nebo připoji jsou koncové uzly propojeny opět pomocí prutů s fiktivním průřezem (nehmotný) o cca **10 krát** vyšší tuhosti.

Pro vystižení reálného rozložení zatížení jsou do výpočetního modelu mostu doplněny pruty mostnic a pruty kolejnic. Tyto pruty jsou pomocí koncových vazeb uvolněny tak, že nespolutpůsobí s modelem konstrukcí mostu.

Uspořádání ložisek podepření nosné konstrukce je staticky neurčité s dvojicí podélně pohyblivých ložisek na jedné podpěře a dvojicí pevných ložisek na druhé podpěře. Pro výpočet vnitřních sil od návrhového zatížení pro výpočet zatížitelnosti jsou uvažovány ekvivalentní lineární tuhosti podepření zahrnující vůle v ložisku a tuhost spodní stavby. Pro stanovení zatížitelnosti a posouzení přechodnosti byly ve výpočetním modelu zadány tyto tuhosti podepření.

tuhost pevného ložiska v podélném směru:

$$K_x = 250 \text{ MN.m}^{-1}$$

tuhost podélně pohyblivého ložiska v podélném směru (bez uvažování zvýšeného odporu):

$$K_x = 0 \text{ MN.m}^{-1}$$

tuhost podélně pohyblivého a pevného ložiska v příčném směru:

$$K_y = 500 \text{ MN.m}^{-1}$$

tuhost ve svislém směru:

$$K_z = 5000 \text{ MN.m}^{-1}$$

Styčnická přípoje podélníku na příčník

Svislá tuhost a vodorovná tuhost je zadána: $R_y = 0,05$ a $R_z = 0,05$ (Boundary group : L - stringer)

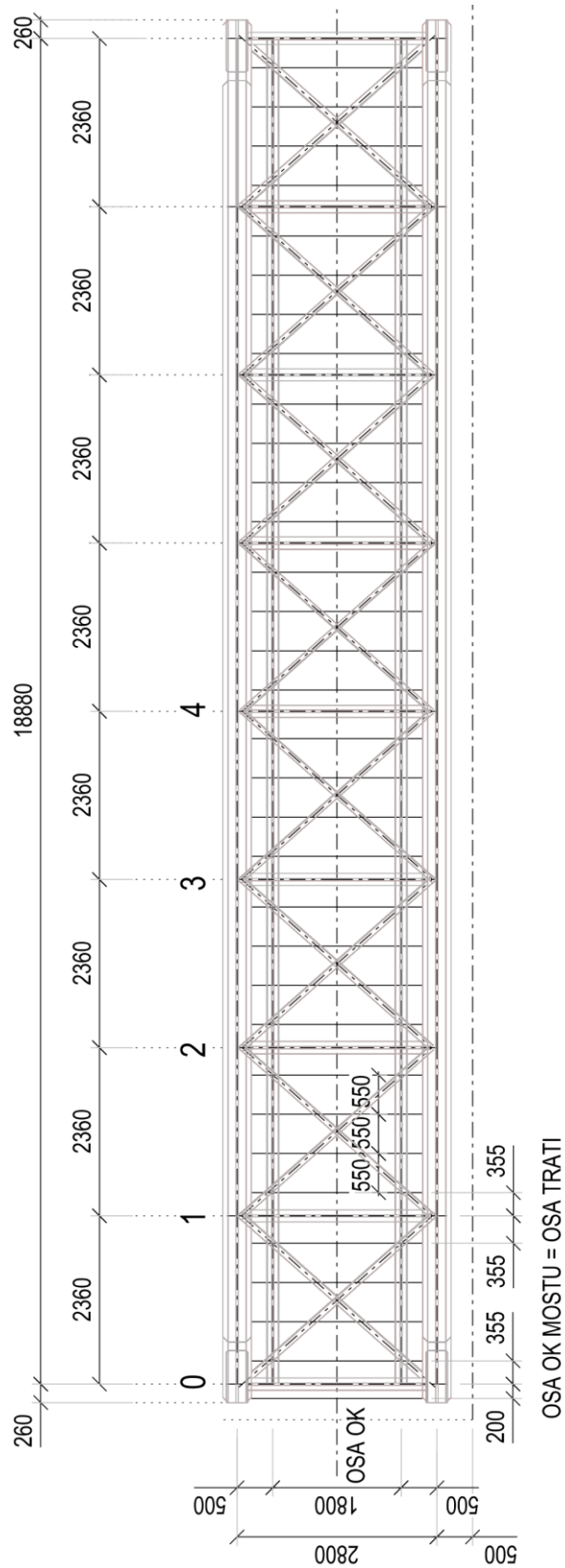
Podélná tuhost přípoje je dána přípojem pomocí oboustranného krčního úhelníku pouze stěny. Uvažováním podélné tuhosti je redukováno namáhání příčníků vodorovným ohybem M_z . Zohledněním tuhosti přípoje v podélném směru bude vystiženo reálné spolupůsobení mostovky a globálního systému.

Podélná tuhost je zadána: $F_x = 0,20$ (Boundary group : L - axial stiffness)

Objednatel: SŽDC, s.o.	48.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

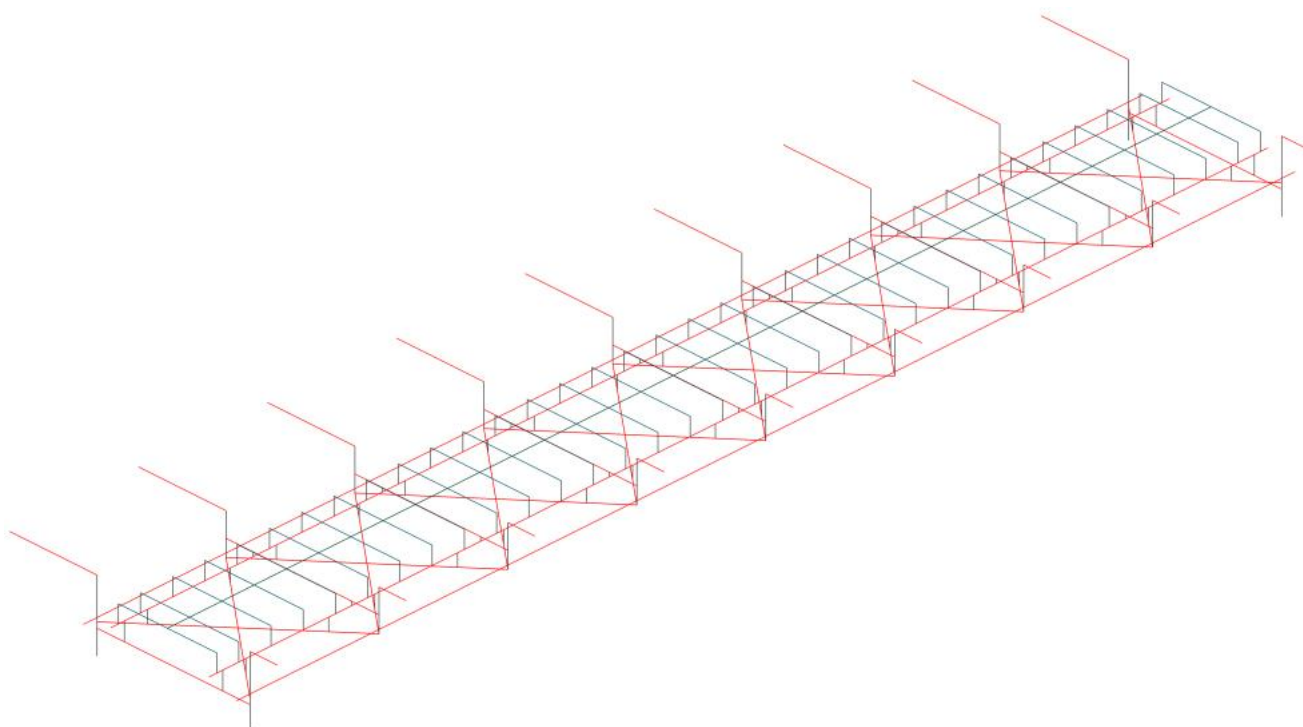
AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepočet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

3.2 Základní osová geometrie výpočetního modelu

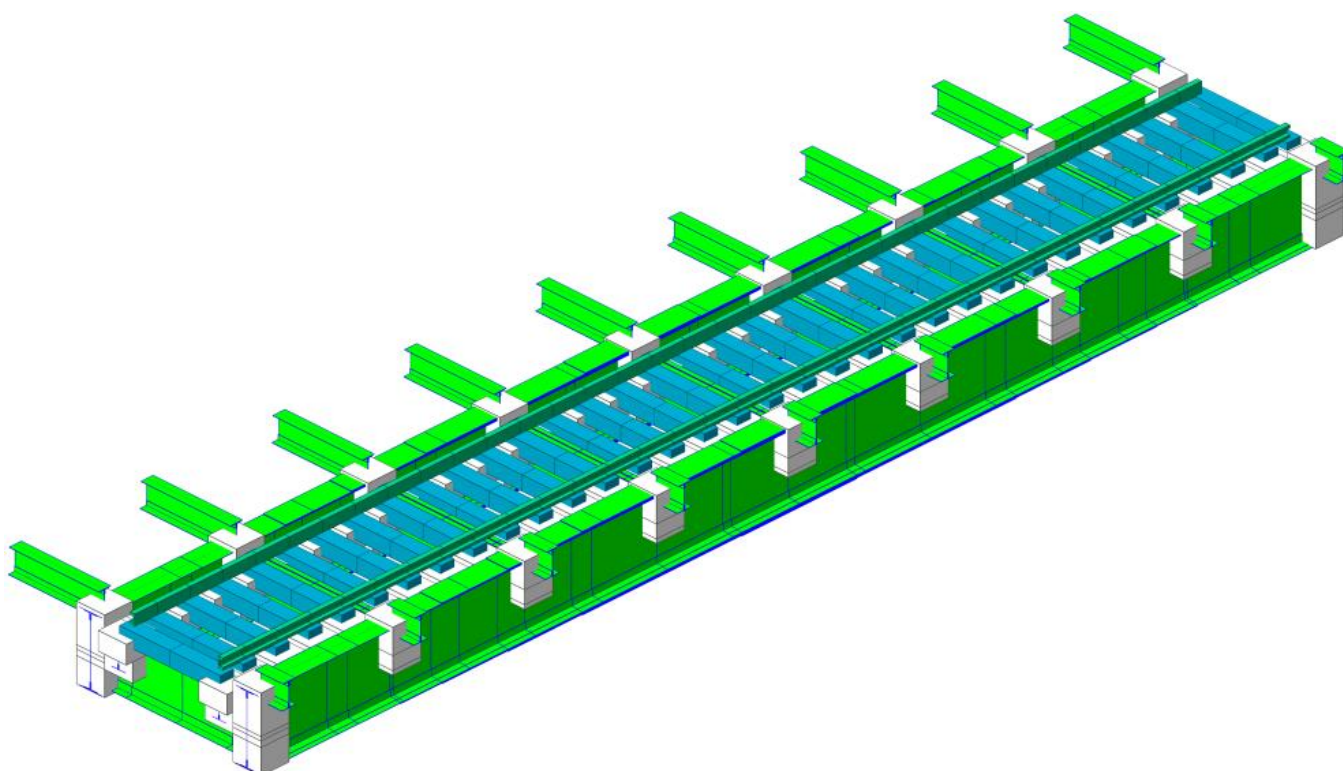


Objednatel: SŽDC, s.o.	49.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

3.3 RENDERING MODELU



Osové schéma prutového výpočetního modelu



Rendering výpočetního modelu - axo pohled

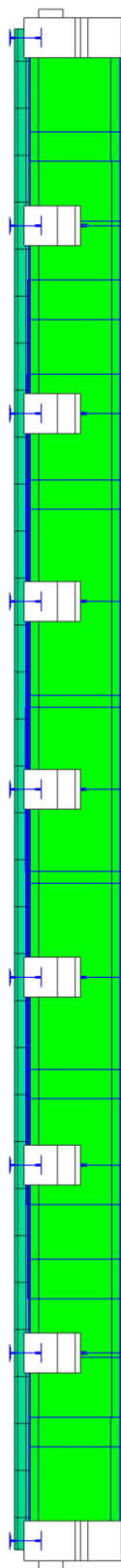
AKCE :

„Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“

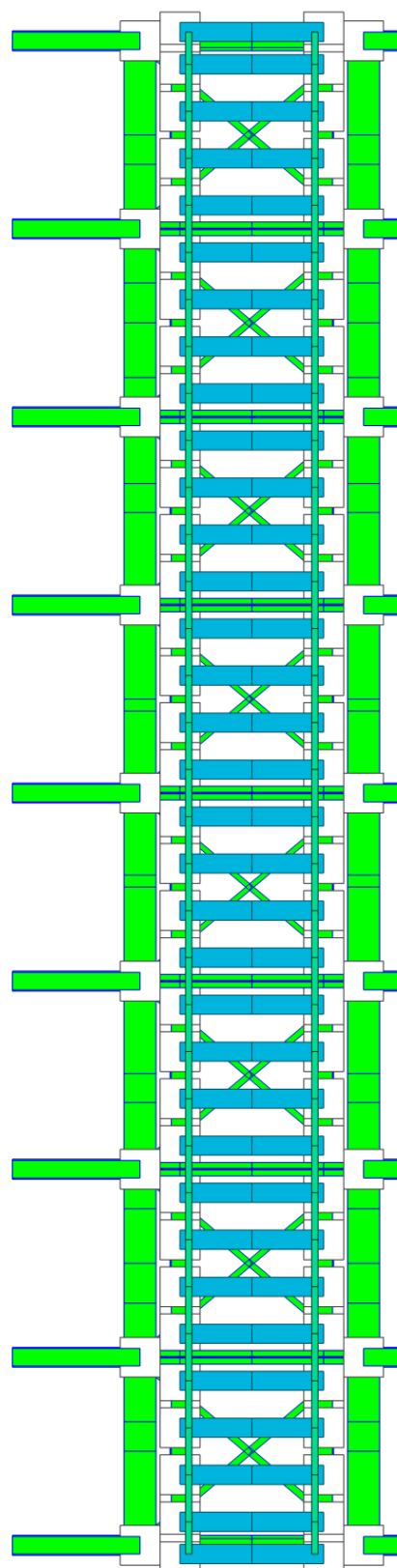
SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň

ČÁST : Statický přepočet nosné konstrukce mostu v km 3,545

STUPEŇ : PD



podélný pohled



půdorys

Rendering výpočetního modelu

Objednatel: SŽDC, s.o.

Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepoččet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

3.4 KRITICKÉ PRŮŘEZY KONSTRUKCE

Pro návrh konstrukce byly na základě velikosti celkových napětí od charakteristické kombinace zatížení v mezním stavu únosnosti vybrány kritické průřezy v každém z konstrukčních prvků, kde je provedeno posouzení.

Z hlediska celkového napětí je pravá a levá strana mostu namáhána shodně. V podélném směru je namáhána konstrukce rovněž symetricky. Vyšetřovat lze tedy prvky pouze v jednom kvadrantu konstrukce.

Vzhledem k množství prvků, ze kterých se mostní konstrukce skládá, byla pro posouzení zvolena první polovina levého příhradového nosníku.

Pro posouzení prvků nosné konstrukce byly vybrány kritické body v extrémech posuzovaných vnitřních sil případně i normálových napětí pro charakteristickou kombinaci skupin zatěžovacích stavů:

KZ: $\Sigma G + P1 + \Sigma \psi_1 \cdot Q_i$ (stálé + nahodilé pohyblivé vlak α .LM71)

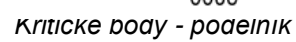
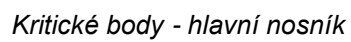
Pro stanovení kritických míst z hlediska únavy byly vybrány body s extrémem rozkmitu normálového napětí od skupiny zatížení P.

Schéma všech bodů je uvedeno v následujících tabulkách. Posuzované průřezy jsou zvýrazněny.

SEZNAM KRITICKÝCH ŘEZŮ

P.č.	Posudek označení	Popis	Element číslo	Part označení	Označení posudku	Poznámka
1	HN_1_0	vnější hl. nosník - podpora	517	I[375]	HN1.0	Vz
2	HN_1_1	vnější hl. nosník - pole 1	517	2/4	HN1.1	bez pásnic
3	HN_1_2	vnější hl. nosník - pole 1	74	2/4	HN1.2	1 pásnice
4	HN_1_3	vnější hl. nosník - styčnick 1	74	J[7]	HN1.3	2 pásnice (přípoj příčnicku)
5	HN_2	vnější hl. nosník - pole 2	6	J[9]	HN2	3 pásnice
6	HN_3	vnější hl. nosník - pole 2	14	J[18]	HN3	4 pásnice
7	HN_4	vnější hl. nosník - pole 3	22	J[26]	HN4	5 pásnic
8	HN_5	vnější hl. nosník - pole 4	36	J[40]	HN5	6 pásnic
9	HN_6	vnější hl. nosník - styčnick 4	44	I[46]	HN6	My.max - střed rozpětí styč. 4
10	HN4_1_2	vnější hl. nosník - pole 1	74	2/4	HN4_1.2	1 pásnice
11	HN4_2	vnější hl. nosník - pole 2	6	J[9]	HN4_2	3 pásnice
12	HN4_3	vnější hl. nosník - pole 2	14	1/4	HN4_3	4 pásnice
13	HN4_6	vnější hl. nosník - styčnick 4	44	I[46]	HN_6	My.max - střed rozpětí styč. 4
14	L1	podélník 1 - pole	215	J[238]	L1	maxMy
15	L2	podélník 2 - pole	218	J[240]	L2	maxMy
16	L3	podélník 3 - pole	222	J[243]	L3	maxMy
17	L4	podélník 4 - pole	225	J[245]	L4	maxMy
18	L1_Vz	podélník 1 - příčnick	151	I[173]	L1_Vz	maxVz
19	L2_Vz	podélník 2 - příčnick	155	I[178]	L2_Vz	maxVz
20	L3_Vz	podélník 3 - příčnick	127	I[142]	L3_Vz	maxVz
21	L4_Vz	podélník 4 - příčnick	135	I[152]	L4_Vz	maxVz

Objednatel: SŽDC, s.o.	52.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	



AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepočít nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

4. ANALÝZA KONSTRUKCE

4.1 GLOBÁLNÍ ANALÝZA KONSTRUKCE

Globální analýza je provedena jako pružnostní analýza. Nosná konstrukce je trámového působení s mezilehlou mostovkou.

4.2 FÁZE VÝSTAVBY MOSTNÍ KONSTRUKCE

V rámci posudku průřezu na mezní stavu únavy byly zohledněny historické změny tzn. zesílení. Toto se týká podélníků, kde byla přidána horní pásnice a případně i dolní. Napjatost v průřezu byla stanovena pro obě období působení průřezu podélníku.

4.3 SPEKTRA ROZKMITŮ NAPĚTÍ

Spektra rozkmitů napětí byla stanovena v rámci statického přepočtu mostu v km 3,706 viz **Příloha 12.2**

4.3.1 Relativní spektra rozkmitů napětí od traťové třídy zatížení C3

Jednotlivá spektra byla vztažena k relativnímu rozkmitu od schématu traťovou třídou zatížení C3 vč. dynamických účinků. Spektra byla vyhodnocena pro období minulé 2000-2017, současné 2018-2022 a výhledové 2025-2055.

Počty cyklů za rok od schématu traťovou třídou zatížení C3 vč. dynamických účinků

Pro relativní spektra rozkmitů napětí jsou po transformaci pro most v km 3,545 použity regresní součinitele uvedené v teorii prof. Frýby viz [2.7] pomocí, ze kterých byl proveden přepočít pro hlavní nosník a podélník.

Pro vliv délky prvku na počet cyklů byl v definován [2.7] vztah: L^c

kde c - regresní součinitel $c = -0.354$

Délka prvku L	Regres. souč. c
	-0.354
1	1.0000
4	0.6122
8.8	0.4631
10	0.4426
20	0.3463
50	0.2504
72	0.2200
100	0.1959

Přepočít počtu cyklů byl proveden pomocí součinitele převodu :

pro podélník $\gamma_{fat,L} = 2,16 \cdot L^c = 1,19$

Poznámka: Délka příčníku pro transformaci je uvažována konstrukční 8,8 m, což odpovídá působení v konstrukci mostu v km 3.706 ve vztahu k délce kladných pořadnic příčinků ohybového momentu příčníku

Objednatel: SŽDC, s.o.	54.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepoččet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

pro hlavní nosník: $\gamma_{fat.HN} = 4,54$. $L^c = 1,61$

Poznámka: Délka hlavního nosníku pro transformaci je uvažována $L = 71,72$ m dle mostu v km 3.706

kde L - náhradní délka podélníku (pro stanovení dynam. součinitele)
c - regresní součinitel (exponent) $c = -0.354$

Pro podélník bylo použito níže uvedené transformované relativní spektrum rozkmitů napětí mostu 3,706 pro Příčník P0 - střed (počet cyklů v tisících za rok)

MOSTOVKA - Podélník - střed

Poměr	Období			Období		
	2000 až 2017	2025 až 2055	2018 až 2022	2025 až 2055	2018 až 2022	2025 až 2055
	č.1	č.1	č.1	č.1	č.1	č.1
0.1	13999.1	17545.5	22716.5	16684.9	20911.6	27074.7
0.2	557.2	716.0	868.9	664.1	853.4	1035.6
0.3	174.9	264.3	209.6	208.5	315.0	249.8
0.4	302.5	349.0	558.6	360.5	416.0	665.8
0.5	248.5	320.5	341.3	296.2	382.0	406.8
0.6	94.3	123.5	130.7	112.4	147.2	155.8
0.7	111.1	145.8	179.0	132.4	173.8	213.3
0.8	69.6	69.6	128.7	83.0	83.0	153.4
0.9	3.2	3.2	4.2	3.8	3.8	5.0
1.0	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4
	15560.5	19537.7	25137.9	18545.8	23286.1	29960.7

Pro hlavní nosník bylo použito níže uvedené transformované relativní spektrum rozkmitů napětí mostu 3,706 pro Diagonálu D.7 (počet cyklů v tisících za rok)

HLAVNÍ NOSNÍK - střed

Poměr	Základní spektrum pro období			Transformované spektrum pro období		
	2000 až 2017	2000 až 2017	2018 až 2022	2025 až 2055	2018 až 2022	2025 až 2055
	č.1	č.1	č.1	č.1	č.1	č.1
0.1	12441.5	15555.0	20014.4	19983.1	24983.9	32146.5
0.2	108.8	146.2	186.0	174.8	234.8	298.7
0.3	163.0	195.9	243.8	261.8	314.6	391.6
0.4	14.9	21.3	18.3	23.9	34.2	29.4
0.5	12.6	15.3	22.6	20.2	24.6	36.3
0.6	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.5
0.7	6.9	10.1	8.0	11.1	16.2	12.8
0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	12748.0	15944.0	20493.4	20475.4	25608.7	32915.8

Objednatel: SŽDC, s.o.	55.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepočet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

Charakteristické hodnoty meze kluzu původních částí průřezu z plávkové oceli jsou uvažovány dle Metodického pokynu 2015:

Značka oceli	f_y [MPa]	f_u [MPa]
Svářkové železo	210	340
Plávková ocel	230	360

Charakteristické hodnoty meze kluzu oceli u nových částí přidaných v rámci zesilování jsou uvažovány dle MP 2015:

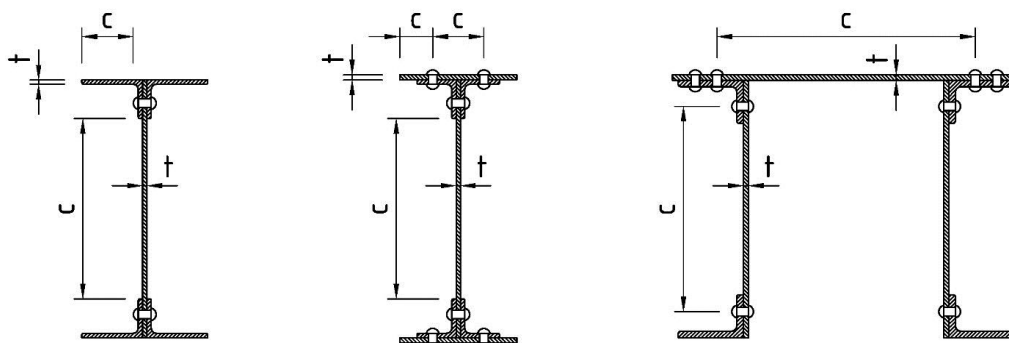
značka oceli	f_y [MPa] / t - tloušťka části průřezu [mm]				
	$t \leq 40$	$16 < t \leq 40$	$40t \leq 63$	$t \leq 80$	$t \leq 100$
S 235	235	225	215	215	215
S 355	355	345	335	325	315
S 460	460	440	430	410	400

Pozn: v šedých polích jsou hodnoty dle dodacích norem ČSN EN 10025-2 a ČSN EN 10025-3 v souladu s ČSN EN 1993-2/Z1 dodacích norem

5.2 VŠEOBECNĚ - PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

5.2.1 Výpočet třídy průřezu

Pro tlačené průřezy příp. ohýbané je provedeno zatřídění do tříd průřezu dle ČSN EN 1993-2 s odkazem na ČSN EN 1993-1-1. Průřezy jsou posouzeny jako průřezy nejvýše třídy 3 tzn. za předpokladu pružného chování pro nýtované konstrukce dle Metodického pokynu 2015.



šířky tlačných pásů průřezů pro stanovení třídy průřezů

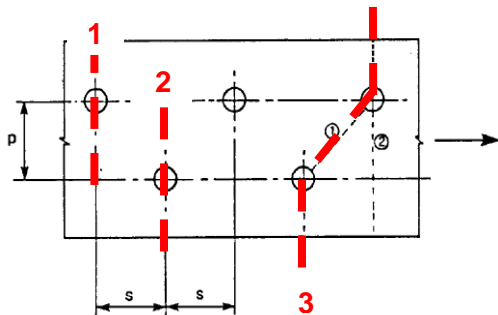
Objednatel: SŽDC, s.o.	57.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE :	„Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepočet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD	

5.2.2 Výpočet oslabené plochy otvory v řezu

Výpočet oslabené plochy je u průřezových charakteristik zohledněn tažených otvorů v kritickém řezu 1 nebo 2 viz obrázek níže. U vystřídáných otvorů nýtů je posouzen dále kritický řez 3, který prochází přes otvory lomeně.

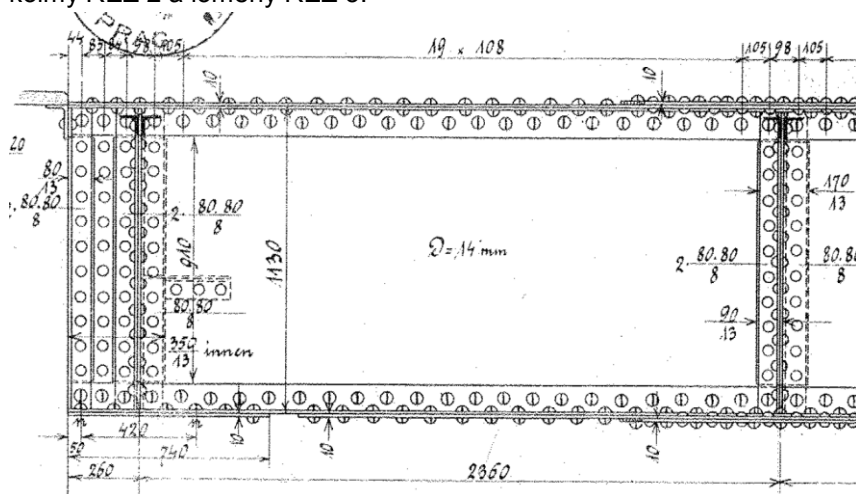
Oslabení průřezu tedy uvažováno v souladu s ČSN EN 1993-1-1, kap. 6.2.2.2, kde je nutno stanovit rozhodující oslabení otvory v řezu kolmém k ose prutu (6.2.2.2 (3)) nebo v řezu lomeném dle 6.2.2.2 (4)



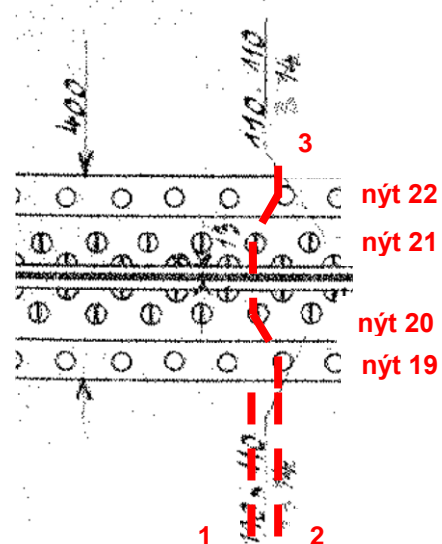
V případě rozhodujícího řezu 3, což bylo ve většině průřezů je pro výpočet skutečné délky řezu při zachování rozměrů kolmého řezu ekvivalentně redukován rozměr otvoru v tažené části průřezu.

Příklad: Hlavní nosník – dolní pásnice

V dolní pásnici příčnicku jsou vystřídány nýty č. 19, 20, 21, 22. V seznamu nýtů v analýze průřezu jsou uvedené nýty označeny jako skupina (v daném příkladu SKUPINA 1). V blízkosti posuzovaného bodu jsou v dolní pásnici vystřídány nýty, viz půdorys dolní pásnice. Vyhodnoceno bude oslabení pro kolmý ŘEZ 1, kolmý ŘEZ 2 a lomený ŘEZ 3.



podélný řez - hlavní nosník



půdorys dolní pásnice

Tabulka níže udává, který nýt je ve kterém řezu uvažován. Pro výpočet oslabení lomeného řezu je zadána vzdálenost řezů s (polovina podélné vzdálenosti nýtů) a příčná vzdálenost vystřídáných nýtů p (rozdíl souřadnic y). U řezu 3 je redukce $t \cdot s^2 / 4p$ vypočtena pro všechny lomené přechody. „PLOCHA OSLABENÍ RED.“ udává celkové oslabení pro jednotlivé řezy. V případě, že rozhoduje lomený ŘEZ 3, je vliv redukce oslabení zohledněn součinitelem redukce v analýze průřezu.

Objednatel: SŽDC, s.o.		58.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s		

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepočet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

SK. NÝTŮ:	1	ČÁST PRŮŘEZU:			PÁSNICE DOLNÍ	t =	10.0	mm
ČSN EN 1993-1-1, 6.2.2.2 (4)	OSLABENÁ PLOCHA PRŮŘEZU - VYSTŘÍDANÉ OTVORY							
STANOVENÍ ROZHODUJÍCÍHO ŘEZU PORUŠENÍ:								
ČSN EN 1993-1-1, 6.2.2.2 (2)	- ŘEZ 1	PŘÍČNÝ ŘEZ - NEVYSTŘÍDANÉ OTVORY						
ČSN EN 1993-1-1, 6.2.2.2 (2)	- ŘEZ 2	PŘÍČNÝ ŘEZ - NEVYSTŘÍDANÉ OTVORY						
ČSN EN 1993-1-1, 6.2.2.2 (4)	- ŘEZ 3	LOMENÝ ŘEZ - VYSTŘÍDANÉ OTV.			vzdálenost řezů 1-2	s =	44	mm
NÝT Č.	d [mm]	ŘEZ 1	ŘEZ 2	ŘEZ 3	POPIS	Y	Z	
19	20.0	1	0	1	nýt - f.b	-160.0	-5.0	
20	22.0	0	1	1	nýt - f.b - krční úhelník	-66.5	1.5	
21	22.0	0	1	1	nýt - f.b - krční úhelník	66.5	1.5	
22	20.0	1	0	1	nýt - f.b	160.0	-5.0	
PLNÉ OSLABENÍ		-400	-440	-840	A1 = - Σ t.di [mm2]			
PŘECHOD		p [mm]						
1-šikmo	93.5	-	-	52				
2-šikmo	93.5	-	-	52				
REDUKCE OSLABENÍ		0	0	104	A2 = + Σ t.si ² / 4.pi [mm2]			
PLOCHA OSLABENÍ RED.		-400	-440	-736	A1 + A2			
ROZHODUJÍCÍ ŘEZ (MIN)		-	-	MIN				
VÝPOČET SOUČINITELE REDUKCE PRŮMĚRU OTVORU PRO PŘÍPAD, ŽE ROZHODUJE ŘEZ 3:								
SOUČINITELE REDUKCE		1.00	1.00	0.88	= (A1 + A2) / A1			

V daném případě bylo vypočteno, že pro danou skupinu vystřídáných nýtů (nýt 19,20,21,22) je rozhodující lomený ŘEZ 3.

TABULKA SOUČINITELE REDUKCE PRO ŘEZY A SKUPINY NÝTŮ:				
SKUPINY NÝTŮ		ŘEZY		
ID	POPIS	1	2	3
1	PÁSNICE DOLNÍ	1.00	1.00	0.88
2				
3				
4				
5				
6				

TABULKA ZADANÝCH ŘEZŮ PRO DANÉ SKUPINY

ID	ZADAT ŘEZ	RED.
1	3	0.88
2	1	0.00
3	1	0.00
4	1	0.00
5	1	0.00
6	1	0.00

V seznamu nýtu v analýze průřezu je uvažování vystřídáných otvorů zohledněno zadáním čísla skupiny vystřídáných nýtu (skupina 1 = nýt 19,20,21,22). Pro dané nýty je pak zadán odpovídající rozhodující řez (ŘEZ 3) a odpovídající součinitel redukce. Hodnoty ve sloupci AKTIVITA OTVORU musí odpovídat rozhodujícímu řezu (ŘEZ 3 zahrnuje všechny nýty skupiny, tzn. AKTIVITA OTVORU = 1 u nýtů 19,20,21,22 je v pořádku).

Objednatel: SŽDC, s.o.	59.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepočet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

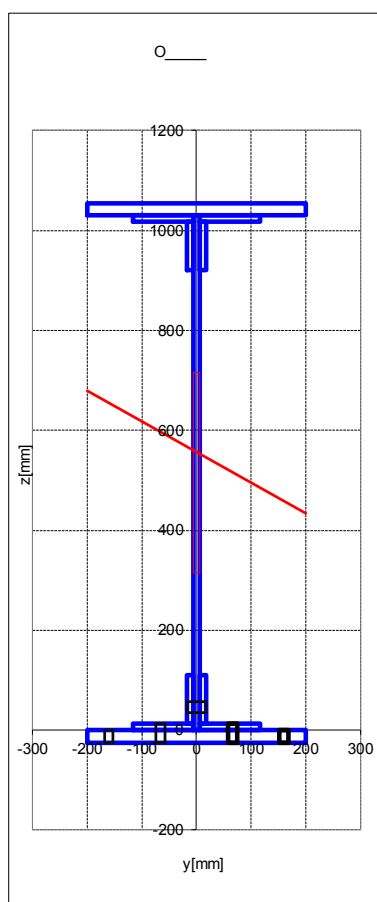
5.2.3 Výpočet oslabené plochy o otvory průřezu

Při výpočtu oslabené plochy průřezu bylo postupováno dle těchto pravidel, které zajistí pružné působení průřezu:

1. oslabení otvory vyplněnými nýty nebo šrouby v tažené oblasti je uvažováno plochu otvoru pro nýt resp. šroub
2. oslabení nadrozměrnými otvory vyplněnými šrouby v tlačené oblasti je uvažováno plochou otvoru pro šroub
3. oslabení otvory vyplněnými nýty v tlačené oblasti není uvažováno
4. tlačená a tažená oblast je dána polohou neutrálné osy průřezu pro výslednici vnitřních sil od výsledné kombinace pro sledovanou řídicí veličinu. Průřezové charakteristiky byly stanovovány iteračně tak, aby posudek odpovídal aktuální poloze neutrálné osy pro stanovení oslabení,

Příklad uvažování oslabení otvory (černě vyznačeny uvažované otvory pro nýty - pod neutrálnou osou)

SCHEMA ZADANÉHO PRŮŘEZU



NEUTRÁLNÁ OSA

NAPĚTÍ [MPa]:

-22.31	-36.87
41.88	27.31

ZS:

N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
import 10	0	0	0	500	10

Postup pro uvažování otvorů pro spojovací prostředky při tahu a ohybu dle ČSN EN 1993-2 čl. 6.2.3 a čl. 6.2.5 nelze pro nýťované pruty použít z důvodu kontinuálního spojení podél prvku a ne pouze ve styčnicích nebo spojení (předpoklad normového přístupu).

Uvažování částečné plastifikace k mezi pevnosti f_u v každém místě oslabení otvory po celé délce prvku by ovlivňovalo tuhostní charakteristiky.

Objednatel: SŽDC, s.o.	60.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepočet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

5.3 MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

Rekapitulace posouzení mezního stavu únosnosti v rámci stanovení zatížitelnosti nosné konstrukce pro všechny kritické průřezy jsou uvedeny v následujících tabulkách.

V případě, že hodnota zatížitelnosti $Z_{LM71} < 1,0$ je následně pro rozhodující posudky posouzena přechodnost pro traťové třídy zatížení D4.

Podrobné posudky pro každý řez jsou uvedeny v příloze **P.3 - Posouzení - mezní stav únosnosti** tohoto statického výpočtu.

NK1-NK3 HLAVNÍ NOSNÍK - MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

Č. p.	PRŮŘEZ:	PRUT/dx:	POPIS:	VLÁKNO		POPIS VLÁKNA	ŘÍDÍCÍ VELIČINA	KOMB. ZATÍŽENÍ	NAPĚTÍ	MEZ	VYUŽITÍ	NAPĚTÍ	MEZ	VYUŽITÍ	CELKOVÉ	ZATÍŽITEL.
									NORMÁL.	KLUZU	η ₁	SMYK. Vz	KLUZU	η ₃	VYUŽITÍ	Z _{LM1}
								[MPa]	[MPa]	[eff]		[MPa]	[MPa]	[eff]	[eff]	
HN0	HN0	517 / [375]	vnější hl. nosník - podpora	BOD K2	-HP	horní pásnice	Vz.min	KZ03	41.2	209.1	0.20	-89.6	120.7	0.74	0.74	1.41
				BOD K4	-SP	dolní pásnice	Vz.min	KZ03	28.5	209.1	0.14	-89.6	120.7	0.74	0.74	1.41
				BOD S6	-HP	stěna	Vz.min	KZ03	-74.7	209.1	0.36	-89.6	120.7	0.74	0.74	1.41
										0.36				0.74	0.74	1.41
HN1.1	HN1_1	517 / [J80]	vnější hl. nosník - pole 1	BOD K2	-HP	horní pásnice	My.max	KZ03	-81.3	209.1	0.39	-68.1	120.7	0.56	0.56	1.92
				BOD K4	-SP	dolní pásnice	My.max	KZ04	139.4	209.1	0.67	-66.7	120.7	0.55	0.67	1.72
				BOD S6	-HP	stěna	My.max	KZ02	51.1	209.1	0.24	-56.9	120.7	0.47	0.47	2.39
										0.67			0.56	0.67	1.72	
HN1.2	HN1_2	74 / 3/4	vnější hl. nosník - pole 1	BOD K2	-HP	horní pásnice	My.max	KZ04	-204.3	209.1	0.98	-66.4	120.7	0.55	0.98	1.03
				BOD K3	-SL	dolní pásnice	My.max	KZ03	245.5	209.1	1.17	-66.1	120.7	0.55	1.17	0.82
				BOD S5	-HL	stěna	My.max	KZ03	-166.9	209.1	0.80	-67.7	120.7	0.56	0.80	1.29
										1.17			0.56	1.17	0.82	
HN1.3	HN1_3	74 / [J7]	vnější hl. nosník - styčnk 1	BOD K2	-HP	horní pásnice	My.max	KZ04	-157.6	209.1	0.75	-76.6	120.7	0.63	0.75	1.38
				BOD K3	-SL	dolní pásnice	My.max	KZ03	198.0	209.1	0.95	-74.7	120.7	0.62	0.95	1.07
				BOD S6	-HP	stěna	My.max	KZ03	129.8	209.1	0.62	-76.6	120.7	0.63	0.63	1.65
										0.95			0.63	0.95	1.07	
HN2	HN_2	6 / [J9]	hl. nosník - pole 2	BOD K2	-HP	horní pásnice	My.max	KZ04	-188.6	209.1	0.90	-47.2	120.7	0.39	0.90	1.13
				BOD K3	-SL	dolní pásnice	My.max	KZ03	229.3	209.1	1.10	-46.9	120.7	0.39	1.10	0.89
				BOD S5	-HL	stěna	Vz.min	KZ03	-141.2	209.1	0.68	-51.1	120.7	0.42	0.68	1.54
										1.10			0.42	1.10	0.89	
HN3	HN_3	14 / [J18]	hl. nosník - pole 2 (před styčnkem 2)	BOD K2	-HP	horní pásnice	My.max	KZ04	-193.1	209.1	0.92	-49.4	120.7	0.41	0.92	1.10
				BOD K3	-SL	dolní pásnice	My.max	KZ03	235.2	209.1	1.13	-48.9	120.7	0.41	1.13	0.86
				BOD S6	-HP	stěna	Vz.min	KZ03	161.3	209.1	0.77	-51.0	120.7	0.42	0.77	1.32
										1.13			0.42	1.13	0.86	
HN4	HN_4	22 / [J26]	h. nosník - pole 3	BOD K2	-HP	horní pásnice	My.max	KZ04	-194.9	209.1	0.93	-27.7	120.7	0.23	0.93	1.09
				BOD K3	-SL	dolní pásnice	My.max	KZ03	238.9	209.1	1.14	-27.4	120.7	0.23	1.14	0.85
				BOD S5	-HL	stěna	Vz.min	KZ03	-129.7	209.1	0.62	-37.5	120.7	0.31	0.62	1.70
										1.14			0.31	1.14	0.85	
HN5	HN_5	36 / [J40]	hl. nosník - pole 4	BOD K2	-HP	horní pásnice	My.max	KZ04	-191.6	209.1	0.92	-10.0	120.7	0.08	0.92	1.11
				BOD K3	-SL	dolní pásnice	My.max	KZ04	234.6	209.1	1.12	-10.0	120.7	0.08	1.12	0.87
				BOD S6	-HP	stěna	Vz.min	KZ03	120.7	209.1	0.58	-24.7	120.7	0.20	0.58	1.84
										1.12			0.20	1.12	0.87	
HN6	HN_6	44 / [J46]	vnější hl. nosník - styčnk 4	BOD K2	-HP	horní pásnice	My.max	KZ04	-171.3	209.1	0.82	13.9	120.7	0.11	0.82	1.26
				BOD K3	-SL	dolní pásnice	My.max	KZ04	211.9	235.0	0.90	13.9	120.7	0.11	0.90	1.13
				BOD S6	-HP	stěna	Vz.max	KZ03	145.5	209.1	0.70	27.3	120.7	0.23	0.70	1.56
										0.90			0.23	0.90	1.13	
Rekapitulace posouzení NK1-NK3 - Hlavní nosník - (Mezní stav únosnosti)											1.17			0.74	1.17	0.82

Objednatel: SŽDC, s.o.	61.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepočet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

NK4 - HLAVNÍ NOSNÍK - MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

Č. p.	PRŮŘEZ:	PRUT/dx:	POPIS:	VLÁKNO		POPIS VLÁKNA	ŘÍDICÍ VELIČINA	KOMB. ZATÍŽENÍ	NAPĚTÍ NORMÁL.	MEZ KLUZU	VYUŽITÍ η ₁	NAPĚTÍ SMYK. Vz	MEZ KLUZU	VYUŽITÍ η ₃	CELKOVÉ VYUŽITÍ	ZATÍŽITEL.
									[MPa]	[MPa]	[eff]	[MPa]	[MPa]	[eff]	[eff]	Z _{LM1}
HN0	HN0	517 / [375]	vnější hl. nosník - podpora	BOD K2	-HP	horní pásnice	Vz.min	KZ03	41.2	209.1	0.20	-89.6	120.7	0.74	0.74	1.41
				BOD K4	-SP	dolní pásnice	Vz.min	KZ03	28.5	209.1	0.14	-89.6	120.7	0.74	0.74	1.41
				BOD S6	-HP	stěna	Vz.min	KZ03	-74.7	209.1	0.36	-89.6	120.7	0.74	0.74	1.41
										0.36				0.74	0.74	1.41
HN4_1_2	HN_1_2	74 / [J7]	hl. nosník pole 1 (před styčnickem 1)	BOD K2	-HP	horní pásnice	My.max	KZ04	-188.1	209.1	0.90	-70.9	120.7	0.59	0.90	1.13
				BOD K3	-SL	dolní pásnice	My.max	KZ03	174.0	235.0	0.74	-70.4	132.8	0.53	0.74	1.44
				BOD S5	-HL	stěna	My.max	KZ03	-176.8	209.1	0.85	-69.9	120.7	0.58	0.85	1.22
										0.90				0.59	0.90	1.13
HN4_2	HN4_2	6 / [J9]	hl. nosník - pole 2	BOD K2	-HP	horní pásnice	My.max	KZ04	-186.5	209.1	0.89	-50.0	120.7	0.41	0.89	1.14
				BOD K3	-SL	dolní pásnice	My.max	KZ03	205.1	235.0	0.87	-49.7	120.7	0.41	0.87	1.18
				BOD S6	-HP	stěna	My.max	KZ03	194.1	209.1	0.93	-49.7	120.7	0.41	0.93	1.10
										0.93				0.41	0.93	1.10
HN4_3	HN4_3	14 / 1/4	NK4 - hl. nosník - pole 2 stěna původního hl. nosníku	BOD K2	-HP	horní pásnice	My.max	KZ04	-175.3	209.1	0.84	-52.3	120.7	0.43	0.84	1.23
				BOD K3	-SL	dolní pásnice	My.max	KZ03	227.6	235.0	0.97	-52.0	120.7	0.43	0.97	1.04
				BOD S6	-HP	stěna	My.max	KZ03	217.8	209.1	1.04	-52.0	120.7	0.43	1.04	0.95
										1.04				0.43	1.04	0.95
HN4_6	HN4_6	44 / [46]	vnější hl. nosník - styčnk 4	BOD K2	-HP	horní pásnice	My.max	KZ04	-169.8	209.1	0.81	14.3	120.7	0.12	0.81	1.27
				BOD K3	-SL	dolní pásnice	My.max	KZ04	188.2	215.0	0.88	14.3	132.8	0.11	0.88	1.17
				BOD S6	-HP	stěna	Vz.max	KZ03	128.1	209.1	0.61	28.2	120.7	0.23	0.61	1.81
										0.88				0.23	0.88	1.17
Rekapitulace posouzení NK4 - Hlavní nosník - (Mezní stav únosnosti)											1.04			0.74	1.04	0.95

Objednatel: SŽDC, s.o.	62.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE :		„Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“	
		SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepoččet nosné konstrukce mostu v km 3,545			STUPEŇ : PD

NK1-NK4 PODÉLNÍK - MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

Č. p.	PRŮŘEZ:	PRUT/dx:	POPS:	VLÁKNO		POPIS VLÁKNA	ŘÍDÍCÍ VELIČINA	KOMB. ZATÍŽENÍ	NAPĚTÍ	MEZ	VYUŽITÍ	NAPĚTÍ	MEZ	VYUŽITÍ	CELKOVÉ	ZATÍŽITEL.
									NORMÁL.	KLUZU	η ₁	SMYK. Vz	KLUZU	η ₃	VYUŽITÍ	Z _{Lm1}
									[MPa]	[MPa]	[eff]	[MPa]	[MPa]	[eff]	[eff]	
L1.1	L1	215 / J[238]	Podélník - pole 1 - průřez L1	BOD K1	-HL	horní pásnice	My.max	KZ04	-211.2	209.1	1.01	-51.7	120.7	0.43	1.01	0.99
				BOD K4	-SP	dolní pásnice	My.max	KZ04	204.7	209.1	0.98	-51.4	120.7	0.43	0.98	1.02
				BOD S6	-HP	stěna	Vz.min	KZ03	72.0	209.1	0.34	-58.9	120.7	0.49	0.49	2.13
											1.01			0.49	1.01	0.99
L1.6	L1	215 / J[238]	Podélník - pole 1 - průřez L6	BOD K1	-HL	horní pásnice	Mz.max	KZ04	-214.2	235.0	0.91	-50.2	132.8	0.38	0.91	1.11
				BOD K4	-SP	dolní pásnice	My.max	KZ04	207.4	209.1	0.99	-50.0	120.7	0.41	0.99	1.01
				BOD S6	-HP	stěna	Vz.min	KZ03	110.0	209.1	0.53	-57.1	120.7	0.47	0.53	1.86
											0.99			0.47	0.99	1.01
L2.1	L2	218 / J[240]	Podélník - pole 2 - průřez L1	BOD K1	-HL	horní pásnice	My.max	KZ04	-225.1	209.1	1.08	-46.8	120.7	0.39	1.08	0.92
				BOD K4	-SP	dolní pásnice	My.max	KZ04	209.2	209.1	1.00	-46.8	120.7	0.39	1.00	1.00
				BOD S6	-HP	stěna	My.max	KZ03	114.5	209.1	0.55	-46.6	120.7	0.39	0.55	1.90
											1.08			0.39	1.08	0.92
L2.6	L2	218 / J[240]	Podélník - pole 2 - průřez L6	BOD K1	-HL	horní pásnice	Mz.max	KZ04	-223.6	235.0	0.95	-44.4	132.8	0.33	0.95	1.06
				BOD K4	-SP	dolní pásnice	My.max	KZ04	224.9	209.1	1.08	-47.8	120.7	0.40	1.08	0.93
				BOD S6	-HP	stěna	My.max	KZ03	169.8	209.1	0.81	-45.5	120.7	0.38	0.81	1.25
											1.08			0.40	1.08	0.93
L3.1	L3	222 / J[243]	Podélník - pole 3 - průřez L1	BOD K1	-HL	horní pásnice	My.max	KZ04	-190.3	209.1	0.91	-6.9	120.7	0.06	0.91	1.11
				BOD K4	-SP	dolní pásnice	My.max	KZ04	177.9	209.1	0.85	-7.0	120.7	0.06	0.85	1.19
				BOD S5	-HL	stěna	Vz.min	KZ03	-79.1	209.1	0.38	-26.4	120.7	0.22	0.38	2.71
											0.91			0.22	0.91	1.11
L3.6	L3	222 / J[243]	Podélník - pole 3 - průřez L6	BOD K1	-HL	horní pásnice	My.max	KZ04	-184.7	209.1	0.88	-6.6	120.7	0.05	0.88	1.14
				BOD K4	-SP	dolní pásnice	My.max	KZ04	208.7	209.1	1.00	-6.2	120.7	0.05	1.00	1.00
				BOD S6	-HP	stěna	Vz.min	KZ03	105.6	209.1	0.51	-26.0	120.7	0.22	0.51	1.97
											1.00			0.22	1.00	1.00
L4.1	L4	225 / J[245]	Podélník - pole 4 - průřez L1	BOD K1	-HL	horní pásnice	My.max	KZ04	-183.0	209.1	0.88	-7.0	120.7	0.06	0.88	1.15
				BOD K4	-SP	dolní pásnice	My.max	KZ04	166.8	209.1	0.80	-7.0	120.7	0.06	0.80	1.27
				BOD S5	-HL	stěna	My.max	KZ04	-115.3	209.1	0.55	-7.1	120.7	0.06	0.55	1.86
											0.88			0.06	0.88	1.15
L4.6	L4	225 / J[245]	Podélník - pole 4 - průřez L6	BOD K1	-HL	horní pásnice	My.max	KZ04	-188.9	209.1	0.90	-6.8	120.7	0.06	0.90	1.12
				BOD K4	-SP	dolní pásnice	My.max	KZ04	207.4	209.1	0.99	-5.8	120.7	0.05	0.99	1.01
				BOD S6	-HP	stěna	Vz.min	KZ03	105.4	209.1	0.50	-25.0	120.7	0.21	0.50	1.98
											0.99			0.21	0.99	1.01
Rekapitulace posouzení NK - Podélníky L - My - (Mezní stav únosnosti)											1.08			0.49	1.08	0.92

Objednatel: SŽDC, s.o.	63.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepočít nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

5.4 MEZNÍ STAV ÚNAVY

5.4.1 Metodika posouzení mezního stavu únavy

Zásadním posudkem pro stanovení zbytkové únavové životnosti mostní konstrukce, která je v intenzivním provozu více jak 117 let, je posouzení mezního stavu únavy. Pro přesné posouzení tohoto mezního stavu únavy není vhodné použít zjednodušujících postupů dle současných norem ČSN EN resp. Metodického pokynu, které se běžně používají pro návrh mostních konstrukcí (metoda ekvivalentního rozkmitu).

Pro posouzení mezního stavu únavy bylo tedy použito metody "kumulace únavového poškození" tzv. **Palmgren-Minerovou** hypotézou. Uvedená metoda kumulace únavového poškození patří mezi nejpřesnější a nejvíce rozšířené metody (doporučení viz Metodický pokyn). Teorie Palmgren-Minerovy hypotézy je založena na sčítání příspěvků od jednotlivých zátěžových amplitud (rozkmitů napětí).

Ze seříděného souboru dat (spekter) vyčteme jejich četnosti a odpovídající počet cyklů, které by při zatěžování konstantním cyklem dané amplitudy (rozkmitu) způsobily lom. Pro stanovení tohoto počtu cyklů do porušení je použita Wöhlerova křivka v log souřadnicích tzv. bilineární s prahovou hodnotou.

Jedná se tedy o **lineární hypotézu** kumulace poškození. V případě této metody jsou vstupní data o napětích ve formě spekter napětí.

Pro období, kdy je známa skladba dopravy tzn. od 2000 do 2055 byly pro účely posouzení vyhodnocena relativní spektra napětí od dopravního zatížení viz kap 2.5. Spektra byla vyhodnocena z výsledků dynamické analýzy přejezdů schémat skupin charakteristických vlaků. Výhledové zatížení bylo uvažováno dle předpokladů dopravní technologie.

Relativní spektra napětí od charakteristických skupin vlaků byla vztažena k účinkům traťové třídy zatížení C3.

Pro období 1901 až 1999, kdy byly dohledány pouze hodnoty intenzity dopravního zatížení, bylo pro posouzení mezního stavu únavy použito relativních spekter napětí odvozených prof. Frýbou [2.7], která byla začleněna do normy ČSN 73 6203:1986. Relativní spektra stanovená prof. Frýbou jsou vztažena k zatěžovacímu vlaku ČD-Z dle ČSN 736203:1986 (schéma LM71 s klas. souč. $\alpha = 1,1$) v jedné koleji.

Počet cyklů N odpovídající dílčímu intervalu relativního spektra rozkmitů napětí $\Delta\sigma_{fat,i}$ se vypočte ze vztahu:

$$N_i = n \cdot (a \cdot T^b \cdot L^c \cdot \Delta\sigma_{fat,i}^d \cdot e^{k \cdot s})$$

kde $i \in <1; 10>$

Regresní koeficienty	a =	17.742	
	b =	0.860	
	c =	-0.354	
	d =	-4.464	
	k =	1.65	
	s =	1.323	
Délka časového intervalu	n =	počet roků viz intenzita	m.hr.t/rok
Zatížení tratí v jedné koleji	T =	dopravního zatížení	
Délka prvku	L =	dle prvku ¹⁾	m
Relativní rozkmit napětí	$\Delta\sigma_{fat,i}$ =	0.1 až 1.0 ²⁾	MPa

1) délka prvku L je volena ve vztahu k tvaru příčinkové čáry a délky úsek s kladnými příčinkami

2) základní hodnoty relativních rozkmitů dle prof. Frýby pro vlak ČD - Z tzn. v intervalu $<0.1; 1,0>$

Údaje o intenzitách dopravního zatížení viz kap. 2.5 byly průměrovány v časových úsecích, které byly voleny dle změn normativů v oblasti požadavků na zatížení železničních mostů.

Objednatel: SŽDC, s.o.	64.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepočet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

Přehled vývoje normativů od roku 1870 po současnost (milníky ve vývoji dopravního zatížení)

P. č.	Normativ	Platnost	
		od	do
1	<i>Zákoník říšský 1870, nařízení min. obchodu č. 114</i>	1870	1878
2	<i>Zákoník říšský 1878, nařízení min. obchodu č. 109</i>	1878	1904
3	Nařízení min. železnic č.97 z r. 1904	1904	1921
4	Výnos min. železnic č. 1915-IV/4a z r. 1921	1921	1927
5	Výnos min. železnic č. 15614 z r. 1927	1927	1937
6	ČSN 1230/1937	1937	1941
7	BE 1934 a Směrnice pro navrhování mostů 1950	1941	1952
8	ČSN 73 6202/1953 a ČSN 73 6203/1968	1953	1986
9	ČSN 73 6203/1986	1986	2010
10	ČSN EN 1991-2 a Metodický pokyn 2015	2010	dnes

Rekapitulace průměrů dopravního zatížení na mostě v období od roku 1901 do roku 2000 (průměry za období platnost normativu)

Rok	Průměr dopravního zatížení [mil. hr.t/rok]		Poznámka
	Výtoňský most	kolej č.1	
1921	5.365	1.533	od 1901 do 1921
1927	2.276	1.781	
1937	4.130	1.633	
1941	7.347	3.188	
1953	14.600	4.754	
1969	15.328	9.757	
1987	19.289	9.333	
1997	18.765	9.489	od 1987 do 1997
1999	18.376	9.188	od 1987 do 1999
2000	18.182	9.637	

Ve výše uvedené tabulce jsou vložena mezi období pro zohlednění vlivu fází výstavby (úprav) mostní konstrukce na kumulaci únavového poškození. Jedná se o rozdílnou velikost rozkmitů napětí v čase od únavového zatížení TTZ C3.

Dle údajů z tabulek traťových poměrů a předpisu ČD S66 nebyla posuzovaná trať v minulosti zařazena do vyšší traťové třídy zatížení jak TTZ C3. Pro únavové zatížení byla tedy provedena transformace relativních spekter rozkmitů zatížení ze zatěžovacího schéma 1,1. LM71 na TTZ C3.

Objednatel: SŽDC, s.o.	65.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepočít nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

Na základě výše uvedené hypotézy byl odvozen vztah pro přepočít počtu cyklů, které jsou nad hranicí relativního rozkmitu $\Delta\sigma_{C3,max}$.

Základem přepočtu je zachování celkového počtu cyklů ΣN_i , který odpovídá intenzitě dopravního zatížení T, která byla použita pro jejich výpočet (viz vzorec pro výpočet N_i).

Suma počtu cyklů, které odpovídají vyšší úrovni zatížení než TTZ C3 byla přerozdělena na dvě nejvyšší (poslední) úrovně relativních spekter rozkmitů pro zatížení TTZ C3. Přerozdělení bylo provedeno tak, aby byl zachován shodný poměr mezi počty cyklů těchto dvou nejvyšších úrovní relativních spekter rozkmitů.

Počty cyklů jsou tedy přepočteny podle následujících vztahů:

$$N_{C3,max-1} = N_{C3,max-1,zakl} \cdot (\Sigma N_{LM71} + \Sigma N_{C3}) / N_{C3}$$

$$N_{C3,max} = N_{C3,max,zakl} \cdot (\Sigma N_{LM71} + \Sigma N_{C3}) / N_{C3}$$

kde, $N_{C3,max-1,zakl}$ - počet cyklů druhé nejvyšší úrovně relativních spekter rozkmitů pro TTZ C3 bez přerozdělení

$N_{C3,max,zakl}$ - počet cyklů nejvyšší úrovně relativních spekter rozkmitů pro TTZ C3 bez přerozdělení

ΣN_{C3} - součet počtu cyklů ΣN_i dvou nejvyšších úrovní relativních spekter rozkmitů pro TTZ C3

ΣN_{LM71} - součet počtu cyklů ΣN_i vyšších než úrovně relativních spekter rozkmitů pro TTZ C3

Příklad stanovení relativních spekter rozkmitů napětí pro TTZ C3 (období od 1901 do 2000)

Poměr k zatížení $\phi_{2.1,1.LM71}$ k C3:	$p_{C3} =$	1.75	převod mezi ČSN 73 6203 a TTZ C3
Korekce skutečného zatížení k C3:	$k_{C3} =$	1.00	odvozeno z analýzy spekter napětí
Dynamický součinitel:	$\Phi_2 =$	1.18	MP 2015 pro pečlivě udržovanou kolej
Náhradní délka prutu:	$L_{d.fat} =$	8.8 m	
Spolehlivost materiálu:	$\gamma_{Mf} =$	1.15	MP 2015 pro vážný důsledek porušení

Dopravní zatížení do roku 2000

Relativní poměr rozkmitu	Počet cyklů zatížení v tis. v jedné koleji dle období [prof. Frýba]								Celkem do 2000	Přepočít rozkmitů k reálnému zatížení
	období	do 1921	1927	1937	1941	1953	1969	2000		
	zatížení	1.533	1.781	1.633	3.188	4.754	9.757	9.637		
	počet roků	20	6	10	4	12	16	31	99	
0.10	0.17	57228	19068	29908	19108	75827	167240	321233	689612	689612
0.20	0.35	2593	864	1355	866	3436	7578	14555	31247	31247
0.30	0.52	424	141	222	142	562	1240	2382	5114	5114
0.40	0.70	1.533	1.781	1.633	3.188	4.754	9.757	0	23	23
0.50	0.87	43	14	23	14	57	127	244	523	691
0.60	1.05	19	6	10	6	25	56	108	232	306
0.70	1.22	10	3	5	3	13	28	54	116	
0.80	1.40	5	2	3	2	7	16	30	64	
0.90	1.57	3	1	2	1	4	9	18	38	
1.00	1.75	2	1	1	1	3	6	11	24	
kontrola součtu cyklů									Σ 726992	726992

Objednatel: SŽDC, s.o.	67.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepočet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

Pro posouzení mezního stavu únavy byly použity součinitele spolehlivosti materiálu γ_{Mf} dle Metodického pokynu 2015.

$\gamma_{Mf} = 1,00$ MP 2015 pro mírný důsledek porušení (podélníky)
 $\gamma_{Mf} = 1,15$ MP 2015 pro vážný důsledek porušení (příčnky a hlavní nosný systém)

Základní hodnoty únavové pevnosti $\Delta\sigma_c$ byly uvažovány pro nýťované konstrukce dle Metodického pokynu tab A.6, který je odvozen ze směrnice UIC 778-2.

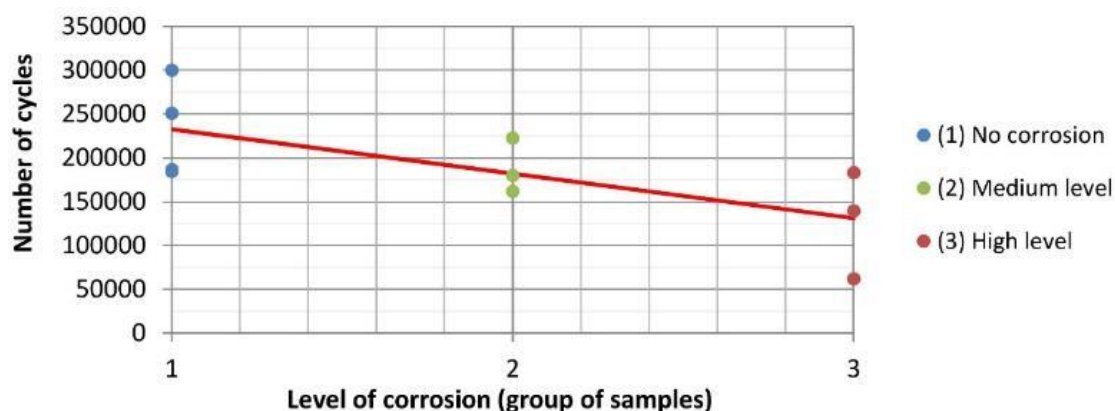
Redukce únavového detailu vlivem koroze byla uvážena součinitelem koroze c_R , který byl odvozen v rámci experimentálního zkoušení v projektu COST CZ, projekt LD 15127 [2.3].

$$c_R = 1 - 0.4874 \cdot d_A$$

kde, d_A - je procento oslabení průřezu vlivem koroze (vliv oslabení na velikost rozkmitu zatížení)

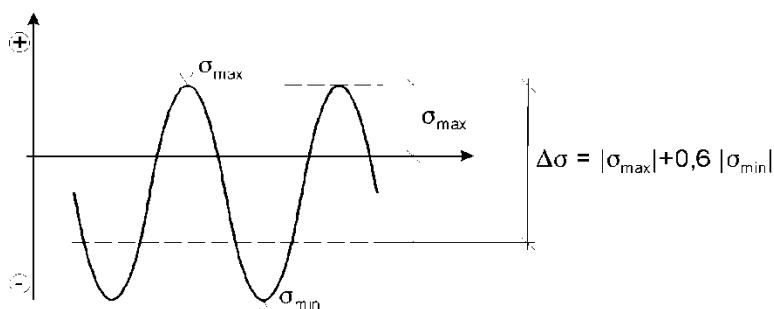
$$\Delta\sigma_{c,red} = \Delta\sigma_c \cdot c_R$$

Z výsledků laboratorních zkoušek rozdílně korozně oslabených vzorků byl v rámci projektu [2.3] sestaven graf závislosti počtu cyklů do porušení vzorku, ze kterého byl odvozen součinitel redukce únavového detailu c_R .



Závislost počtu cyklů do porušení vzorku na úrovni koroze

Velikost rozkmitu byla stanovena s ohledem na způsob namáhání tzn. s redukcí pro + tah / - tlak



Úprava rozkmitu napětí pro nesvařované nebo relaxačně žíhané svařované detaily

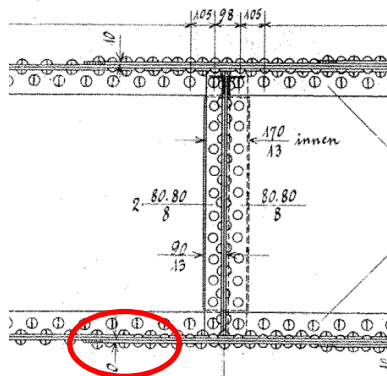
Objednatel: SŽDC, s.o.	68.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE :	„Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepočet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD	

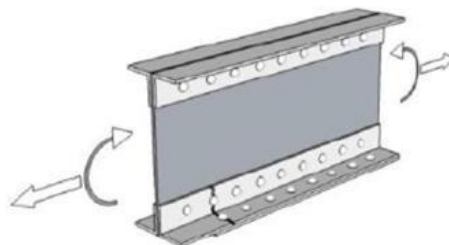
5.4.2 Únavové kategorie detailu

Posuzovaný detail se nachází na dolním páse v místě ukončení připojení lamely dolní pásnice. Detail je uvažován bez prokluzu v mezním stavu únosnosti.

Kategorie detailu tohoto místa byla uvažována $\Delta\sigma_c=85$ MPa.

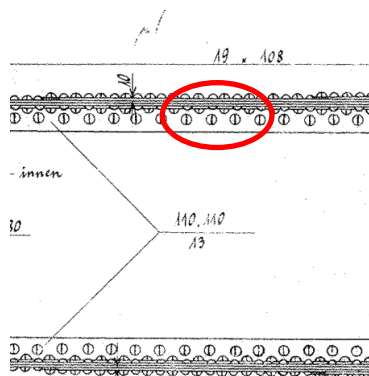


Posuzovaný detail na hlavního nosníku

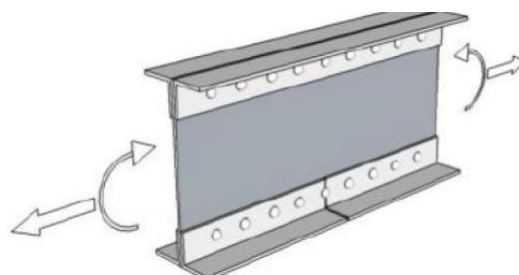


Posuzovaný detail dle MP 2015

Detail pro souvislé připojení pásnic ke krčným úhelníkům je zařazen do kategorie detailu je $\Delta\sigma_c=85$ MPa dle MP 2015.

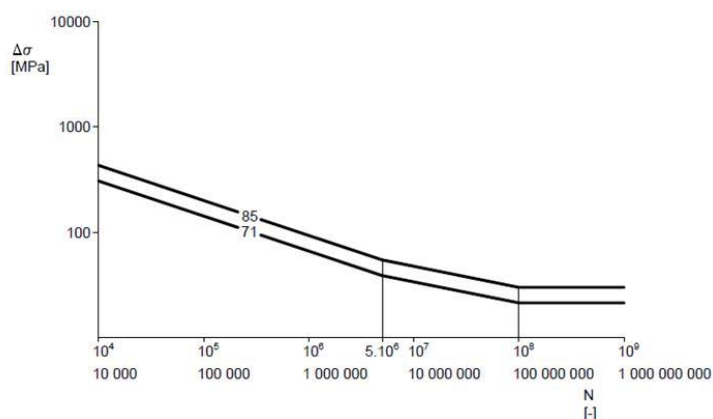


Posuzovaný detail na hlavního nosníku



Posuzovaný detail dle MP 2015

Odpovídající únavová křivka byla použita bilineární s prahovou hodnotou (trilineární):



Wöhlerova křivka - bilineární s prahovou hodnotou pro kat. detailu 71 a 85

Objednatel: SŽDC, s.o.	69.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepoččet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

5.4.3 Rozkmity napětí v kritických průřezích

V kritických průřezích byl vyhodnocen rozkmit napětí od únavového zatížení, které je uvažováno traťovou třídou zatížení C3 při rychlosti 60 km.h⁻¹. Detailní posouzení jsou prováděna u zvýrazněných kritických průřezů, kde je dosaženo největších rozkmitů. Rozkmit napětí je stanoven dle zásad Metodického pokynu 2015, který vychází z ČSN EN 1993-1-9 tzn. s redukcí části rozkmitu v tlaku.

NK1 - NK4 - PODÉLNÍK - ROZKMITY NAPĚTÍ - MEZNÍ STAV ÚNAVY									
2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Č. p.	PRŮŘE	PRUT/dx:	POPIS:	ROZKMINTY NAPĚTÍ OD ZATÍŽENÍ TTZ C3/60					POZNÁMKA:
				EXTRÉM NAPĚTÍ σ_p		ROZKMIT DLE EC3-1-9		$\Delta\sigma_p$	
				KOLEJ Č. 1	KOLEJ Č. 2	KOLEJ Č. 1	KOLEJ Č. 2	CELKEM	
PODÉLNÍK - STÁVAJÍCÍ STAV									
L1.1	L1	215 / J[238]	Podélník - pole 1 - průřez L1	-3.9	0.0	-2.4	0.0	-2.4	
				47.7	0.0	47.7	0.0	47.7	
					Σ	50.0	0.0	50.0	
L1.6	L1	215 / J[238]	Podélník - pole 1 - průřez L6	-6.2	0.0	-3.7	0.0	-3.7	
				65.1	0.0	65.1	0.0	65.1	
					Σ	68.8	0.0	68.8	
L2.6	L2	218 / J[240]	Podélník - pole 2 - průřez L6	-4.1	0.0	-2.4	0.0	-2.4	
				69.5	0.0	69.5	0.0	69.5	
					Σ	71.9	0.0	71.9	
L3.6	L3	222 / J[243]	Podélník - pole 3 - průřez L6	-3.5	0.0	-2.1	0.0	-2.1	
				67.0	0.0	67.0	0.0	67.0	
					Σ	69.1	0.0	69.1	
L4.6	L4	225 / J[245]	Podélník - pole 4 - průřez L6	-3.7	0.0	-2.2	0.0	-2.2	
				66.7	0.0	66.7	0.0	66.7	
					Σ	69.0	0.0	69.0	
EXTRÉMNÍ ROZKMIT - PODÉLNÍK - STÁVAJÍCÍ NK1 - NK4								71.9	
PODÉLNÍK - PŘED REKONSTRUKCÍ V ROCE 1997									
L1R	L8	215 / J[238]	Podélník - pole 1 - původní	-8.0	0.0	-4.8	0.0	-4.8	
				55.2	0.0	55.2	0.0	55.2	
					Σ	60.0	0.0	60.0	
L2R	L8	218 / J[240]	Podélník - pole 2 - původní	-3.3	0.0	-2.0	0.0	-2.0	
				63.9	0.0	63.9	0.0	63.9	
					Σ	65.8	0.0	65.8	
L3R	L3R	222 / J[243]	Podélník - pole 3 - původní	-3.2	0.0	-1.9	0.0	-1.9	
				69.3	0.0	69.3	0.0	69.3	
					Σ	71.2	0.0	71.2	
L4R	L4R	225 / J[245]	Podélník - pole 4 - původní	-3.5	0.0	-2.1	0.0	-2.1	
				66.6	0.0	66.6	0.0	66.6	
					Σ	68.6	0.0	68.6	
EXTRÉMNÍ ROZKMIT - PODÉLNÍK - PŮVODNÍ NK1 - NK4								71.2	

Objednatel: SŽDC, s.o.	70.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE :		„Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“	
		SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepoččet nosné konstrukce mostu v km 3,545			STUPEŇ : PD

NK1 až NK3 - HLAVNÍ NOSNÍK - ROZKMITY NAPĚTÍ - MEZNÍ STAV ÚNAVY

2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Č. p.	PRŮŘE	PRUT/dx:	POPIS:	ROZKMINTY NAPĚTÍ OD ZATÍŽENÍ TTZ C3/60					POZNÁMKA:
				EXTRÉM N APĚTÍ σ_p		ROZKMIT DLE EC3-1-9		$\Delta\sigma_p$	
				KOLEJ Č. 1	KOLEJ Č. 2	KOLEJ Č. 1	KOLEJ Č. 2	CELKEM	
HLAVNÍ NOSNÍK - VNĚJŠÍ									
HN0	HN0	517 / I[375]	vnější hl. nosník - podpora	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
				0.0	5.4	0.0	5.4	5.4	
					Σ	0.0	5.4	5.4	
HN1.1	HN1_1	517 / J[80]	vnější hl. nosník - pole 1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
				0.0	1.6	0.0	1.6	1.6	
					Σ	0.0	1.6	1.6	
HN1.2	HN1_2	74 / 3/4	vnější hl. nosník - pole 1	-0.3	0.0	-0.2	0.0	-0.2	
				80.4	0.0	80.4	0.0	80.4	
					Σ	80.6	0.0	80.6	
HN1.3	HN1_3	74 / J[7]	vnější hl. nosník - styčnick 1	-0.3	0.0	-0.2	0.0	-0.2	
				69.5	0.0	69.5	0.0	69.5	
					Σ	69.6	0.0	69.6	
HN2	HN_2	6 / J[9]	hl. nosník - pole 2	-0.4	0.0	-0.2	0.0	-0.2	
				78.0	0.0	78.0	0.0	78.0	
					Σ	78.2	0.0	78.2	
HN3	HN_3	14 / J[18]	hl. nosník - pole 3	-0.3	0.0	-0.2	0.0	-0.2	
				80.1	0.0	80.1	0.0	80.1	
					Σ	80.3	0.0	80.3	
HN4	HN_4	22 / J[26]	h.. nosník - pole 3	-0.2	0.0	-0.1	0.0	-0.1	
				80.0	0.0	80.0	0.0	80.0	
					Σ	80.2	0.0	80.2	
HN5	HN_5	36 / J[40]	hl. nosník - pole 4	-0.2	0.0	-0.1	0.0	-0.1	
				77.3	0.0	77.3	0.0	77.3	
					Σ	77.4	0.0	77.4	
HN6	HN_6	44 / I[46]	vnější hl. nosník - styčnick 4	-0.1	0.0	-0.1	0.0	-0.1	
				70.3	0.0	70.3	0.0	70.3	
					Σ	70.4	0.0	70.4	
EXTRÉMNÍ ROZKMIT - HLAVNÍ NOSNÍK NK1 - NK3 - VNĚJŠÍ								80.6	

NK4 - HLAVNÍ NOSNÍK - ROZKMITY NAPĚTÍ - MEZNÍ STAV ÚNAVY

2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Č. p.	PRŮŘE	PRUT/dx:	POPIS:	ROZKMINTY NAPĚTÍ OD ZATÍŽENÍ TTZ C3/60					POZNÁMKA:	
				EXTRÉM NAPĚTÍ σ_p		ROZKMIT DLE EC3-1-9		$\Delta\sigma_p$		
				KOLEJ Č. 1	KOLEJ Č. 2	KOLEJ Č. 1	KOLEJ Č. 2	CELKEM		
HLAVNÍ NOSNÍK - VNĚJŠÍ										
HN4_1_2	HN_1_2	74 / J[7]	hl. nosník pole 1 (před styčnick	-0.2	0.0	-0.1	0.0	-0.1		
				57.7	0.0	57.7	0.0	57.7		
					Σ	57.8	0.0	57.8		
HN4_2	HN4_2	6 / J[9]	hl. nosník - pole 2	-0.4	0.0	-0.2	0.0	-0.2	stěna hl. nosníku (dolní vlákno)	
				65.9	0.0	65.9	0.0	65.9		
					Σ	66.2	0.0	66.2		
HN4_3	HN4_3	14 / 1/4	NK4 - hl. nosník - pole 2	-0.3	0.0	-0.2	0.0	-0.2	stěna hl. nosníku (dolní vlákno)	
				74.9	0.0	74.9	0.0	74.9		
					Σ	75.0	0.0	75.0		
HN4_6	HN4_6	44 / I[46]	vnější hl. nosník - styčnick 4	-0.1	0.0	-0.1	0.0	-0.1		
				62.1	0.0	62.1	0.0	62.1		
					Σ	62.2	0.0	62.2		
EXTRÉMNÍ ROZKMIT - HLAVNÍ NOSNÍK NK4 - VNĚJŠÍ								75.0		

Objednatel: SŽDC, s.o.	71.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepočet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

5.4.5 Dílčí závěr - mezní stav únavy

Z výsledků posouzení mezního stavu únavy lze konstatovat, že limitující části z hlediska mostní konstrukce je mostovková část konkrétně podélníky v poli 1-3 pod kolejí č.1, kde je **zbytková únavová živostnost pouze 1 rok tzn. do roku 2019**

Tato část nosné konstrukce je nejvíce namáhána cyklickým zatížením s velkým počtem rozkmitů, který je dán počtem projíždějících náprav.

Z hlavního nosného systému v poli 1-3 (NK1-NK3) je limitující dolní pásnice hlavního nosníku, kde je **zbytková únavová živostnost 19 let tzn. do roku 2037. Pro zajištění požadované životnosti 30 let** je nezbytné provedení výměny dolních pásnic hlavního nosníku shodně s rekonstrukcí pole 4 v roce 1998.

Z hlavního nosného systému v poli 4 (NK4) je limitující původní stěna hlavního nosníku na konci předpokládané životnosti 2055, kde dosahuje kumulace únavového poškození **99%**. Je tedy nutné konstatovat, že po uplynutí této doby bude nutné konstrukce zcela vyměnit.

Kritická místa z hlediska únavové životnosti je třeba zařadit do priorit při pravidelných podrobných prohlídkách mostní konstrukce. Zejména se jedná se o tyto prvky:

- podélníky v poli 1 - 3 pod kolejí č. 1
- dolní pásnice hlavního nosníku v poli 1-3

Důležité upozornění:

Z posouzení únavového poškození mostní konstrukce je zřejmé, že prvky mostovky jsou **na konci své únavové životnosti** a je třeba při podrobných prohlídkách těmto prvků věnovat zvýšenou pozornost s ohledem na možný rozvoj únavových poruch tzn. trhlin.

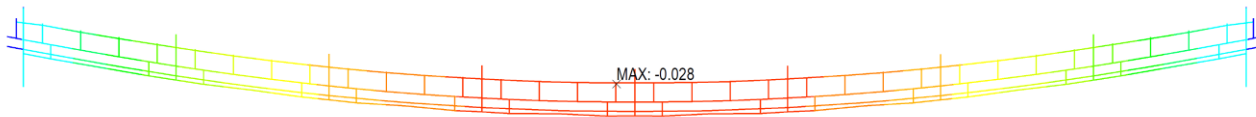
Objednatel: SŽDC, s.o.	73.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepočet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

5.5 MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

5.5.1 Svislý průhyb - kritérium bezpečnosti

Průhyb v ose koleje č.1 od modelu zatížení α . LM 71 v koleji č. 1 :



Deformace uz od zatížení schématem LM71 v koleji č. 1

$$\delta_2 = -28,0 \text{ mm (pro } \alpha = 1,0)$$

Celková svislá deformace od nahodilého zatížení :

$$\delta_2 = \alpha \cdot \phi_2 \cdot LM71 = 1,0 \cdot 1,167 \cdot (28,0) = 32,6 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} = L/600 = 18.800/600 = 31,4 \text{ mm} \sim \delta_2 = 32,6 \text{ mm} \rightarrow L/580 \quad \text{průhyb je limitní (využití 104 \%)}$$

$$\text{Stanovení zatížitelnosti: } Z_{LM71} = \delta_{lim} / \delta_2 = 31,4 / 32,6 = 0,96$$

Pro traťovou třídu D4 je průhyb

$$\delta_{2,D4} = \phi_2 \cdot L = 1,19 \cdot (19,3) = 23,0 \text{ mm} < \delta_{lim} = 31,4 \text{ mm} \rightarrow L/820 \quad \text{průhyb vyhovuje (využití 73 \%)}$$

poznámka: ze zaměření stávajícího stavu je kolej vyrovnaná tzn. nadvýšením na vlastní váhu $\delta_{rs} = 0,0 \text{ mm}$

5.5.2 Svislé zrychlení nosné konstrukce mostu

Z hlediska bezpečnosti dopravy je požadováno dle čl. 4.17.1 c) posouzení vlastní frekvence nosné konstrukce.

$$\text{rychlost } V_k = 60 \text{ km.h}^{-1} < 200 \text{ km.h}^{-1}$$

Vlastní frekvence konstrukce NK (ČSN EN 1991-2 (6.3)):

Průhyb v ose koleje od stálých a dlouhodobých zatížení $\delta_0 = 5,37 \text{ mm}$

$$n_0 = 17,75/\sqrt{\delta_0} = 17,75/\sqrt{5,37} = 7,66 \text{ Hz}$$

$$n_{0,\text{horní}} = 94,76 \cdot L^{-0,748} = 94,76 \cdot 18,88^{-0,748} = 10,52 \text{ Hz} > 7,66 \text{ Hz} = n_0$$

$$n_{0,\text{dolní}} = 23,58 \cdot L^{-0,592} = 23,58 \cdot 18,88^{-0,592} = 4,14 \text{ Hz} < 7,66 \text{ Hz} = n_0$$

- dynamická analýza není požadována
- posouzení rezonančního zrychlení a posouzení na únavu není požadováno

5.5.3 Zkroucení hlavní nosné konstrukce

K výraznému zkroucení koleje u jednokolejných mostů nedochází. Pro danou konstrukci **nerozhoduje**.

Objednatel: SŽDC, s.o.	74.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepoččet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

6. POSOUZENÍ PŘECHODNOSTI

6.1 NOSNÁ KONSTRUKCE

Rekapitulace posouzení přechodnosti pro požadovanou traťovou třídu zatížení D4/70 pro průřezy, u kterých je hodnota zatížitelnost $Z_{LM71} < 1,0$, jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Podrobné posudky pro každý řez jsou uvedeny v příloze **P.3 - Posouzení přechodnosti** tohoto statického výpočtu.

NK1-NK3 - POSOUZENÍ PŘECHODNOSTI - MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

Č. p.	PRŮŘEZ:	PRUT/dx:	POPIS:	VLÁKNO		POPIS VLÁKNA	ŘÍDÍČÍ VELIČINA	KOMB. ZATÍŽENÍ	NAPĚTÍ	MEZ	VYUŽITÍ	NAPĚTÍ	MEZ	VYUŽITÍ	CELKOVÉ	ZATÍŽITEL.
									NORMÁL.	KLUZU	η_1	SMYK. Vz	KLUZU	η_3	VYUŽITÍ	Z_{LM71}
HN1.2	HN1_2	74 / 3/4	vnější hl. nosník - pole 1 <i>Posouzení přechodnosti</i>	BOD K2	-HP	horní pásnice	My.max	KZ12	-169.1	209.1	0.81	-52.8	120.7	0.44	0.81	D4/70
				BOD K3	-SL	dolní pásnice	My.max	KZ11	205.6	209.1	0.98	-52.4	120.7	0.43	0.98	D4/70
				BOD S5	-HL	stěna	My.max	KZ11	-131.1	209.1	0.63	-54.0	120.7	0.45	0.63	D4/70
											0.98			0.45	0.98	D4/70
HN4	HN4_4	22 / J[26]	h. nosník - pole 3 <i>Posouzení přechodnosti</i>	BOD K2	-HP	horní pásnice	My.max	KZ12	-145.3	209.1	0.69	-20.0	120.7	0.17	0.69	D4/70
				BOD K3	-SL	dolní pásnice	My.max	KZ11	183.0	209.1	0.88	-19.7	120.7	0.16	0.88	D4/70
				BOD S5	-HL	stěna	Vz.min	KZ11	-95.7	209.1	0.46	-27.3	120.7	0.23	0.46	D4/70
											0.88			0.23	0.88	D4/70

NK4 - POSOUZENÍ PŘECHODNOSTI - MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

Č. p.	PRŮŘEZ:	PRUT/dx:	POPIS:	VLÁKNO		POPIS VLÁKNA	ŘÍDÍČÍ VELIČINA	KOMB. ZATÍŽENÍ	NAPĚTÍ	MEZ	VYUŽITÍ	NAPĚTÍ	MEZ	VYUŽITÍ	CELKOVÉ	ZATÍŽITEL.
									NORMÁL.	KLUZU	η_1	SMYK. Vz	KLUZU	η_3	VYUŽITÍ	Z_{LM71}
HN4_3	HN4_3	14 / 1/4	NK4 - hl. nosník - pole 2 <i>Posouzení přechodnosti</i> stěna původního hl. nosníku	BOD K2	-HP	horní pásnice	My.max	KZ12	-148.5	209.1	0.71	-38.8	120.7	0.32	0.71	D4/70
				BOD K3	-SL	dolní pásnice	My.max	KZ11	197.0	235.0	0.84	-38.5	120.7	0.32	0.84	D4/70
				BOD S6	-HP	stěna	My.max	KZ11	189.0	209.1	0.90	-38.5	120.7	0.32	0.90	D4/70
											0.90			0.32	0.90	D4/70

NK1-NK4 - PODÉLNÍK - POSOUZENÍ PŘECHODNOSTI - MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

Č. p.	PRŮŘEZ:	PRUT/dx:	POPIS:	VLÁKNO		POPIS VLÁKNA	ŘÍDÍČÍ VELIČINA	KOMB. ZATÍŽENÍ	NAPĚTÍ	MEZ	VYUŽITÍ	NAPĚTÍ	MEZ	VYUŽITÍ	CELKOVÉ	ZATÍŽITEL.
									NORMÁL.	KLUZU	η_1	SMYK. Vz	KLUZU	η_3	VYUŽITÍ	Z_{LM71}
L2.1	L2.1	218 / J[240]	Podélník - pole 2 - průřez L6 <i>Posouzení přechodnosti</i> <i>n_{17/n}</i>	BOD K1	-HL	horní pásnice	My.max	KZ12	-193.6	209.1	0.93	-38.4	120.7	0.32	0.93	D4/70
				BOD K4	-SP	dolní pásnice	My.max	KZ12	180.0	209.1	0.86	-38.4	120.7	0.32	0.86	D4/70
				BOD S6	-HP	stěna	My.max	KZ11	95.7	209.1	0.46	-38.5	120.7	0.32	0.46	D4/70
											0.93			0.32	0.93	D4/70
L2.6	L2	218 / J[240]	Podélník - pole 2 - průřez L6 <i>Posouzení přechodnosti</i> <i>n_{17/n}</i>	BOD K1	-HL	horní pásnice	My.max	KZ12	-192.6	235.0	0.82	-37.4	132.8	0.28	0.82	D4/70
				BOD K4	-SP	dolní pásnice	My.max	KZ12	190.6	209.1	0.91	-39.7	120.7	0.33	0.91	D4/70
				BOD S6	-HP	stěna	My.max	KZ11	142.3	209.1	0.68	-37.5	120.7	0.31	0.68	D4/70
											0.91			0.33	0.91	D4/70

Objednatel: SŽDC, s.o.	75.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepočet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

6.1.1 Dílčí závěr - posouzení přechodnosti

Nosná konstrukce je přechodná: **TTZ D4/70**

Posouzení přechodnosti v mezním stavu únosnosti je za **předpokladu zbytkové životnosti 30 let.**

Pozn: zbytková únavová životnost je uvedena **5.4 - Mezní stav únavy**

Objednatel: SŽDC, s.o.	76.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepočít nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

7. PŘÍČINKOVÉ ČÁRY – JEDNOTKY

7.1 PŘÍČINKOVÉ ČÁRY – JEDNOTKY

Obecně jsou pořadnice příčinkových čar „bezrozměrné“, resp. jednotka příčinkové čáry (PC_E) odpovídá jednotce sledované veličiny (E) při pojezdu svislého zatížení (F) po dráze příčinkové čáry:

$$E = \sum F(x) \cdot PC_E(x) \quad \Sigma \dots \text{sumace, resp. integrace}$$

$$[N] = [N] \cdot [-] \quad \text{jednotky SI pro N, V, R, ...}$$

$$[Nm] = [N] \cdot [m] \quad \text{jednotky SI pro M}$$

V daném projektu byly příčinkové čáry vytvořeny pomocí softwaru MIDAS jednotkovým zatížením (1 kN) v daných polohách x na dráze koleje č. 1 a koleje č. 2. Tyto jednotkové zatěžovací stavy byly vyhodnoceny pro vybrané vnitřní síly E (kN, resp. kNm).

Aby nedošlo k řádové chybě při vyhodnocování z příčinkových čar, je pro výstup příčinkových čar zvolen zápis jednotek příčinkových čar ve tvaru [jednotka vyhodnocované veličiny MIDAS / jednotka pojezdu MIDAS]:

$$[kN/kN] \quad \text{jednotky } PC_E \text{ pro } E = N, Vz$$

$$[kNm/kN] \quad \text{jednotky } PC_E \text{ pro } E = My, Mz$$

7.2 PŘÍČINKOVÉ ČÁRY – FORMÁT DAT

Pro všechny posudky v tabulce zatížitelnosti jsou uvedeny pořadnice příčinkové čáry v místech každé mostnice a dále v místech příčníků (styčníků). Příčinky jsou uvedeny pro účinky v obou kolejích č.1 a č.2.

Příčinkové čáry jsou s ohledem na kombinované namáhání průřezu vyhodnoceny pro:

- Nx - normálovou sílu
- Vz - posouvající sílu (svislou)
- My - ohybový moment (svislý)
- Mz - ohybový moment (vodorovný)

Příklady formátu výpisu příčinkové čáry:

POŘADNICE PŘÍČINKOVÉ ČÁRY PRVKU NK

Prvek: TR_O1 Element: 34
Popis: HORNÍ PÁS O1 Part: 3/4

P. č.	Staničení	PŘÍČINKY OD KOLEJE Č. 1					PŘÍČINKY OD KOLEJE Č. 2				Poznámka
		Nx	Vz	My	Mz		Nx	Vz	My	Mz	
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]		[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
1	-0.500	-0.003222	0.000044	0.000010	-0.000389		0.008339	-0.000156	0.000134	0.000387	
2	0.000	-0.004288	0.000073	-0.000044	-0.000328		0.004278	-0.000072	0.000040	0.000330	STYČNÍK 0
3	0.355	-0.005048	0.000094	-0.000083	-0.000286		0.001398	-0.000012	-0.000027	0.000289	
4	0.905	-0.006269	0.000128	-0.000146	-0.000222		-0.003035	0.000079	-0.000129	0.000229	
5	1.455	-0.007536	0.000163	-0.000211	-0.000160		-0.007426	0.000167	-0.000231	0.000172	
6	2.005	-0.008801	0.000198	-0.000275	-0.000098		-0.011817	0.000256	-0.000332	0.000114	
7	2.555	-0.010065	0.000233	-0.000339	-0.000037		-0.016206	0.000345	-0.000434	0.000057	
8	3.105	-0.011358	0.000269	-0.000404	0.000022		-0.020568	0.000433	-0.000535	0.000003	
9	3.460	-0.012315	0.000295	-0.000446	0.000048		-0.023237	0.000490	-0.000600	-0.000023	STYČNÍK 1
10	3.810	-0.013268	0.000321	-0.000487	0.000073		-0.025857	0.000546	-0.000664	-0.000047	

Poznámka: součástí digitální verze statického výpočtu jsou příčinkové čáry v otevřené formě xls

Objednatel: SŽDC, s.o.	77.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepoččet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

8. ZÁVĚR PŘEPOČTU

8.1 VŠEOBECNĚ

Cílem statického přepočtu bylo stanovení reálného stavu mostní konstrukce z hlediska mezního stavu únosnosti, mezního stavu únavy a mezního stavu použitelnosti. Z výsledků statického přepočtu byla stanovena zbytková životnost konstrukce, tzn. doba, po kterou lze potvrdit sledované přechodnostní parametry mostní konstrukce.

Pro stanovení zatížitelnosti a posouzení přechodnosti bylo použito nejpřesnějších současných postupů v oblasti přepočtů železničních mostů. V rámci posouzení průřezů byly aplikovány veškeré úlevy dané Metodickým pokynem 2015 se zohledněním aktuálně připravovaných změn.

8.2 NOSNÁ KONSTRUKCE

Souhrnný přehled výsledků výpočtu je uveden v následující tabulce:

REKAPITULACE STATICKÉHO PŘEPOČTU - NK1 až NK4

Prvek	Mezní stav / využití v %		Zatížitelnost	Přechodnost	Poznámka
	únosnost	únavy	Z_{LM71}	TTZ / PRTTZ	
HLAVNÍ NOSNÍK					
Hlavní nosník NK1 až NK3	117%	107%	0.82	D4/70	únavová životnost do 2037
Hlavní nosník NK4	104%	98%	0.95	-	nutná výměna NK po 2055!
PODÉLNÍK					
Podélník NK1 až NK4	108%	264%	0.92	D4/70	únavová životnost do 2019
CELKEM - Most v km 3.545 Výtoň	117%	264%	0.82	D4/70	únavová životnost do 2019

Pozn:

1) přechodnost posouzena pro $Z_{LM71} < 1,0$

Nosná konstrukce z hlediska mezního stavu použitelnosti **vyhovuje požadavkům** Metodického pokynu 2015. V mezním stavu použitelnosti jsou deformační kritéria s využitím **73%** - průhyb pro traťovou třídou zatížení D4. Pro základná normové schéma LM71 je s využitím **104%**, což svědčí o menší podélné tuhosti nosné konstrukce.

Dalším velmi důležitým aspektem je vyčerpání životnosti prvků mostovky vlivem cyklického zatížení, které je velmi ovlivněno stále se zvyšující intenzitou dopravní zátěže. Z posouzení mezního stavu únavy vyplývá, že:

- **zbytková únavová životnost mostu - podélníky je 1 rok (tzn. do 2019)**

Z posouzení únavového poškození mostní konstrukce je zřejmé, že prvky mostovky jsou na konci své **životnosti** a je třeba při podrobných prohlídkách těmto prvků věnovat zvýšenou pozornost s ohledem na možný rozvoj únavových poruch tzn. trhlin. Z prvků hlavního nosného systému jsou nejvíce únavově poškozené zejména středové diagonály, kde jsou vyšší rozkmity napětí a výrazné korozní oslabení. Při prohlídkách je třeba i těmto prvků věnovat zvýšenou pozornost.

Objednatel: SŽDC, s.o.	78.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepočet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

Přechodnost TTZ **D4/70** je v mezním stavu únosnosti posouzena pro **zbytkovou životnost 30 let**, nicméně z hlediska mezního stavu únavy je zbytková únavová životnost **pouze 1 rok**.

V **krátkodobém horizontu 5 let** je tedy nezbytně nutné zajistit rekonstrukci mostního objektu alespoň v oblasti mostovky v poli 1-3, protože nelze již dlouhodoběji garantovat spolehlivost v mezním stavu únavy.

Po uplynutí doby omezené životnosti je nutné provést opětovné posouzení. Lze očekávat, že s ohledem na zhoršující se stavební stav ocelové konstrukce bude nutné snížit přechodnost, což by vedlo k omezení počtu vlakových spojů v daném úseku.

Z prvků hlavního nosného systému jsou únavově poškozené dolní pásnice hlavního nosníku v poli 1-3, které je nutné vyměnit pro splnění požadavku na životnost 30 let.

Dále je nutné upozornit, že po uplynutí požadované životnosti **2055** bude dosažena únavová životnost stěny hlavního nosníku a je **uvažovat s výměnou nosných konstrukcí v poli 1 - 4**.

Vzhledem k významu trati pro osobní dopravu a její mezinárodní důležitost jsou takováto opatření vždy velkou komplikací do organizace dopravy.

8.3 POPIS ROZSAHU ÚPRAV

Z výsledků statického přepočtu mostu vyplývá, že pro zajištění požadované traťové třídy zatížení **C30/60** ze zbytkovou životností 30 let je nutné provést tyto úpravy:

v oblasti mostovky

- výměnu a zesílení podélníků
- výměnu navazujících příčníků - příčných diafragmat (v návaznosti na změnu podélníků)

v oblasti hlavních nosníků

- výměnu dolní pásnice hlavních nosníků v poli 1-3

v oblasti ztužení

- výměnu vodorovného ztužení (v návaznosti na změnu podélníků - zvýšení příčné tuhosti)

V Praze 30.5.2018

Ing. Martin Vlasák
SUDOP PRAHA a.s. středisko - mostů

Objednatel: SŽDC, s.o.	79.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepoččet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

Přehled zatížitelnosti částí mostu

Most v ev. km 3.545 - Výtoň, TÚ Praha hl.n. - Praha-Smíchov **nosná konstrukce NK1 - NK3 - stávající stav**

A. Identifikace mostu

TÚ: TÚ 0201 Praha hl. n. (mimo) – Praha - Smíchov-v. 1,2,3 (mimo) DÚ: B1 km: ev. 3.545

B. Identifikace části mostu

Část mostu: **nosná konstr. NK1 - NK3** poř. č.: 1, 3, 5 (NK1, NK2, NK3) pod kolejí č.: 1
poř. č.: 2, 4, 6 (NK1, NK2, NK3) pod kolejí č.: 2

C. Doplnující údaje části mostu

Kat. zatížitelnosti: **D** Výpočtový model: **prostorový prutový**

Geometrie koleje, uvažovaná v přepočtu části mostu (ve směru staničení): (kolej č.1, resp. kolej č.2)

		na zač.	uprostřed	na konci	
poloměr oblouku	[m]	-	-	-	(v přímé)
převýšení koleje	[mm]	0	0	0	
excentricita osy koleje	[m]	0	0	0	

Popis závad uvažovaných v přepočtu části mostu:

- korozní oslabení dle Vyhodnocení průzkumu korozního oslabení prvků OK (2018)

...

Datum zjištění technického stavu mostu: SŽDC s.o. **2017**
zpracovatelem přepočtu **2017**

Poznámka k části mostu:

- dílčí součinitele spolehlivosti při výpočtu zatížitelnosti uvažovány dle MP 2015, Příloha F pro zbytkovou životnost 30 let

...

Poř. čís.	Prvek	Detail	Namáhání	ki	typ	L _p	Φ _i	L _φ	γ _a , LM71	γ _a , LM71,E	viz str. přepočtu	Z _{LM71}	Z _{LM71,E}	Poznámky
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	HN1.2 - vnější hl. nosník - pole 1	BOD K3 -SL	MSU σ _y MY	0.94	S		1.25	18.88	1.30		P3-19	0.82		2)
			MSU σ _y MZ	0.06	S		1.25	18.88	1.30					
2	HN2 - hl. nosník - pole 2	BOD K3 -SL	MSU σ _y MY	0.99	S		1.25	18.88	1.30		P3-31	0.89		2)
			MSU σ _y MZ	0.01	S		1.25	18.88	1.30					
3	HN3 - hl. nosník - pole 2 (před styčnickem 2)	BOD K3 -SL	MSU σ _y MY	0.99	S		1.25	18.88	1.30		P3-37	0.86		2)
			MSU σ _y MZ	0.01	S		1.25	18.88	1.30					
4	HN4 - h. nosník - pole 3	BOD K3 -SL	MSU σ _y MY	1.00	S		1.25	18.88	1.30		P3-43	0.85		2)
			MSU σ _y MZ	0.01	S		1.25	18.88	1.30					
5	HN5 - hl. nosník - pole 4	BOD K3 -SL	MSU σ _y MY	0.99	S		1.25	18.88	1.30		P3-49	0.87		2)
			MSU σ _y MZ	0.01	S		1.25	18.88	1.30					
6	L2.1 - Podélník - pole 2 - průřez L1	BOD K1 -HL	MSU σ _y N	0.07	S		1.75	5.36	1.30		P3-105	0.92		2)
			MSU σ _y MY	0.80	S		1.75	5.36	1.30					
			MSU σ _y MZ	0.13	S		1.75	5.36	1.30					
7	L2.6 - Podélník - pole 2 - průřez L6	BOD K4 -SP	MSU σ _y N	-0.06	S		1.75	5.36	1.30		P3-111	0.93		2)
			MSU σ _y MY	1.00	S		1.75	5.36	1.30					
			MSU σ _y MZ	0.06	S		1.75	5.36	1.30					
8	L4.1 - Podélník - pole 4 - průřez L1	BOD K1 -HL	MSU σ _y N	0.10	S		1.75	5.36	1.30		P3-125	1.15		1)
			MSU σ _y MY	0.86	S		1.75	5.36	1.30					
			MSU σ _y MZ	0.04	S		1.75	5.36	1.30					
9	HN0 - vnější hl. nosník - podpora	BOD S6 -HP	MSU τ _x VZ	1.00	S		1.25	18.88	1.30		P3-8	1.41		1)
10	L0.1 - Podélník - příčník 1 - průřez L1	BOD S6 -HP	MSU τ _x VZ	1.00	S		1.75	5.36	1.30		P3-137	1.33		1)

Minimální zatížitelnost částí mostu: nosná konstr. NK1 - NK3

Z_{LM71} = 0.82

Poznámky:

1) Z_{LM71} > 1.00, tzn. D4-70km/h je přechodné

2) přechodné pro D4-70km/h

Zpracovatel přepočtu: Ing. Martin Vlasák, SUDOP PRAHA a.s.

Dne: 21.05.2018, zatížitelnost určil: Ing. Jaroslav Voříšek, SUDOP PRAHA a.s.

Objednatel: SŽDC, s.o.

Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepoččet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

Přehled zatížitelnosti částí mostu

Most v ev. km 3.545 - Výtoň, TÚ Praha hl.n. - Praha-Smíchov **nosná konstrukce NK4 - stávající stav**

A. Identifikace mostu

TÚ: TÚ 0201 Praha hl. n. (mimo) – Praha - Smíchov-v. 1,2,3 (mimo)

DÚ: B1 km: ev. 3.545

B. Identifikace části mostu

Část mostu: **nosná konstr. NK4**

poř. č.: 7 (NK4)

pod kolejí č.: 1

poř. č.: 8 (NK4)

pod kolejí č.: 2

C. Doplňující údaje části mostu

Kat. zatížitelnosti: D

Výpočtový model: **prostorový prutový**

Geometrie koleje, uvažovaná v přepočtu části mostu (ve směru staničení): (kolej č.1, resp. kolej č.2)

		na zač.	uprostřed	na konci	
poloměr oblouku	[m]	-	-	-	(v průmě)
převýšení koleje	[mm]	0	0	0	
excentricita osy koleje	[m]	0	0	0	

Popis závad uvažovaných v přepočtu části mostu:

- korozní oslabení dle Vyhodnocení průzkumu korozního oslabení prvků OK (2018)

...

Datum zjištění technického stavu mostu:

SŽDC s.o. 2017

zpracovatelem přepočtu 2017

Poznámka k části mostu:

- dílčí součinitele spolehlivosti při výpočtu zatížitelnosti uvažovány dle MP 2015, Příloha F pro zbytkovou životnost 30 let

...

Poř. čís.	Prvek	Detail	Namáhání	ki	typ	L_p	Φ_I	L_Φ	γ_o , LM71	γ_o , LM71,E	viz str. přepočtu	Z_{LM71}	$Z_{LM71,E}$	Poznámky
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	HN4_3 - NK4 - hl. nosník - pole 2	BOD K3 - SL	MSÚ σ_x MY	0.99	S		1.25	18.88	1.30		P3-79	1.04		1)
			MSÚ σ_x MZ	0.01	S		1.25	18.88	1.30					
			MSÚ σ_x MY	1.00	S		1.25	18.88	1.30					
2	HN4_3 - NK4 - hl. nosník - pole 2	BOD S6 - HP	MSÚ σ_x MY	1.00	S		1.25	18.88	1.30		P3-80	0.95		2)
			MSÚ σ_x MZ	0.00	S		1.25	18.88	1.30					
			MSÚ σ_x N	0.07	S		1.75	5.36	1.30					
3	L2.1 - Podélník - pole 2 - průřez L1	BOD K1 - HL	MSÚ σ_x MY	0.80	S		1.75	5.36	1.30		P3-105	0.92		2)
			MSÚ σ_x MZ	0.13	S		1.75	5.36	1.30					
			MSÚ σ_x N	-0.06	S		1.75	5.36	1.30					
4	L2.6 - Podélník - pole 2 - průřez L6	BOD K4 - SP	MSÚ σ_x MY	1.00	S		1.75	5.36	1.30		P3-111	0.93		2)
			MSÚ σ_x MZ	0.06	S		1.75	5.36	1.30					
			MSÚ σ_x N	0.10	S		1.75	5.36	1.30					
5	L4.1 - Podélník - pole 4 - průřez L1	BOD K1 - HL	MSÚ σ_x MY	0.86	S		1.75	5.36	1.30		P3-125	1.15		1)
			MSÚ σ_x MZ	0.04	S		1.75	5.36	1.30					
			MSÚ σ_x N	0.10	S		1.75	5.36	1.30					
6	HNO - vnější hl. nosník - podpora	BOD S6 - HP	MSÚ τ_z VZ	1.00	S		1.25	18.88	1.30		P3-8	1.41		1)
7	L0.1 - Podélník - příčník 1 - průřez L1	BOD S6 - HP	MSÚ τ_z VZ	1.00	S		1.75	5.36	1.30		P3-137	1.33		1)

Minimální zatížitelnost částí mostu: **nosná konstr. NK4**

$Z_{LM71} = 0.92$

Poznámky:

1) $Z_{LM71} > 1.00$, tzn. D4-70km/h je přechodné

2) přechodné pro D4-70km/h

Zpracovatel přepočtu:

Ing. Martin Vlasák, SUDOP PRAHA a.s.

Dne: 21.05.2018, zatížitelnost určil:

Ing. Jaroslav Voříšek, SUDOP PRAHA a.s.

Objednatel: SŽDC, s.o.	81.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s.	

AKCE : „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem“ SO 20-20-04 Žel. most v ev. km 3,545 - Výtoň	
ČÁST : Statický přepočet nosné konstrukce mostu v km 3,545	STUPEŇ : PD

9. PŘÍLOHY – POSOUZENÍ NK

Z důvodu rozsahu a přehlednosti jsou Přílohy statického výpočtu uspořádány odděleně. Tyto přílohy obsahují podrobnější výpisy posudků a jsou nedílnou součástí statického výpočtu.

OBSAH -

PŘÍLOHA	POPIS	STRANA	
PŘÍLOHA P1.1	TABULKA ZATÍŽITELNOSTI - NK1, NK2 a NK3	1	1
PŘÍLOHA P1.2	TABULKA ZATÍŽITELNOSTI - NK4	1	1
PŘÍLOHA P2.1	PŘÍČINKOVÉ ČÁRY - NK1, NK2 a NK3	1	
PŘÍLOHA P2.1	PŘÍČINKOVÉ ČÁRY - NK4	1	
PŘÍLOHA P3	POSOUZENÍ - MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI POSOUZENÍ PŘECHODNOSTI	1	158
PŘÍLOHA P4	POSOUZENÍ - MEZNÍ STAV ÚNAVY	1	
PŘÍLOHA P5	VÝPOČETNÍ MODEL - VSTUPNÍ DATA	1	

Objednatel: SŽDC, s.o.	82.
Zhotovitel: SUDOP PRAHA a.s	