



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
K L O K N E R Ů V Ú S T A V
Šolínova 7, 166 08 Praha 6 - Dejvice

**Expertní zpráva č.
2300 J 099-2**

Datum vydání zprávy
září 2023

Oddělení KÚ
OM
tel. +420 224 353 512

Objednatel: Správa a údržba silnic Plzeňského kraje
příspěvková organizace
Koterovská 462/162, Koterov
326 00 Plzeň

Expertní zpráva:

**PŘEPOČET ZATÍŽITELNOSTI NAVAZUJÍCÍ
NA DIAGNOSTICKÝ PRŮZKUM MOSTNÍ KONSTRUKCE
EV. Č. 231-004, MOST PŘES POTOK PŘED OBCÍ KACEŘOV**

Vypracoval:

Ing. Milan Holý, Ph.D.
Ing. Michal Lipert
Ing. Aleš Mezera

Spolupráce:

Ing. Stanislav Řeháček, Ph.D.

Odpovědný řešitel:

Ing. Milan Holý, Ph.D.

Vedoucí oddělení:

Ing. Petr Tej, Ph.D.

Ředitel KÚ:

prof. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.

Výtisk číslo:

1 2 3 4

Rozdělovník:

Objednatel: 3x
Archiv KÚ: 1x

Zpráva může být reprodukována pouze jako celek. Části zprávy mohou být reprodukovány, publikovány nebo jinak použity pouze na základě písemného souhlasu ředitele Kloknerova ústavu.

ANOTACE

Na základě smlouvy o dílo č. 8500007669 se společností Správa a údržba silnic Plzeňského kraje, p.o. se sídlem Koterovská 462/162, Koterov, 326 00 Plzeň, byla provedena statická analýza dle dostupné dokumentace a získaných informací a stanovení zatížitelnosti mostu ev. č. 231-004, most přes potok před obcí Kaceřov.



Obr. 1: Pohled na mostní konstrukci 231-004. Pohled zleva.

OBSAH

1	TECHNICKÁ ZPRÁVA	3
1.1	ÚČEL STATICKÉHO PŘEPOČTU	3
1.2	PODKLADY	3
1.3	POUŽITÉ PROGRAMY	3
1.4	POPIS MOSTNÍ KONSTRUKCE	4
1.5	METODIKA STATICKÉHO VÝPOČTU	4
1.5.1	VŠEOBECNĚ	4
1.5.2	MODEL KONSTRUKCE	4
1.5.3	ZATÍŽENÍ KONSTRUKCE	5
1.5.4	URČENÍ ZATÍŽITELNOSTI	5
1.6	ZÁVĚR	5
2	POPIS MOSTU A GEOMETRIE NOSNÉ KONSTRUKCE	7
2.1	POPIS MOSTNÍ KONSTRUKCE	7
2.2	DISPOZIČNÍ VÝKRESY MOSTNÍHO OBJEKTU	7
2.3	TVAR A VYZTUŽENÍ NOSNÍKŮ	10
2.4	STAVEBNÍ STAV MOSTU	13
2.4.1	SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ DIAGNOSTICKÉHO PRŮZKUMU	13
2.4.2	HISTORIE STAVEBNÍHO STAVU A ZATÍŽITELNOSTI Z BMS	15
2.5	MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY	16
2.6	VÝPOČETNÍ MODEL	16
2.6.1	PROSTOROVÝ DESKOVÝ MODEL PRO STANOVENÍ ROZNOSU	16
2.6.2	MODEL PRO STANOVENÍ VNITŘNÍCH SIL	17
3	ZATÍŽENÍ	19
3.1	STÁLÁ ZATÍŽENÍ	19
3.1.1	VLASTNÍ TÍHA	19
3.1.2	OSTATNÍ STÁLÉ ZATÍŽENÍ	19
3.2	PROMĚNNÁ ZATÍŽENÍ	20
3.2.1	ZATÍŽENÍ DOPRAVOU PODLE ČSN 73 6222:2013 [2]	20
3.2.2	SCHÉMA ROZMÍSTĚNÍ ZATÍŽENÍ	24
3.2.3	ZATÍŽENÍ TEPLOTOU	27
3.3	ZATĚŽOVACÍ STAVY	29
3.4	KOMBINACE ZATÍŽENÍ	32
4	STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI	34
4.1	VŠEOBECNĚ	34
4.2	VNITŘNÍ SÍLY TDA	34
4.3	VNITŘNÍ SÍLY TDA (POUZE STÁLÉ)	36
4.4	VNITŘNÍ SÍLY	38
4.5	POSOUZENÍ PRŮŘEZŮ	43
4.5.1	MSÚ – OHYBOVÁ ODOLNOST	43
4.5.2	MSÚ – SMYKOVÁ ODOLNOST	45
4.5.3	MSP	45
4.6	STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI	47
4.6.1	STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI V MSÚ	48
4.6.2	STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI V MSP	49
4.6.3	PŘEHLED ZATÍŽITELNOSTI	51

1 TECHNICKÁ ZPRÁVA

1.1 ÚČEL STATICKÉHO PŘEPOČTU

Cílem statického přepočtu je stanovení zatížitelnosti stávající nosné konstrukce mostu ev. 231-004, most přes potok před obcí Kaceřov s nosnou konstrukcí z předpjatých typových nosníků KA-61/18.

1.2 PODKLADY

- [1] ČSN 73 6221 – Prohlídky mostů pozemních komunikací, 01/2018
- [2] ČSN 73 6222 - Zatížitelnost mostů pozemních komunikací, 07/2013 + Z1 07/2015
- [3] ČSN ISO 13822 – Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí, 12/2014
- [4] ČSN 73 0038 – Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí – doplňující ustanovení, 11/2019
- [5] ČSN EN 1990 - Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- [6] ČSN EN 1991 - Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – soubor norem
- [7] ČSN EN 1992 - Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – soubor norem
- [8] TP 72 - Diagnostický průzkum mostů PK, 12/2008
- [9] TP 200 - Stanovení zatížitelnosti mostů PK navržených podle norem a předpisů platných před účinností EN, 12/2008
- [10] TP 224 – Ověřování existujících betonových mostů pozemních komunikací, 07/2010
- [11] Údaje v mostní databázi BMS (mostní list, protokoly mostních prohlídek)
- [12] 2300 J 099-1 Diagnostický průzkum mostní konstrukce ev. č. 231-004, most přes potok před obcí Kaceřov
- [13] Prefabrikované cestné mosty světlosti 9-12-15-18-21m montované z předpjatých nosníků KA-61, Dopravoprojekt Bratislava, 3/1964
- [14] Původní archivní projektová dokumentace, Silnice n.p. Plzeň, 07/1963

1.3 POUŽITÉ PROGRAMY

SCIA Engineer v. 21.1, Microsoft Office – Word, Excel

1.4 POPIS MOSTNÍ KONSTRUKCE

Mostní objekt ev. č. 231-004 z roku 1964 přemostňuje trasu komunikace 2. třídy - 231 přes vodoteč. Objekt má 1 pole s rozpětím 19,00 m, nosná konstrukce z nosníků KA-61/18 je uložena přes vrubové klouby. Konstrukce staticky působí jako rozpěrák. Most je v příčném řezu tvořen 9 nosníky KA-61.

Úhel křížení je 100 g. Spodní stavbu tvoří masivní žb opěry s úložnými prahy. Most je založen hlubinně na pilotách. Celková šířka mostu je 9,18 m, na mostě se nachází oboustranné prefabrikované žb římsy šířek 0,75 m. Vozovka je živičná a šířka mezi obrubami je 7,65 m. Na obou stranách mostu je osazen nový zádržný systém SafeStar 232 b H2/W3. Příčný sklon na mostě je jednostranný 3 %, vytvořen pomocí vyrovnávacího betonu proměnné tloušťky, spodní hrana konstrukce je vodorovná.

1.5 METODIKA STATICKÉHO VÝPOČTU

1.5.1 VŠEOBECNĚ

Zatížitelnost mostu je stanovena podrobným statickým výpočtem podle aktuálně platné normy pro stanovení zatížitelnosti silničních mostů ČSN 73 6222 [2] a souboru norem ČSN EN 1990 - 1992 [5-7].

S ohledem na uspořádání a typ nosné konstrukce je určení zatížitelnosti nosné konstrukce provedeno podrobným statickým výpočtem na úrovni porovnání účinků aktuálních zatížení s odolností konstrukce. Protože se jedná o typovou předpjatou konstrukci navrhovanou podle teorie dovolených namáhání, a protože konstrukce nevykazuje za dobu životnosti žádné zásadní vady a poruchy svědčící o nesprávném návrhu nebo používání konstrukce, je určení zatížitelnosti provedeno na základě mezního stavu použitelnosti, konkrétně mezního stavu omezení napětí a trhlin a dále mezního stavu únosnosti v rozhodujících průřezích.

Maximální přípustná napětí v jednotlivých materiálech jsou stanovena s ohledem na výsledky diagnostického průzkumu doplněné o předpoklady původní dokumentace prefabrikovaných nosníků. Podrobný rozbor zavedených předpokladů o charakteristikách materiálu, vyhodnocení stavu konstrukce a použité postupy pro stanovení zatížitelnosti jsou uvedeny v příslušných částech tohoto statického výpočtu.

1.5.2 MODEL KONSTRUKCE

Nosná konstrukce je tvořena nosníky KA-61 uloženými přes vrubové klouby na opěry, staticky tedy působí jako rozpěrák. Jednotlivé nosníky spolupůsobí, jsou v příčném směru monoliticky propojeny pomocí petlicových spojů. Příčný roznos na jednotlivé nosníky je analyzován na deskovém modelu konstrukce zohledňujícím veškerá příčná zatížení a roznášení svislých zatížení na jednotlivé prefabrikované nosníky. Rozměry a tuhosti jednotlivých částí nosné konstrukce jsou uvažovány podle skutečných rozměrů mostu a jeho statického působení. Stanovení vnitřních sil od předpětí a stálého zatížení v čase bylo provedeno za pomoci výpočetního prutového modelu s fázemi výstavby. Podrobné uspořádání modelů konstrukce je uvedeno v části 2 tohoto statického výpočtu. Na modelech konstrukce je provedeno stanovení všech účinků zatížení, vyhodnocení zatížitelnosti je provedeno samostatně v tabulkovém procesoru v příslušných mezních stavech a všeobecných předpokladů tohoto výpočtu.

Geometrie konstrukce pro statický výpočet zatížitelnosti mostu je převzata z přehledných výkresů z původní projektové dokumentace [14] a z mostního listu [11], rozměry a vyztužení prefabrikovaných dílců je převzato z jejich typové dokumentace [13]. Základní rozměry nosné konstrukce mostu byly ověřeny v rámci diagnostického průzkumu [12].

1.5.3 ZATÍŽENÍ KONSTRUKCE

Hodnoty stálých zatížení se uvažují na základě nominálních rozměrů a uspořádání konstrukce s objemovými hmotnostmi podle ČSN EN 1991-1-1 [6], v případě hodnot stanovených experimentálním ověřením s přihlédnutím k ČSN EN 1990 [5], příloha D a ČSN ISO 13822 [3], resp. ČSN 73 0038 [4].

Proměnné zatížení dopravou pro stanovení zatížitelnosti je uvažováno podle ČSN 73 6222 [2]. Jednotlivá zatížení dopravou jsou na konstrukci umístěna vždy do nejnepříznivější polohy, která je stanovena na základě vyhodnocení příčinkových čar. Hodnoty zatížení, geometrie a rozhodující umístění dopravních zatížení (resp. jejich stanovení) a roznos zatížení jsou uvedeny v části 3 tohoto statického výpočtu.

1.5.4 URČENÍ ZATÍŽITELNOSTI

Zatížitelnost nosné konstrukce je s ohledem na podklady k výpočtu určena přepočtem mostního objektu s využitím typových podkladů a původní projektové dokumentace doplněných o informace z diagnostického průzkumu mostu. V mezním stavu omezení napětí jsou ověřena normálová napětí v nosnících v charakteristické, časté a kvazistálé kombinaci zatížení a hlavní napětí v charakteristické kombinaci. Únosnost rozhodujících průřezů v mezním stavu únosnosti pro určení zatížitelnosti je stanovena na základě geometrie a vyztužení konstrukce. Určení zatížitelnosti je obsahem části 4 tohoto statického výpočtu.

Zohlednění stavebního stavu konstrukce je provedeno na základě výsledků diagnostického průzkumu a prohlídky mostu. Aktuální poruchy mostní konstrukce byly zohledněny při výpočtu zatížitelnosti, bylo uvažováno s oslabením plochy předpínací výztuže do 25 % průřezové plochy, nebylo uvažováno s tahovým zpevněním předpínací výztuže a bylo uvažováno oslabení plochy smykové betonářské výztuže do 5 % průřezové plochy.

Základové konstrukce a spodní stavba nebyly v rámci tohoto přepočtu posuzovány. Předpokládá se, že nejsou rozhodující z hlediska zatížitelnosti.

1.6 ZÁVĚR

Zatížitelnost nosné konstrukce mostu byla stanovena podrobným statickým výpočtem podle aktuálně platné normy pro stanovení zatížitelnosti silničních mostů ČSN 73 6222 [2].

Zatížitelnost nosné konstrukce je s ohledem na podklady k výpočtu určena přepočtem mostního objektu s využitím typových podkladů doplněných o informace z diagnostického průzkumu mostu a prohlídky mostu. Ve výpočtu byly zohledněny poruchy, u kterých je předpokládán vliv na spolehlivost nosné konstrukce.

Vypočtené hodnoty zatížitelnosti nosné konstrukce se zohledněním aktuálních poruch:

Normální zatížitelnost:	10 t
Výhradní zatížitelnost:	26 t
Výjimečná zatížitelnost:	53 t

Zatížitelnost na jednu jednoduchou nápravu: 12 t

Pozn.: Přejezd výjimečné soupravy se předpokládá v ose mostu, tzn. v ose mezi svodidly.

Pozn.: Na mostě je nutno osadit dopravní značení „B13“ 10 t, případně s dodatkovou tabulkou „jediné vozidlo 26 t“ a upravit průjezdný profil instalací pevných zábran (například osazením směrovacích desek Z4 kotvených do vozovky, baliset, atd.) tak, aby na mostě probíhal pouze provoz v jednom jízdním pruhu šíře 3,5 m v ose mostu.

Pozn.: Stavební stav nosné konstrukce mostu lze označit jako VII-havarijní dle ČSN 73 6221, další doporučení z toho vyplývající jsou uvedeny ve zprávě z diagnostického průzkumu!

Výše uvedené hodnoty zatížitelnosti platí pro stav mostu popsany v tomto dokumentu, pokud dojde k jeho změně nebo výskytu odchýlných skutečností, je nutno hodnoty zatížitelnosti přezkoumat/upravit!

V Praze dne 22. 9. 2023

Ing. Milan Holý, Ph.D.

Uvedené posouzení vychází z dostupné dokumentace a dalších informací, které byly zpracovateli zprávy poskytnuty, a které zpracovatel zprávy považuje za pravdivé a úplné, bez možnosti jejich zpětného posouzení.

Zpracovatel posouzení si vyhrazuje právo dílčí korekce závěrů zde uvedených, pokud budou zjištěny a doloženy skutečnosti, které by takovou korekci mohly vyžadovat.

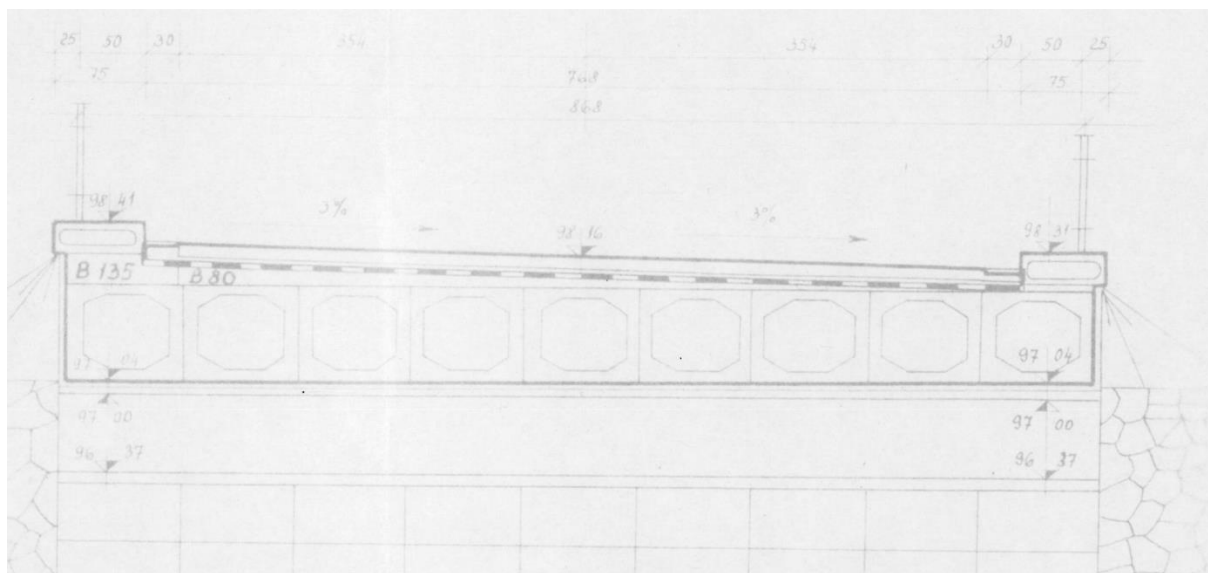
2 POPIS MOSTU A GEOMETRIE NOSNÉ KONSTRUKCE

2.1 POPIS MOSTNÍ KONSTRUKCE

Mostní objekt ev. č. 231-004 z roku 1964 přemostňuje trasu komunikace 2. třídy - 231 přes vodoteč. Objekt má 1 pole s rozpětím 19,00 m, nosná konstrukce z nosníků KA-61/18 je uložena přes vrubové klouby. Konstrukce staticky působí jako rozpěrák. Most je v příčném řezu tvořen 9 nosníky KA-61.

Úhel křížení je 100 g. Spodní stavbu tvoří masivní žb opěry s úložnými prahy. Most je založen hlubinně na pilotách. Celková šířka mostu je 9,18 m, na mostě se nachází oboustranné prefabrikované žb římsy šířek 0,75 m. Vozovka je živičná a šířka mezi obrubami je 7,65 m. Na obou stranách mostu je osazen nový zádržný systém SafeStar 232 b H2/W3. Příčný sklon na mostě je jednostranný 3 %, vytvořen pomocí vyrovnávacího betonu proměnné tloušťky, spodní hrana konstrukce je vodorovná.

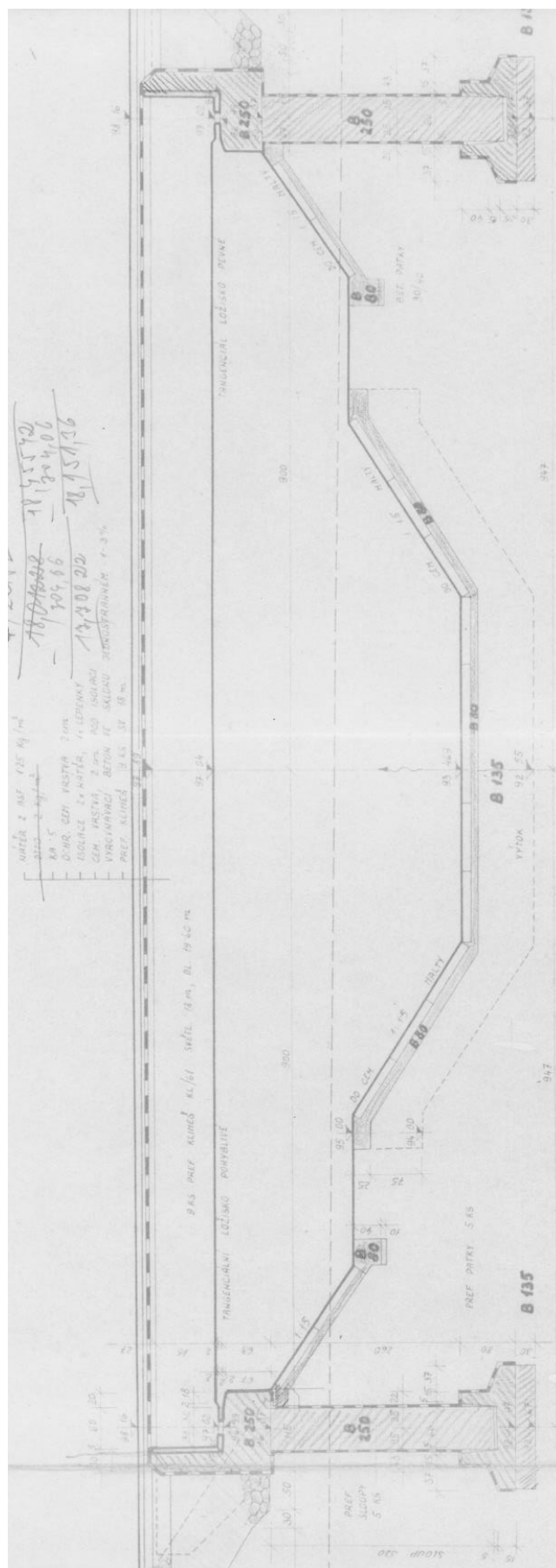
2.2 DISPOZIČNÍ VÝKRESY MOSTNÍHO OBJEKTU



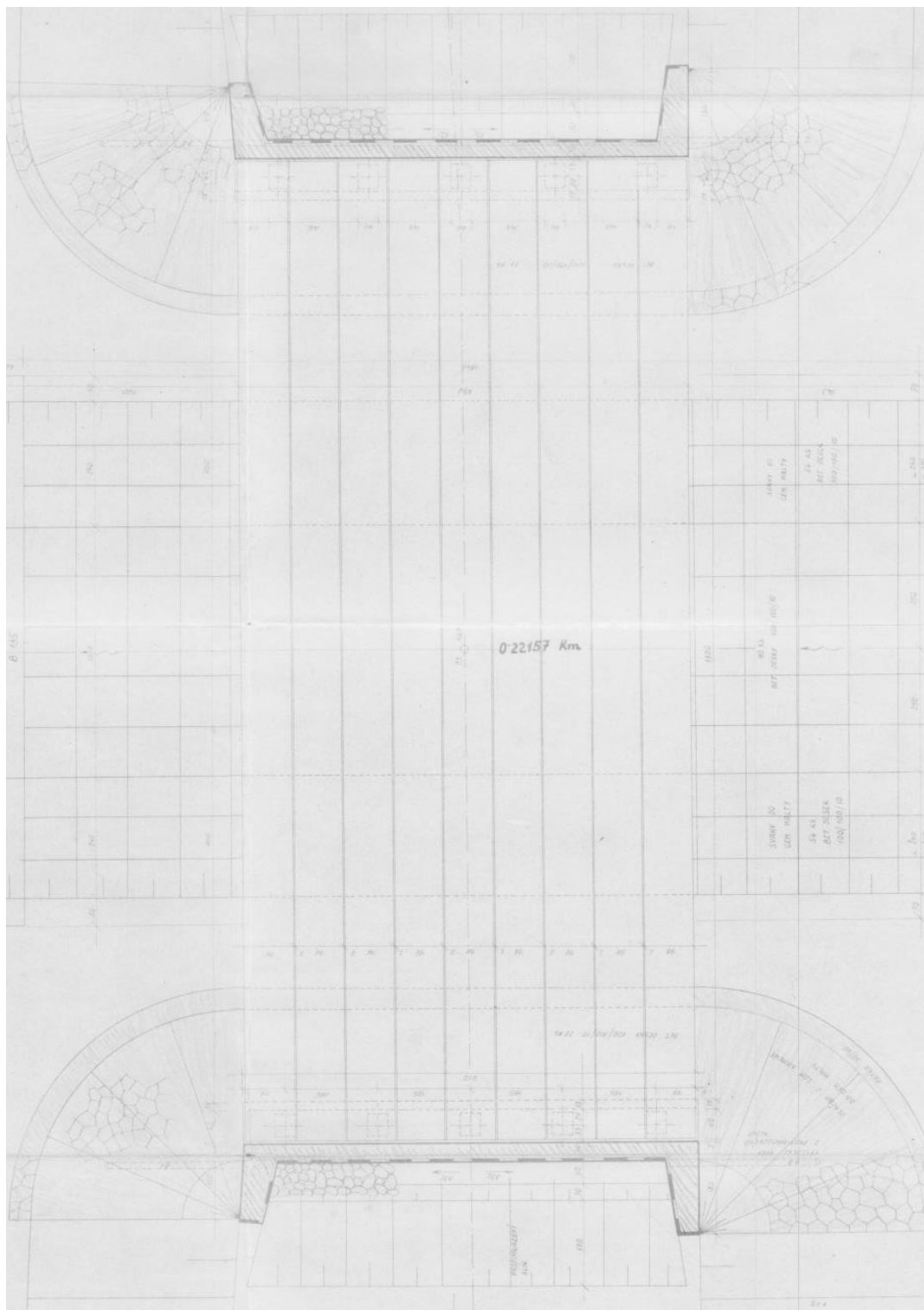
Obr. 2: Příčný řez mostu z původní projektové dokumentace [14]



Obr. 3: Pohled na most z převáděné komunikace [mapy.cz]



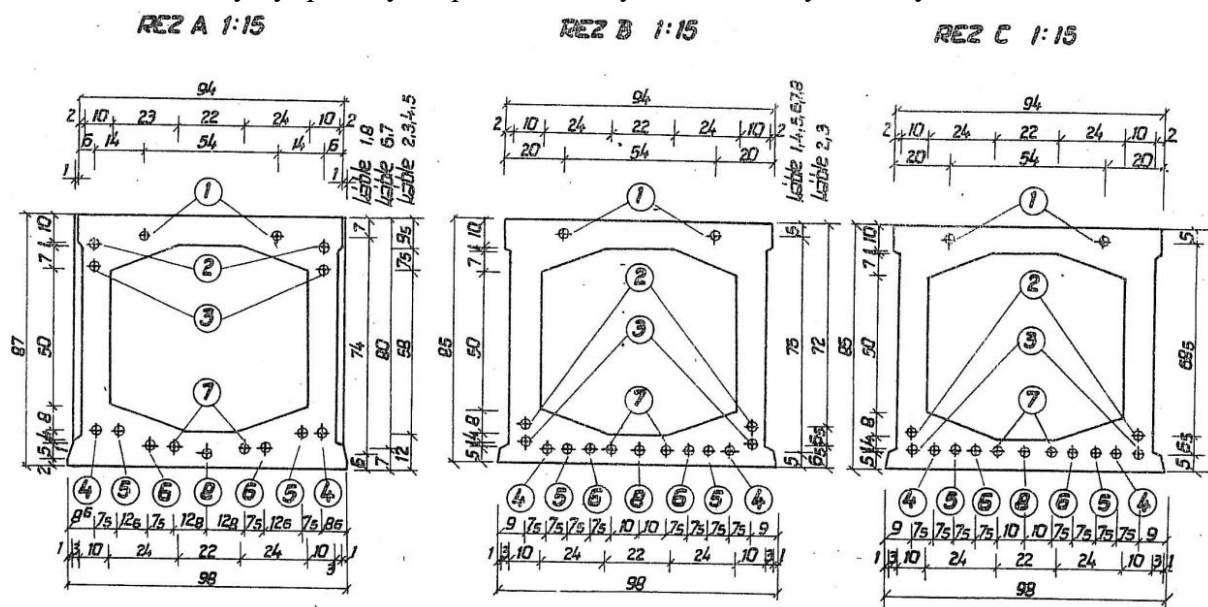
Obr. 4: Podélný řez mostu z původní projektové dokumentace [14]



Obr. 5: Půdorys mostu z původní projektové dokumentace [14]

2.3 TVAR A VYZTUŽENÍ NOSNÍKŮ

Následující informace jsou převzaty z typových podkladů [13]. Nosníky KA-61 používané od roku 1961 jsou dodatečně předpínané nosníky truhlíkového průřezu jednotné šířky 98 cm. Nosníky byly vyráběny pro základní světlosti 9-12-15-18-21 m (teoretické rozpětí vždy o 1 m větší, délka nosníku vždy o 1,6 m větší) výšky 45, 60, 70, 85, 110 cm. Délky nosníků mohly být odstupňovány po 1 m. Výroba nosníků probíhala v celé délce nebo alternativně pro světlosti 12-21 m ze tří dílů s příčnými spárami š. 2 cm. Příčné spojení nosníků je zajištěno pomocí měkké výztuže monolitickým spojením přes celou výšku nosníku, nosníky byly kladeny s mezerami 2 cm mezi sebou. Nosníky jsou navrženy z betonu B500, beton spár z betonu B330, měkká výztuž byla používána R40 či Roxor a předpínací výztuž byla tvořena hladkým patentovaným drátem $\phi 4,5$ mm s mezí pevnosti 16500 kp/cm^2 a mezí průtažnosti 12000 kp/cm^2 zvýšenou na 13500 kp/cm^2 . Kanálky pro předpětí s vnitřním průměrem $\phi 32$ mm byly vytvářeny pomocí ocelové bezešvé trubky, která byla po částečném zatvrdnutí betonu vytažena, alternativně mohly být použity krepované trubky, které se nevytahovaly.



Obr. 6: Výkres předpínací výztuže nosníku KA-61 světlosti 18 m – příčné řezy [14]

Postup napínania :

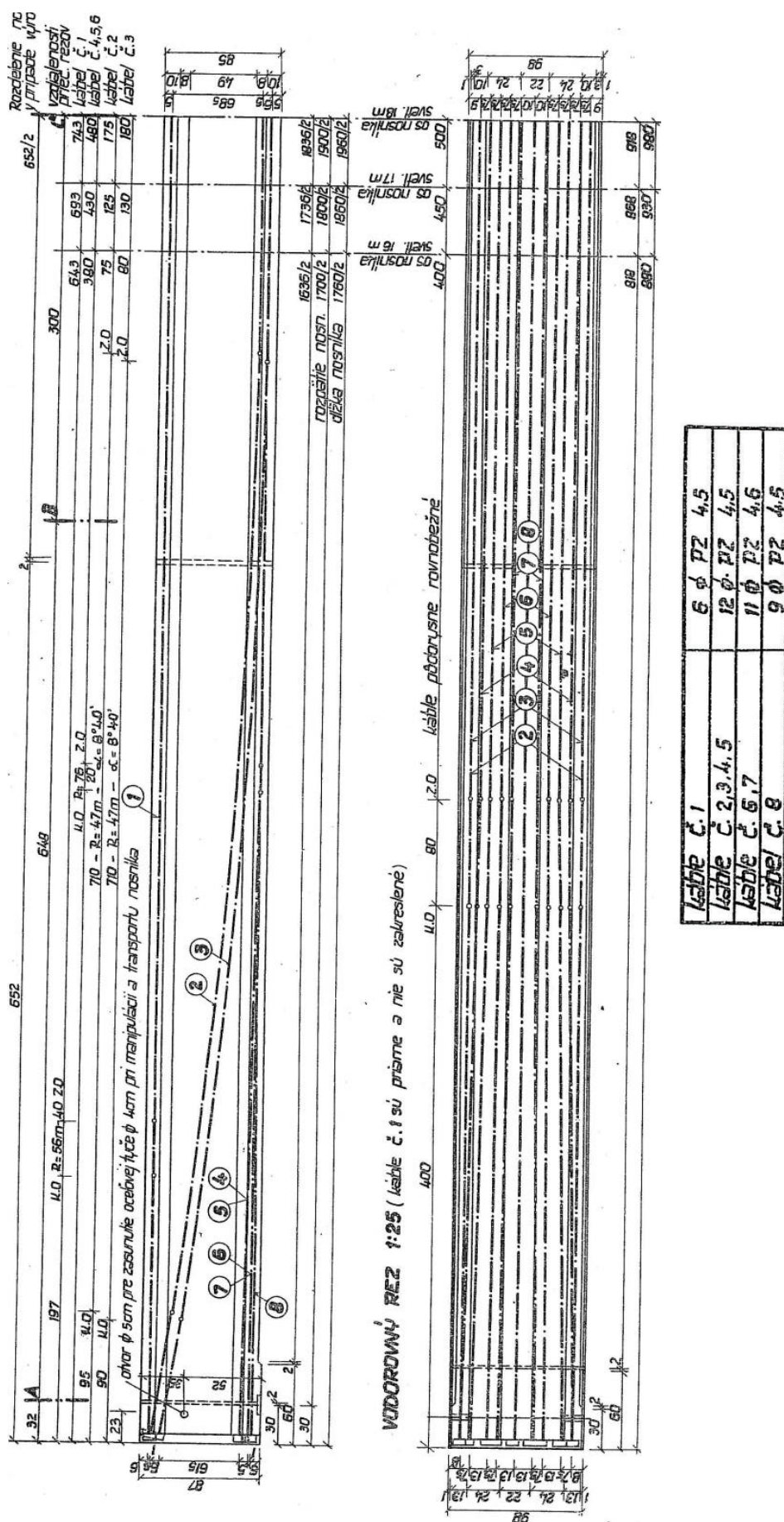
Káble sa napnú najprv na napätie $12\ 000 \text{ kg/cm}^2$. Toto napätie sa podrží po dobu aspoň 2 minút, načo sa drôty odľahčia aspoň na $2/3 \text{ } \sigma_{\text{d}} = 8000 \text{ kg/cm}^2$. Potom sa káble dopnú na kotevné hodnoty a to :

káble nosníka sv. 9 m	na $13\ 250 \text{ kg/cm}^2$
káble nosníka sv. 12 m (11,10)	na $13\ 250 \text{ kg/cm}^2$
káble nosníka sv. 15 m (14,13)	na $13\ 200 \text{ kg/cm}^2$
káble nosníka sv. 18 m (17,16)	na $13\ 100 \text{ kg/cm}^2$
káble nosníka sv. 21 m (20,19)	na $13\ 040 \text{ kg/cm}^2$

Pre vylúčenie strát dotvarovaním ocele vyčká sa 5 minút, potom sa drôty definitívne dopnú na uvedené kotevné hodnoty a zakotvia sa.

**PREFABRIKOVANÉ CESTNÉ MOSTY,
SVETLOSTI 9-21m MONTOVANÉ
Z PŘEDP. NOSNÍKOV KA-61**

Obr. 7: Informace k předpínací výztuži nosníku KA-61 světlosti 18 m [14]



Obr. 8: Výkres předpínací výztuže nosníku KA-61 světlosti 18 m [14]

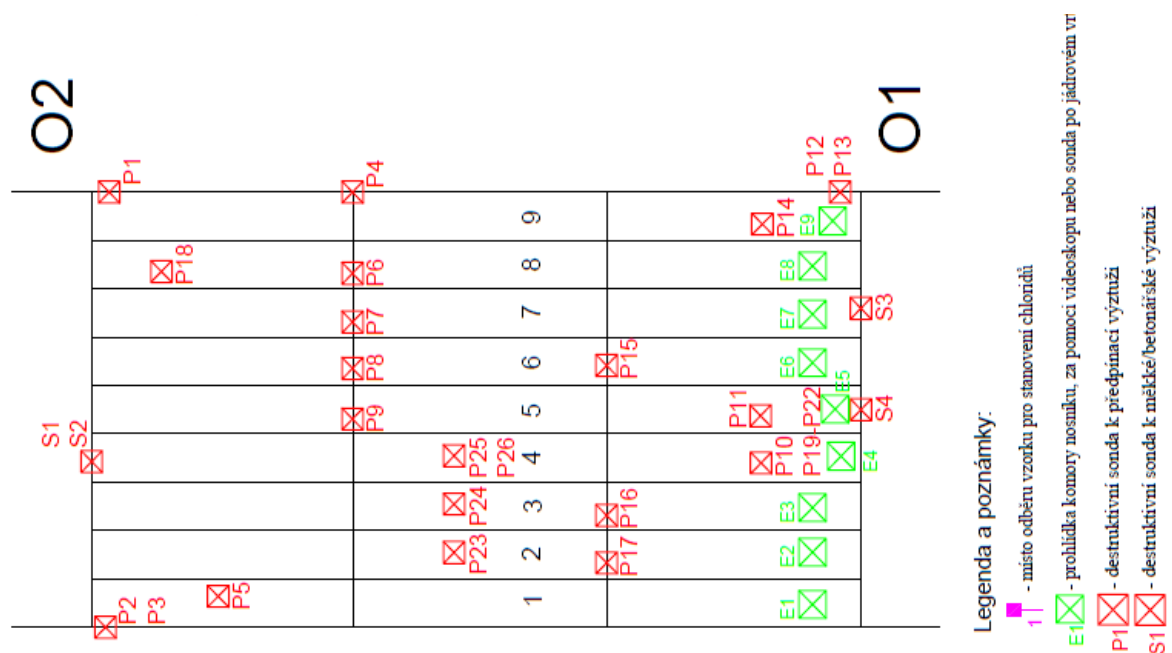
2.4 STAVEBNÍ STAV MOSTU

2.4.1 SHRNU TÍ VÝSLEDKŮ DIAGNOSTICKÉHO PRŮZKUMU

Po zohlednění stavebního stavu konstrukce provedeném na základě výsledků diagnostického průzkumu a prohlídky mostu lze konstatovat, že **aktuální poruchy mostní konstrukce mají zásadní vliv na spolehlivost konstrukce. Z důvodů výrazného korozního poškození předpínací výztuže, velmi významné kontaminaci povrchu předpínací výztuže chloridovými anionty a skutečnosti, že více jak 65 % odhalených sond k předpínací výztuži bylo zainjektováno z méně než 50 %, lze konstatovat, že stav nosné konstrukce mostu odpovídá stupni VII (havarijní stupeň).**

Doporučení pro výpočet zatížitelnosti:

- Příčné uspořádání na mostě vizuálně odpovídá údajům z BMS. Základní rozměry nosné konstrukce byly ověřeny v rámci diagnostického průzkumu.
- Pro přepočet NK lze uvažovat třídu betonu C 35/45, která odpovídá typové dokumentaci.
- **Doporučujeme uvažovat s oslabením plochy předpínací výztuže v podélném směru o 25 % a neuvažovat s tahovým zpevněním předpínací výztuže.**
- U smykové betonářské výztuže doporučujeme pro přepočet uvažovat korozní oslabení do 5 % průřezové plochy.

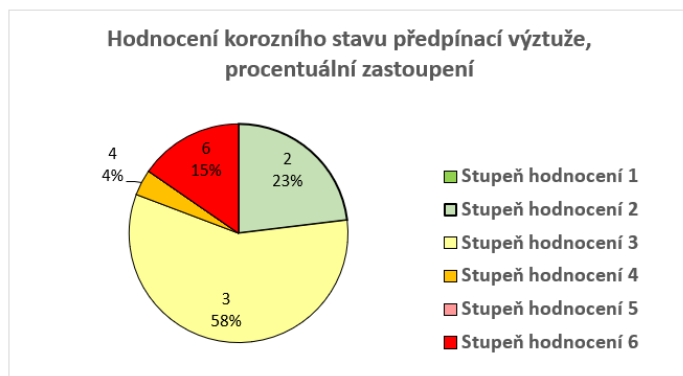


Obr. 10: Schéma umístění sond

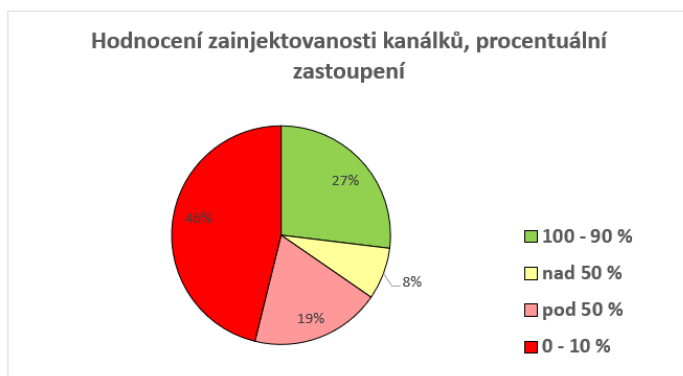
Tab. 1: Sondy k předpínací výztuži

Číslo sondy	Číslo kabelu	Číslo nosníku	Krytí výztuže [mm]	Vzdálenost od podpory [m]	Vzdálenost od kraje nosníku [mm]	Koroze	Stav injektáže	Spára	Poznámka
P1	3	9	40	0,4 od O2	700 od spodní hrany	3	0 - 10 %	X	
P2	2	1	40	0,9 od O2	650 od spodní hrany	6	0 - 10 %	X	částečně volný kabel
P3	3	1	40	0,9 od O2	560 od spodní hrany	6	0 - 10 %	X	částečně volný kabel
P4	2	9	45	1/3 rozpětí od O2	130 od spodní hrany	2	100 - 90 %	ANO	trasa kabelu prokreslena na boku NK
P5	4P	1	40	3 od O2	170	3	0 - 10 %	ANO	místo odběru injektáže I1
P6	5L	8	45	1/3 rozpětí od O2	240	3	0 - 10 %	ANO	
P7	6L	7	45	1/3 rozpětí od O2	300	3	100 - 90 %	ANO	
P8	8	6	45	1/3 rozpětí od O2	500	3	100 - 90 %	ANO	
P9	7P	5	40	1/3 rozpětí od O2	400	3	100 - 90 %	ANO	mokrý injektáž a okolí sondy
P10	8	4	50	1,2 od O1	500	6	0 - 10 %	X	v místě trhliny na spodním líci NK
P11	8	5	50	1,4 od O1	500	3	0 - 10 %	X	v místě trhliny na spodním líci NK
P12	2	9	40	0,6 od O1	650 od spodní hrany	3	0 - 10 %	X	
P13	3	9	35	0,6 od O1	550 od spodní hrany	6	0 - 10 %	X	částečně volný kabel
P14	7L	9	40	2,2 od O1	400	3	0 - 10 %	X	v místě trhliny na spodním líci NK
P15	7L	6	40	1/3 rozpětí od O1	400	3	100 - 90 %	ANO	v místě trhliny na spodním líci NK, injektáž I2
P16	6L	3	40	1/3 rozpětí od O1	290	2	100 - 90 %	ANO	v místě zatékání, injektáž I3
P17	4P	2	40	1/3 rozpětí od O1	170	2	100 - 90 %	ANO	v místě zatékání, injektáž I4
P18	4L	8	50	2,5 od O2	180	3	0 - 10 %	X	
P19	6L	4	65	1,2 od O1	300	3	pod 50 %	X	
P20	7L	4	60	1,2 od O1	400	3	pod 50 %	X	
P21	7P	4	45	1,2 od O1	320	3	pod 50 %	X	
P22	6P	4	50	1,2 od O1	400	3	pod 50 %	X	
P23	4L	2	50	cca 1/2 rozpětí	160	2	nad 50 %	X	
P24	5L	3	50	cca 1/2 rozpětí	240	2	nad 50 %	X	
P25	3L	4	70	cca 1/2 rozpětí	110	4	0 - 10 %	X	
P26	4L	4	60	cca 1/2 rozpětí	170	2	pod 50 %	X	

Tab. 2: Sondy k betonářské výztuži nosné konstrukce, korozní stav



Kritérium	Počet
Stupeň hodnocení 1	0
Stupeň hodnocení 2	6
Stupeň hodnocení 3	15
Stupeň hodnocení 4	1
Stupeň hodnocení 5	0
Stupeň hodnocení 6	4



Kritérium	Počet
100 - 90 %	7
nad 50 %	2
pod 50 %	5
0 - 10 %	12

2.4.2 HISTORIE STAVEBNÍHO STAVU A ZATÍŽITELNOSTI Z BMS

Spodní stavba mostu je na základě hlavní prohlídky z roku 2021 klasifikována stavebním stavem V - Špatný, nosná konstrukce je klasifikována stavebním stavem V – Špatný podle ČSN 73 6221, viz Tab. 1. Dle údajů v databázi BMS jsou aktuální hodnoty zatížitelnosti mostu 19, 48 a 117 t, viz Tab. 2.

Tab. 3: Historie stavebního stavu mostu ze systému BMS [11]:

Historie stavebního stavu mostu

Prohlídka	Spodní stavba	Koef ₁	Nosná konstrukce	Koef ₂	Použitelnost	Dokončení	Autorizace
A 231 - 004 (08.03.2002, Databanka Ostrava)	IV - Uspokojivý		IV - Uspokojivý		Nezadaná	02.06.2016	ne
HPM 231 - 004 (25.04.2011, Hlavníčka Josef, ing.)	IV - Uspokojivý	0,80	IV - Uspokojivý	0,80	II - Podmíněně použitelné	27.01.2016	ne
HPM 231 - 004 (23.10.2014, Rybák Vít, Ing.)	IV - Uspokojivý	0,80	V - Špatný	0,60	III - Použitelné s výhradou	09.11.2014	ne
MPM 231 - 004 (08.12.2015, Hlavníčka Josef, ing.)	IV - Uspokojivý	0,80	IV - Uspokojivý	0,80	III - Použitelné s výhradou	27.01.2016	ne
HPM 231 - 004 (20.11.2019, Komanec Petr, Ing.)	V - Špatný	0,60	V - Špatný	0,60	IV - Omezeně použitelné	27.11.2019	ne
MPM 231 - 004 (03.06.2021, Komanec Petr, Ing.)	V - Špatný	0,60	V - Špatný	0,60	II - Podmíněně použitelné	21.06.2021	ne
MPM 231 - 004 (03.09.2021, Míčka Tomáš, Ing.)	V - Špatný	0,60	V - Špatný	0,60	III - Použitelné s výhradou	29.09.2021	ne

Tab. 4: Historie zatížitelnosti mostu ze systému BMS [11]:

Historie zatížitelnosti mostu

Prohlídka	Způsob zjištění	V _n (t)	V _r (t)	V _e (t)	Nápr.tlak (t)	Dokončení	Autorizace
A 231 - 004 (08.03.2002, Databanka Ostrava)	V – CZEN (Zatížitelnost stanovená podrobným statickým výpočtem)	48,0	60	100		02.06.2016	ne
HPM 231 - 004 (25.04.2011, Hlavníčka Josef, ing.)	V – EN (Zatížitelnost stanovená podrobným statickým výpočtem)	48,0	60	100	0,0	27.01.2016	ne
HPM 231 - 004 (23.10.2014, Rybák Vít, Ing.)	N (Způsob stanovení zatížitelnosti neznámý)	28,0	48	100	21,0	09.11.2014	ne
MPM 231 - 004 (08.12.2015, Hlavníčka Josef, ing.)	N (Způsob stanovení zatížitelnosti neznámý)	38,0	48	80	0,0	27.01.2016	ne
HPM 231 - 004 (20.11.2019, Komanec Petr, Ing.)	N (Způsob stanovení zatížitelnosti neznámý)	28,0	36	60	13,5	27.11.2019	ne
MPM 231 - 004 (03.06.2021, Komanec Petr, Ing.)		28,0	36	60		21.06.2021	ne
MPM 231 - 004 (03.09.2021, Míčka Tomáš, Ing.)	N (Způsob stanovení zatížitelnosti neznámý)	19,0	48	117	14,3	29.09.2021	ne

2.5 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

Beton prefabrikovaných nosníků KA-61 je podle typové dokumentace [14] třídy B500, což odpovídá třídě C35/45 dle aktuálně platné ČSN EN 206-1. Na základě diagnostického průzkumu [12] je doporučeno uvažovat pro výpočet nosné konstrukce třídu C35/45.

Betonářská výztuž je podle typové dokumentace [14] i podle diagnostického průzkumu [12] typu 10 400. Betonářská výztuž je v souladu [9] uvažována pro výpočet s návrhovou hodnotou meze kluzu 330 MPa (charakteristická mez kluzu 400 MPa).

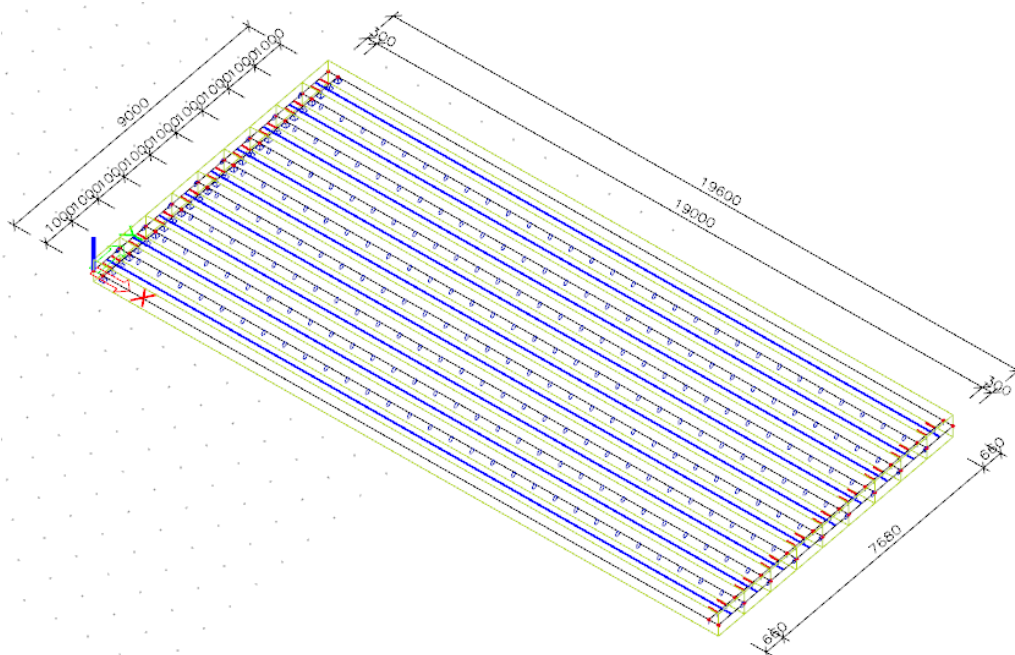
Předpínací výztuž tvoří hladký patentovaný drát profilu 4,5 mm dle typové dokumentace [14] i podle diagnostického průzkumu [12]. Předpínací výztuž P 4,5 je zaručené meze pevnosti $f_{pk}=1650$ MPa a meze průtažnosti $\sigma_{0,2} = 1200$ MPa. Mez průtažnosti byla zvýšena zlepšením patentovaného drátu vnesením předběžného napětí rovného mezi průtažnosti po dobu dvou minut. Tímto způsobem byla zvýšena mez průtažnosti na $\sigma_{0,2} = 1350$ MPa. Pro výpočet bude uvažována hodnota smluvní meze kluzu $f_{p0,1k} = 0,935 \times \sigma_{0,2} = 1262$ MPa. Dráty a lana popouštěné přibližně odpovídají třídě relaxačního chování 1 podle ČSN EN 1992-1-1.

2.6 VÝPOČETNÍ MODEL

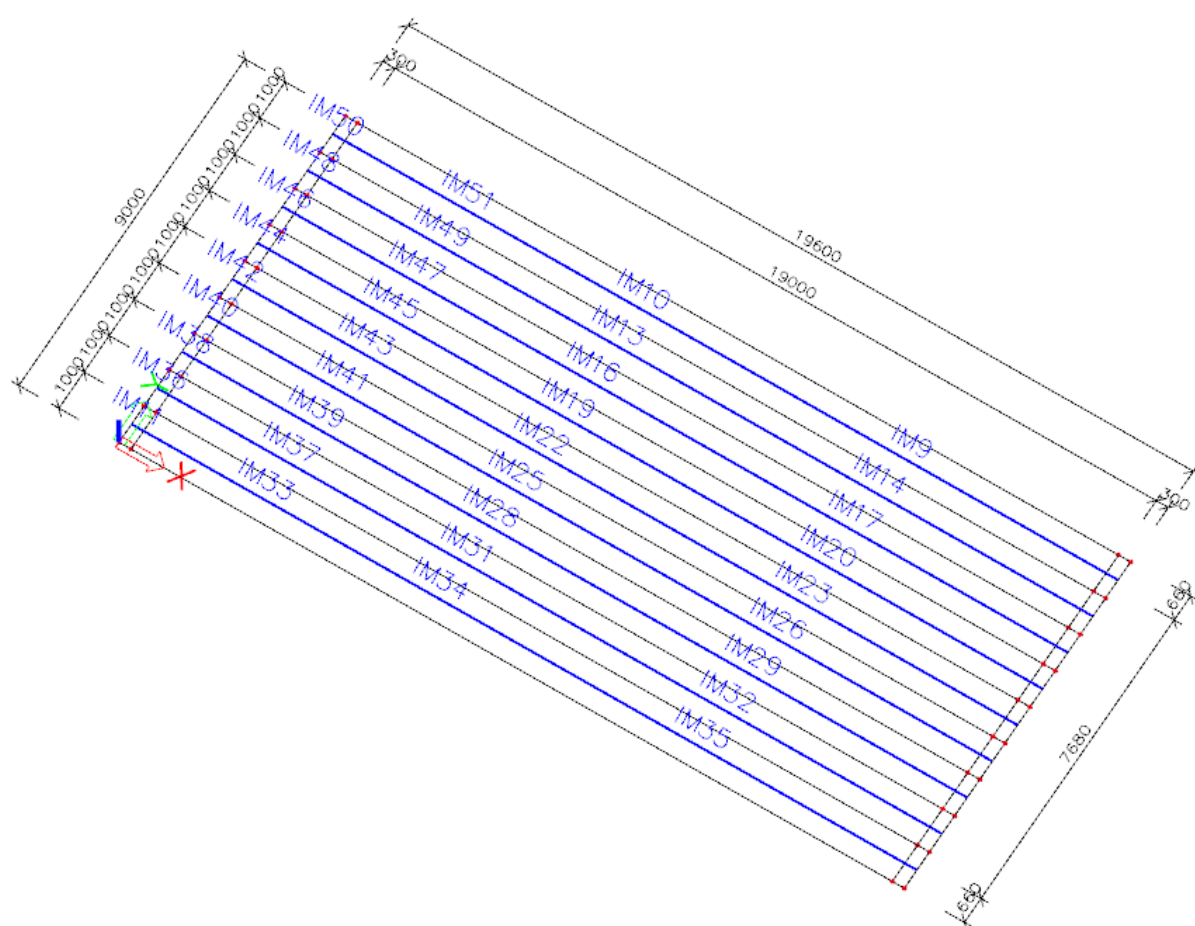
2.6.1 PROSTOROVÝ DESKOVÝ MODEL PRO STANOVENÍ ROZNOSU

Výpočetní model pro stanovení roznosu byl vytvořen v programu SCIA Engineer v. 21.1. Nosníky KA-61/18 byly modelovány jako desky o odpovídající tuhosti. Spolupůsobení nosníků z hlediska příčného roznosu bylo zajištěno kloubovými spoji mezi jednotlivými deskami.

Zatížení bylo aplikováno jako liniové a volné plošné. Roznos nápravových sil byl uvažován pod úhlem 45°. Zatížení dopravou byla do modelu aplikována hodnotami pro normové hodnoty normální, výhradní a výjimečné zatížitelnosti, a to 32 t, 80 t a 196 t. Vozidla byla umístěna tak, aby vyvolala extrémní účinky v jednotlivých rozhodujících průřezech.



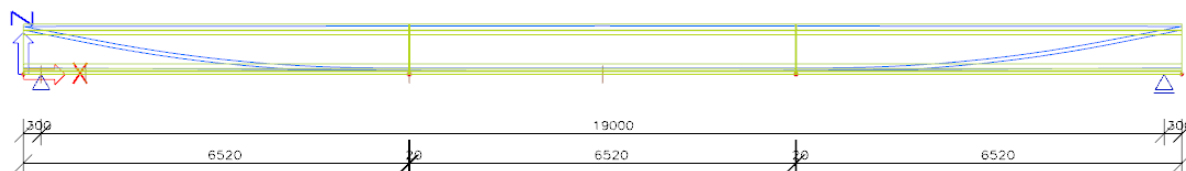
Obr. 11: Statické schéma výpočetního “rendrovaného” modelu v programu SCIA Engineer



Obr. 12: Statické schéma výpočetního “drátového” modelu s popisem integračních pásů v programu SCIA Engineer

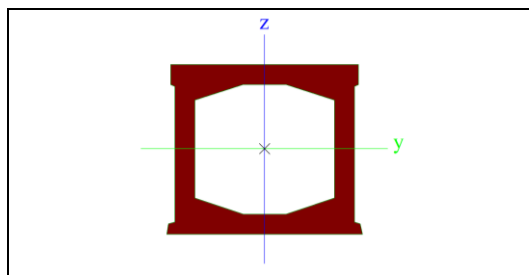
2.6.2 MODEL PRO STANOVENÍ VNITŘNÍCH SIL

Pro stanovení vnitřních sil byl vytvořen výpočetní model v programu SCIA Engineer v. 21.1. Nosník KA-61 byl modelován jako prutový prvek doplněný předpínacími kabely. Model využívá předdefinované speciální konečné prvky pro předpětí a časově závislou analýzu TDA. Časy fází výstavby byly odborně odhadnuty. Relaxace předpínací výztuže byla zadána hodnotami odpovídající třídě relaxačního chování 1 podle ČSN EN 1992-1-1. Bylo uvažováno pouze stálé zatížení – vlastní tíha, ostatní stálé a předpětí. Následující obrázky doplňují popis modelu.



Obr. 13: Schéma výpočetního modelu s předpětím a fázemi výstavby – podélný řez

Jméno	KA-61 (nosník)
Typ	Obecný průřez
Materiál	C30/37
Výroba	obecný
Použití 2D MKP výpočet	*



A [m ²]	3,5220e-01	
A _{y, z} [m ²]	2,0095e-01	1,7553e-01
I _{y, z} [m ⁴]	3,4663e-02	3,7698e-02
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	0,0000e+00	7,8763e-03
W ^{el} _{y, z} [m ³]	8,1534e-02	7,6935e-02
W ^{pl} _{y, z} [m ³]	0,0000e+00	0,0000e+00
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YUCS, ZUCS} [mm]	2	9
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m ² /m]	3,6899e+00	6,1219e+00
M ^{ply} _{+, -} [Nm]	0,00	0,00
M ^{plz} _{+, -} [Nm]	0,00	0,00

Obr. 14: Charakteristiky průřezu KA-61

Název fáze	Čas fáze [dny]
Betonáž	0
Vlastní tíha + předpětí	28
Ostatní stálé zatížení	60
Aktuální stáří	21535
Konec životnosti	36500

Obr. 15: Uvažované fáze výstavby

Materiál		Jméno	PZ4,5-1330/1650
Materiál		Nezávislé na normě	
Počet prvků v kabelu (ns)	12	Typ materiálu	Patentovaný drát
Počet kabelů ve skupině (ng)	1	Tepelná roztažnost [m/...]	0,01e-003
Plocha [mm ²]	191	Jednotková hmotnost ...	7850,00
Průměr kanálku [mm]	60,00	Modul E [MPa]	1,9500e+05
Tažný materiál	Kov	Poissonův součinitel	0,15
Zatěžovací stav	ZS2 - předpětí	Nezávislý modul G	<input type="checkbox"/>
Předpínání		Modul G [MPa]	8,4783e+04
Typ napínání	Type 3	Log. dekrement (pouz...	0,15
Předpínání z	Konec	Barva	
Součinitel tření v oblouku [-]	0,2	Měrné teplo [J/gK]	6,0000e-01
Nezamýšlená změna směru kabelu ...	0,005	Tepelná vodivost [W/...]	4,5000e+01
Pokluz - konec [mm]	6,00	Průměr [mm]	4,5
Napětí v průběhu podržení napětí - ...	1310,00	Plocha [mm ²]	16
Trvání podržení napětí [s]	120,00	Cena za jednotku [€/kg]	1,00
Počáteční napětí - konec [MPa]	1310,00	EN 1992-1-1	
Přesah kabelu na předpínané straně ...	0,000	Definováno podle prE...	<input type="checkbox"/>
Přesah kabelu na nepředpínané stra...	0,000	Charakteristická pevno...	1650,0
Vzdálenost mezi řezy pro výstup [m]	0,500	Charakteristické smluv...	1140,0
		Charakteristické pomě...	350,0
		Součinitel ductility (k ...	1,45
		Návrhová mez kluzu - ...	991,3
		Návrhová mez kluzu - ...	1140,0
		Limit návrhového po...	315,0
		Vlastnosti povrchu	Rovný
		Třída relaxace	Třída 2 - dráty a lana s nízkou relaxací
		Výroba	Popouštěný
		Uživatelská relaxace	<input checked="" type="checkbox"/>
		Tabulka relaxace	

Obr. 16: Charakteristiky předpětí (vlevo) a materiálu předpínací výztuže

3 ZATÍŽENÍ

3.1 STÁLÁ ZATÍŽENÍ

3.1.1 VLASTNÍ TÍHA

Vlastní tíha nosné konstrukce stanovena na základě nominálních rozměrů konstrukce při uvažování objemové hmotnosti železobetonu hodnotou $25 \text{ kN/m}^3 + 1 \text{ kN/m}^3$ předpětí.

VLASTNÍ TÍHA NOSNÍKU KA-61							
Nosník KA-61	Nosník			Spára			Celkem
	$A_{\text{nosník}}$	$\gamma_{\text{nosník}}$	$f_{k,\text{nosník}}$	$A_{\text{spára}}$	$\gamma_{\text{spára}}$	$f_{k,\text{spára}}$	$f_{k,\text{celkem}}$
	[m ²]	[kN/m ³]	[kN/m]	[m ²]	[kN/m ³]	[kN/m]	[kN/m]
Krajní nosník	0,3522	26,00	9,16	0,0406	25,00	1,02	10,17
Střední nosník	0,3522	26,00	9,16	0,0812	25,00	2,03	11,19

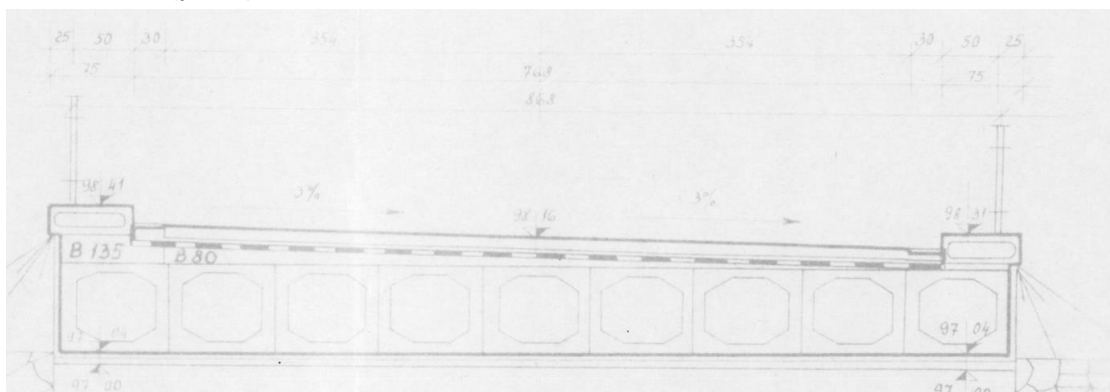
3.1.2 OSTATNÍ STÁLÉ ZATÍŽENÍ

OSTATNÍ STÁLÉ ZATÍŽENÍ					
------------------------	--	--	--	--	--

Vozovka - levá strana mostu	h	Navýšení h o	$h_{\text{navýšená}}$	γ	f_k
	m	%	m	kN/m ³	kN/m ²
Vozovkové souvrství	0,100	20	0,120	24,0	2,88
Vyrovnávací beton	0,340	0	0,340	23,0	7,82
Stálé celkem					10,70

Vozovka - pravá strana mostu	h	Navýšení h o	$h_{\text{navýšená}}$	γ	f_k
	m	%	m	kN/m ³	kN/m ²
Vozovkové souvrství	0,100	20	0,120	24,0	2,88
Vyrovnávací beton	0,060	0	0,060	23,0	1,38
Stálé celkem					4,26

Mostní římsa	b	h	A	γ	f_k	f_k
	m	m	[m ²]	kN/m ³	kN/m	kN/m ²
Mostní římsa - (přesah)	0,100	0,300	0,0300	25,0	0,75	
Celkem (zatížení na hraně)					0,75	
Zábradelní svodidlo					1,00	
Celkem (liniové na desce)					1,00	
Mostní římsa - (na mostě)		0,300		25,0		7,50
Izolační souvrství		0,010		22,0		0,22
Celkem (plošné)						7,72



Obr. 17: Příčný řez mostu z původní dokumentace, ev. č. 231-004 [14]

3.2 PROMĚNNÁ ZATÍŽENÍ

3.2.1 ZATÍŽENÍ DOPRAVOU PODLE ČSN 73 6222:2013 [2]

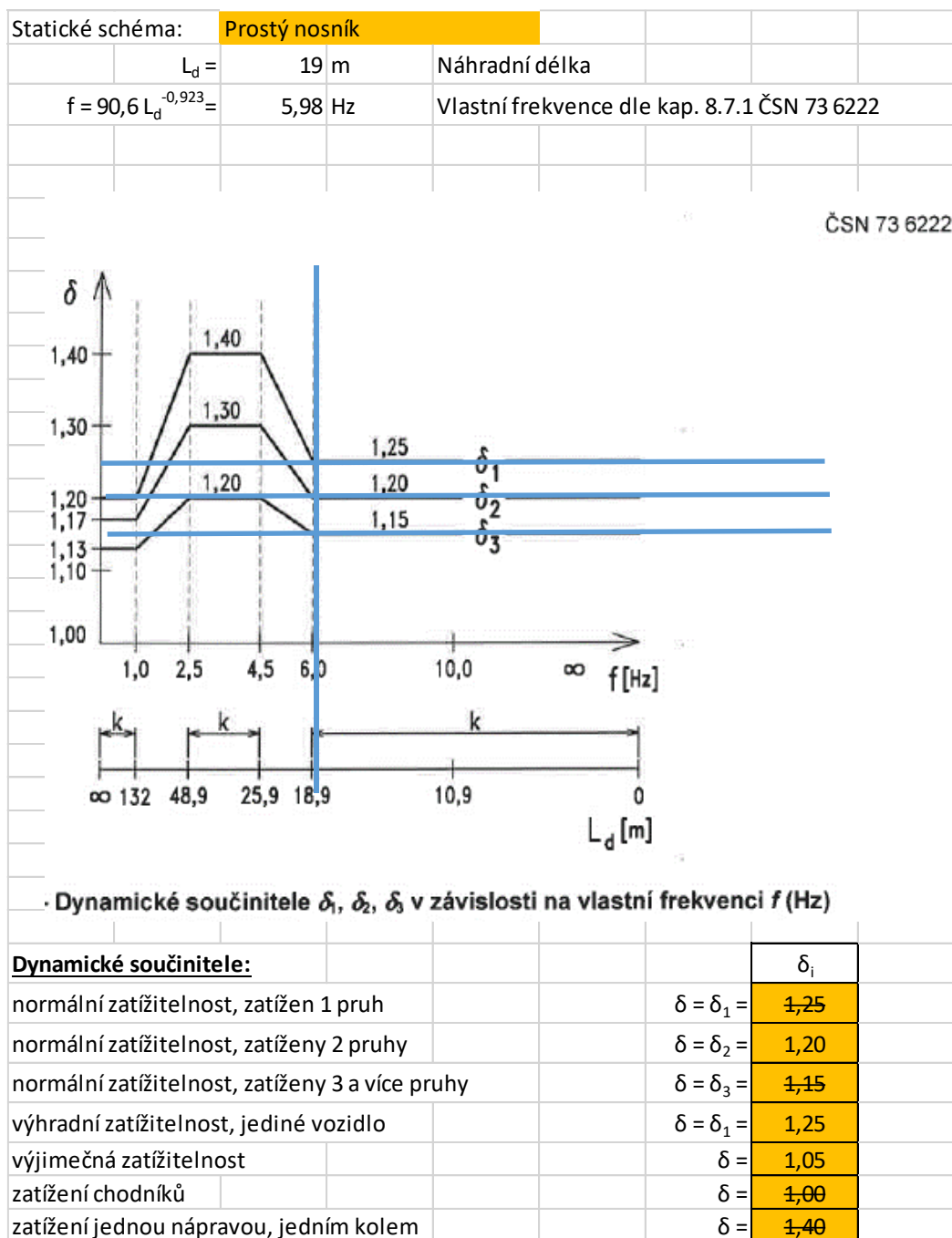


Schéma pro stanovení normální zatížitelnosti

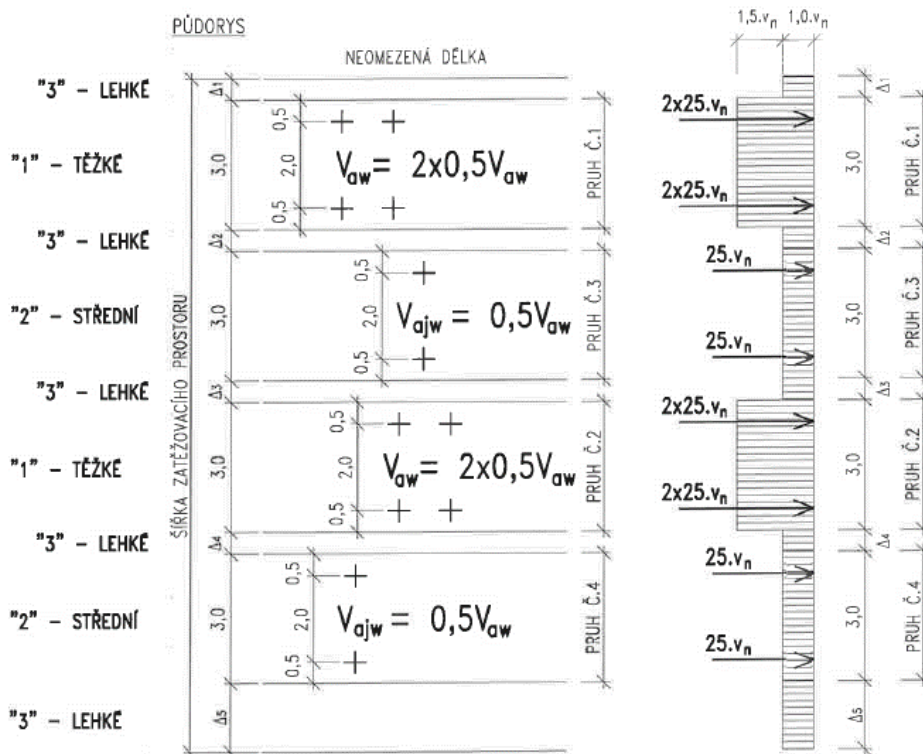
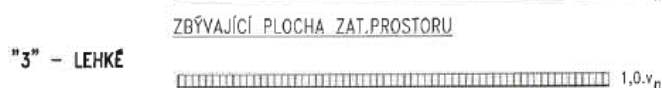
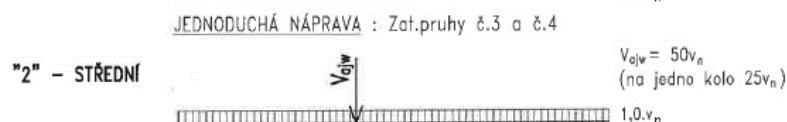
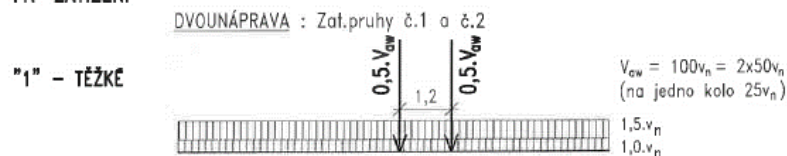
Rozdělení vozovky do zatěžovacích pruhů

Šířka vozovky w	Počet zatěžovacích pruhů	Šířka zatěžovacího pruhu w_i	Šířka zbývající plochy
$w < 5,4 \text{ m}$	$n_i = 1$	3 m	$w - 3 \text{ m}$
$5,4 \text{ m} \leq w < 6 \text{ m}$	$n_i = 2$	$w/2$	0
$6 \text{ m} \leq w$	$n_i = \text{Int}(w/3)$	3 m	$w - 3 \times n_i$

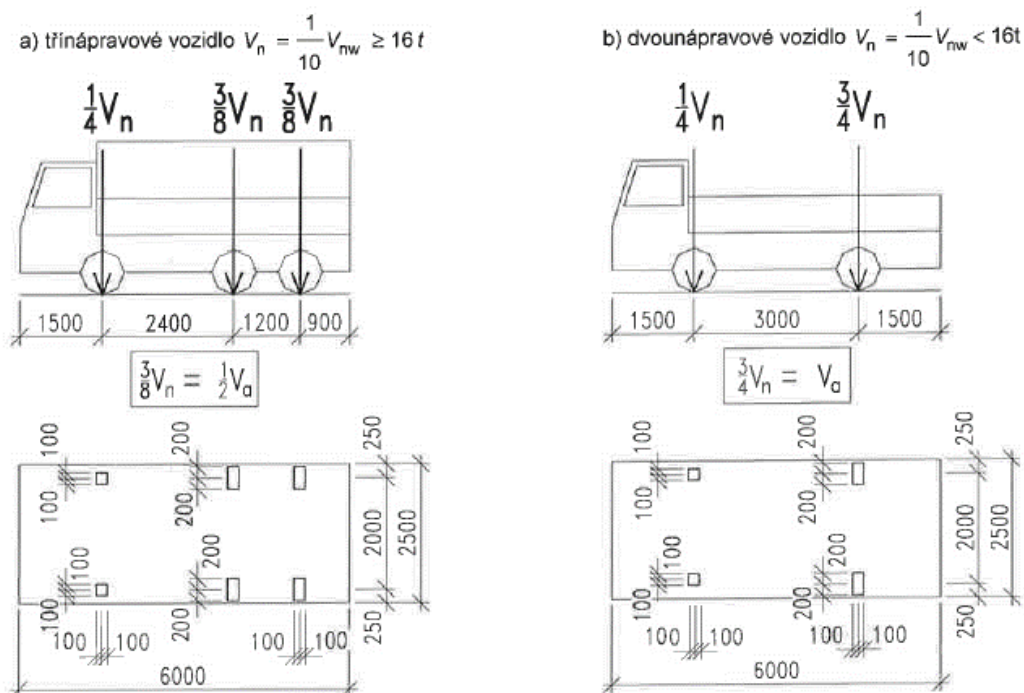
Šířka vozovky je 7,68 m \Rightarrow 2x zatěžovací pruh šířky 3 m a zbývající plocha šířky 1,68 m

dle ČSN 73 6222 [2]

TYP ZATÍŽENÍ

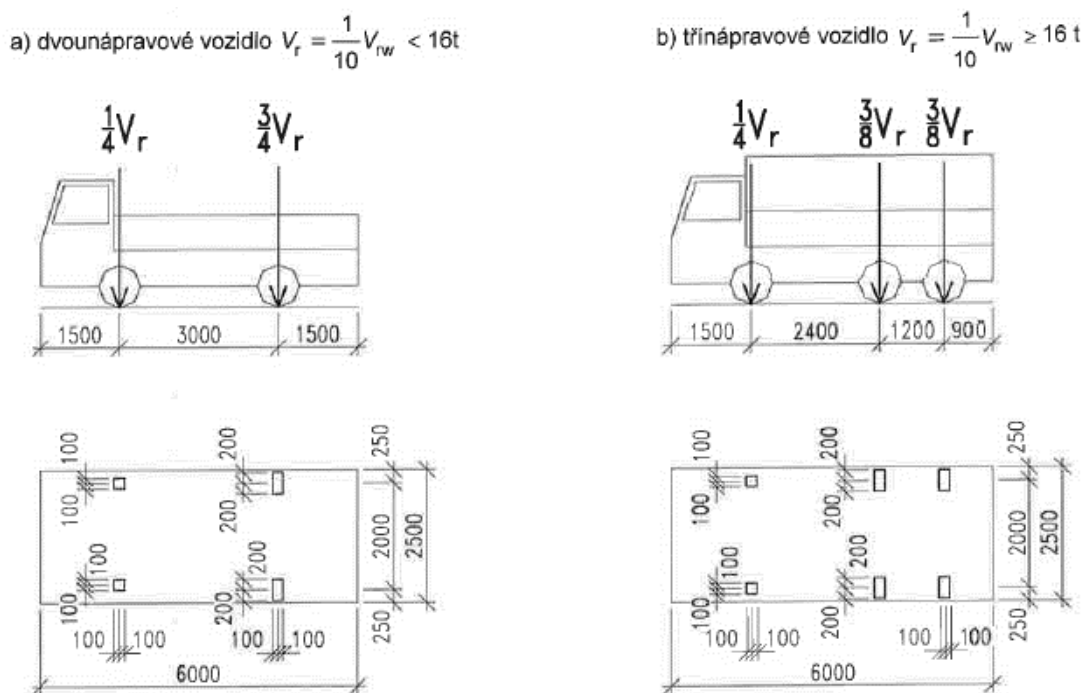


Obrázek 7.1 – Charakteristická normová sestava (schéma) zatížení pro stanovení normální zatížitelnosti V_n . Příklad rozmístění zatěžovacích pruhů (zatěžovací pruhy se mohou v příčném směru libovolně přemísťovat)

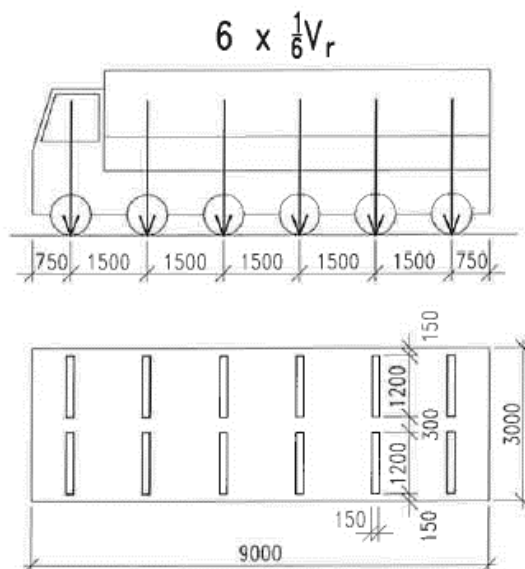


Obrázek 7.2 – Schémata vozidel pro stanovení normální zatížitelnosti V_n

Schéma pro stanovení výhradní zatížitelnosti



Obrázek 7.4 – Schéma dvounápravového a třínápravového vozidla pro stanovení výhradní zatížitelnosti V_r

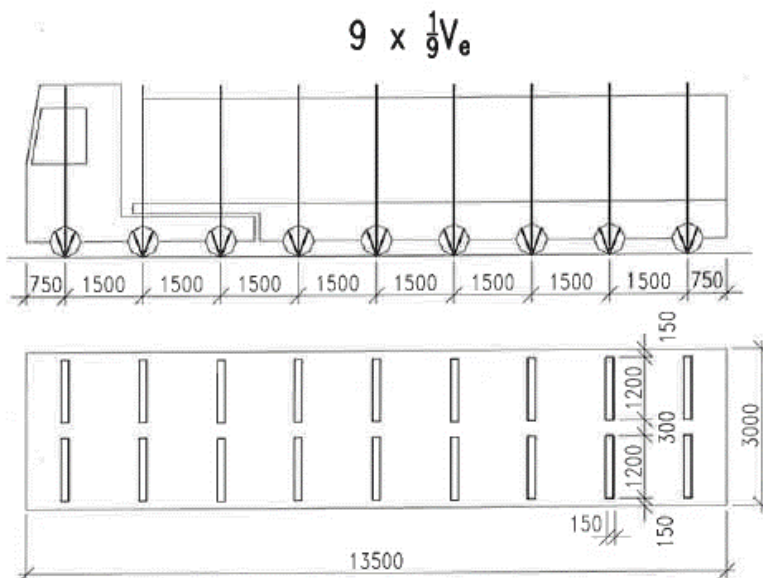


Obrázek 7.3 – Schéma šestinápravového vozidla pro stanovení výhradní zatížitelnosti V_r

7.2.2 Výhradní zatížitelnost se stanoví:

- jako největší přípustná hmotnost V_r jediného dvounápravového vozidla podle obrázku 7.4a pokud jeho stanovená hmotnost je nejvýše rovna 16 t,
- jako největší přípustná hmotnost V_r jediného třinápravového vozidla podle obrázku 7.4b pokud jeho stanovená hmotnost je nejvýše rovna 32 t a zároveň je stanovená hmotnost jediného dvounápravového vozidla podle obrázku 7.4a větší než 16 t,
- jako největší přípustná hmotnost V_r jediného šestinápravového vozidla podle obrázku 7.3 pokud je stanovená hmotnost jediného třinápravového vozidla podle obrázku 7.4b větší než 32 t.

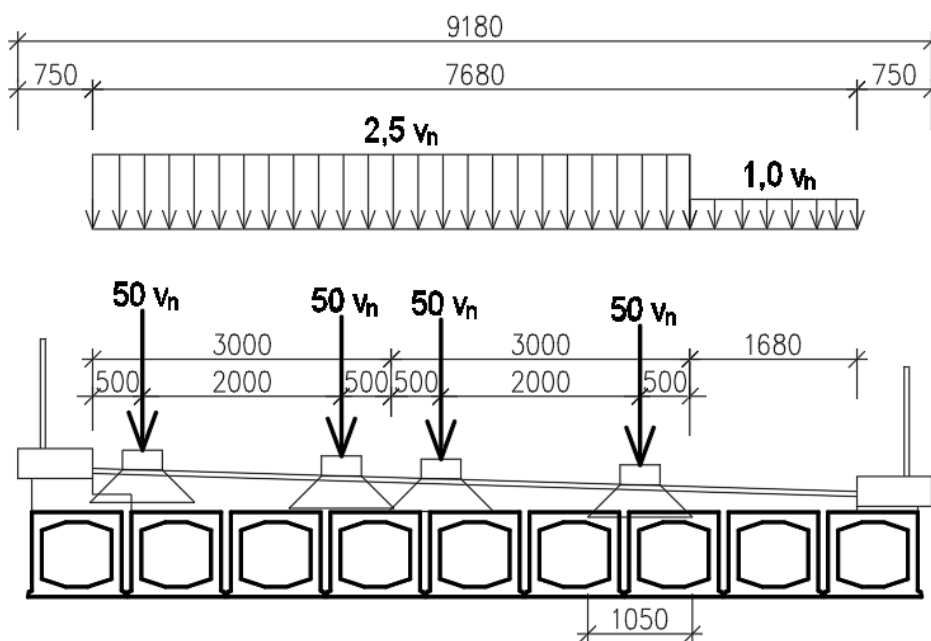
Schéma pro stanovení výjimečné zatížitelnosti



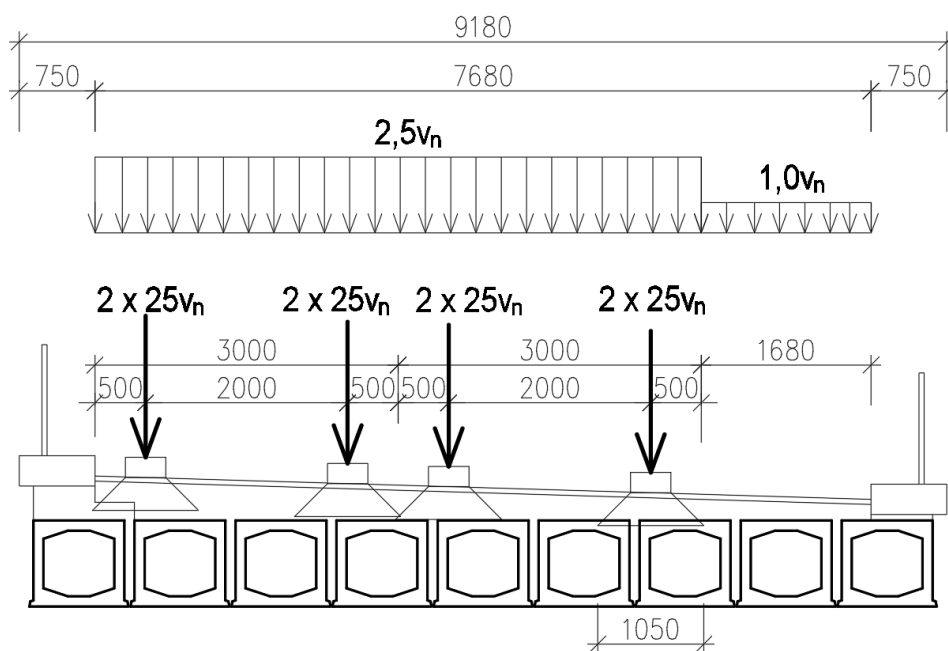
Obrázek 7.5 – Schéma zvláštní soupravy pro stanovení výjimečné zatížitelnosti V_e

7.3.2 Výjimečná zatížitelnost se stanoví jako největší přípustná hmotnost devítinápravového vozidla (viz obrázek 7.5), které se po mostě pohybuje v předepsané stopě (s největší přípustnou odchylkou $\pm 0,5$ m) a předepsanou rychlostí.

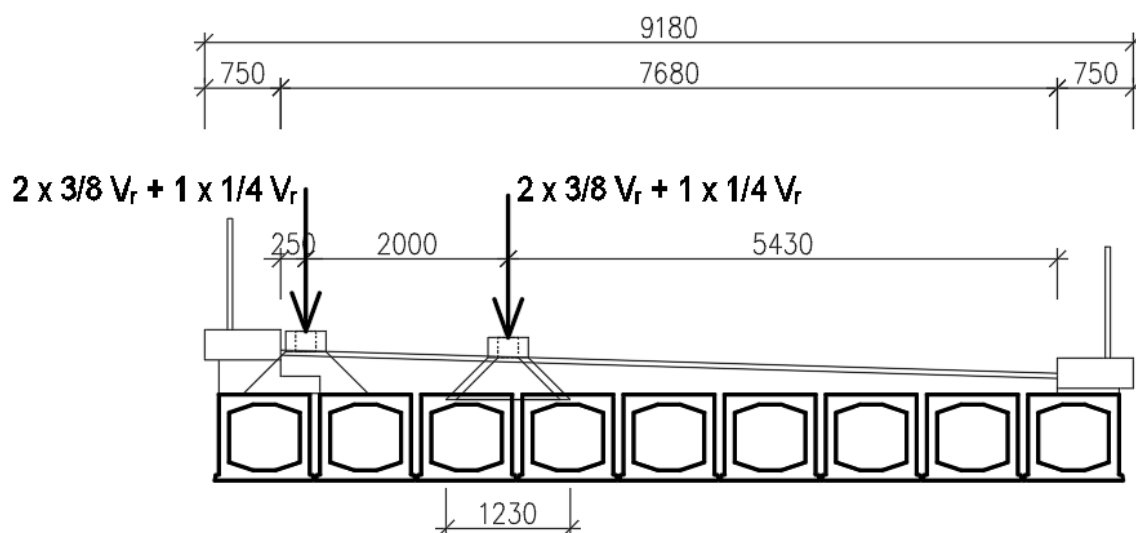
3.2.2 SCHÉMA ROZMÍSTĚNÍ ZATÍŽENÍ



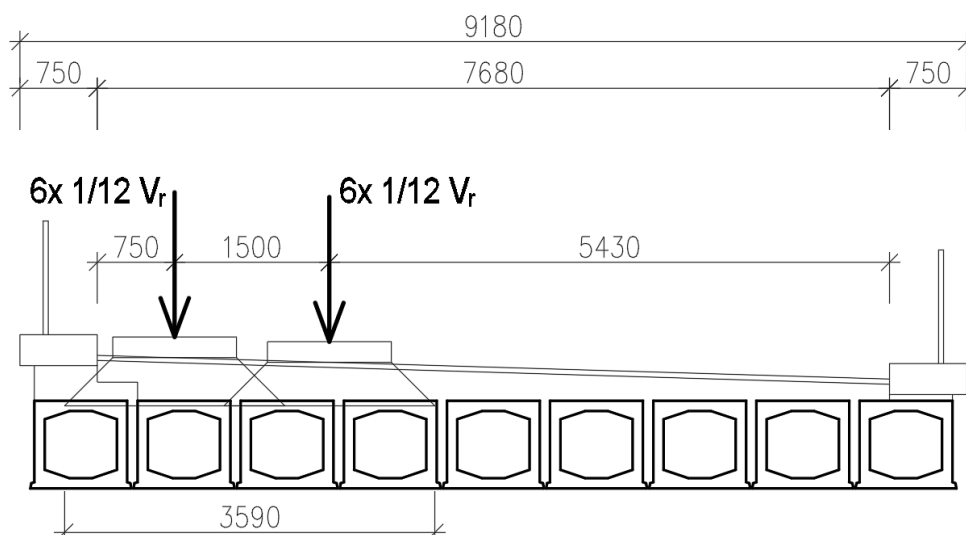
Obr. 18: Schéma zatížení v příčném řezu pro stanovení normální zatížitelnosti – rozhodující poloha pro krajní nosníky vlevo ($V_n \leq 16$ t)



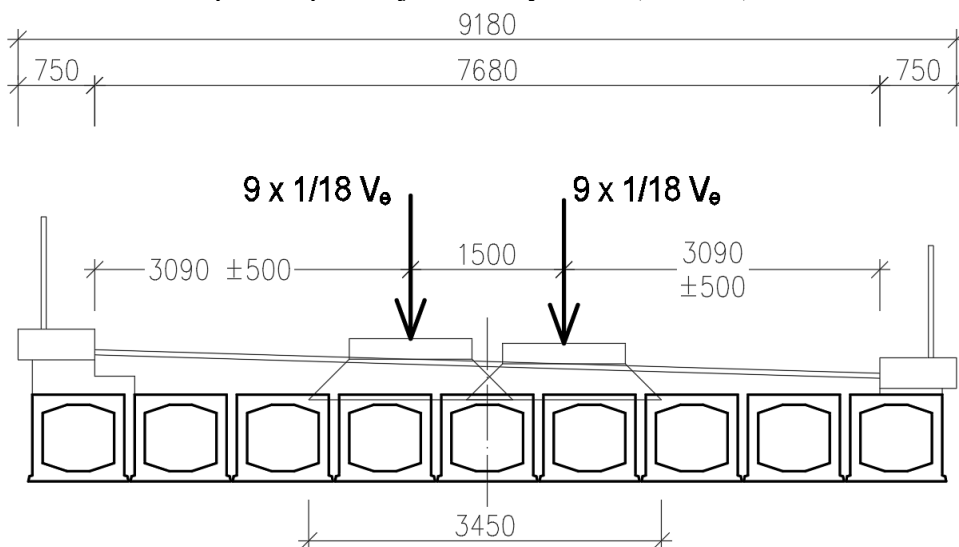
Obr. 19: Schéma zatížení v příčném řezu pro stanovení normální zatížitelnosti – rozhodující poloha pro krajní nosníky vlevo ($V_n = 32$ t)



Obr. 20: Schéma zatížení v příčném řezu pro stanovení výhradní zatížitelnosti – rozhodující poloha pro krajní nosníky vlevo ($V_r \leq 32$ t)



Obr. 21: Schéma zatížení v příčném řezu pro stanovení výhradní zatížitelnosti – rozhodující poloha pro krajní nosníky vlevo ($V_r = 80$ t)



Obr. 22: Schéma zatížení v příčném řezu pro stanovení výjimečné zatížitelnosti

Sestavy zatížení silniční dopravou**Tabulka 7.1 – Sestavy zatížení dopravou pro stanovení normální zatížitelnosti**

Sestava zatížení	Normální zatížení	Vodorovné síly	Zatížení chodníků a cyklistických pruhů
n_1	Charakteristická hodnota podle 7.1 ²⁾	—	Redukovaná hodnota $w_1 = 2,5 \text{ kN/m}^2$
n_2	Častá hodnota (tj. $\psi_{1,1}$ násobek charakteristické hodnoty podle 7.1)	Charakteristická hodnota ²⁾ podle 7.4	—
n_3 ¹⁾	Častá hodnota (tj. $\psi_{1,1}$ násobek charakteristické hodnoty podle 7.1)	—	—
POZNÁMKY ¹⁾ Pro posouzení na únavu ²⁾ Nejúčinnější zatížení			

7.5.2 Doporučené sestavy zatížení pro stanovení normální zatížitelnosti jsou uvedeny v tabulce 7.1, kde součinitel kombinace $\psi_{1,1}$ se uvažuje hodnotou podle kapitoly 10 této normy.

7.5.3 Doporučené sestavy zatížení pro stanovení výhradní zatížitelnosti jsou uvedeny v tabulce 7.2.

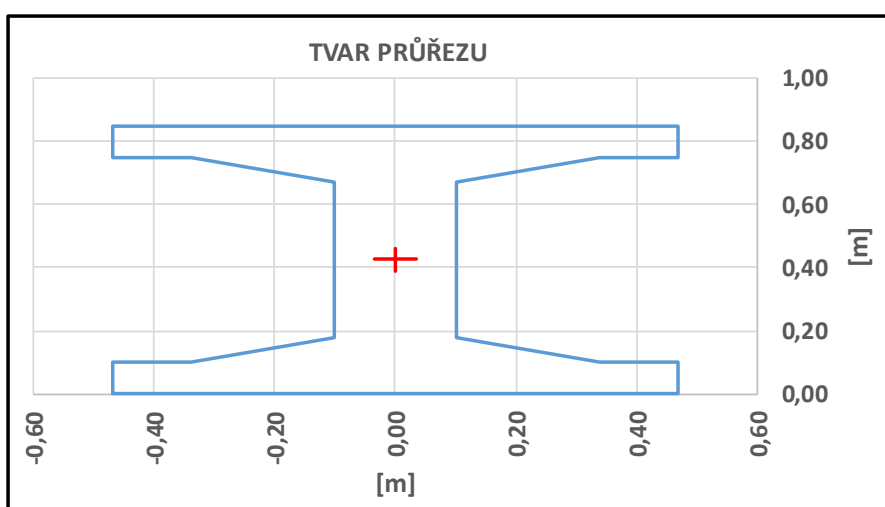
Tabulka 7.2 – Sestavy zatížení dopravou pro stanovení výhradní zatížitelnosti

Sestava zatížení	Výhradní zatížení	Vodorovné síly	Svislé zatížení chodníků a cyklistických pruhů
r_1	Charakteristická hodnota podle 7.2 ¹⁾	—	Redukovaná hodnota $w_1 = 2,5 \text{ kN/m}^2$
r_2	Častá hodnota (tj. $\psi_{1,1}$ násobek charakteristické hodnoty podle 7.2)	Charakteristická hodnota ¹⁾ podle 7.4	—
POZNÁMKA ¹⁾ Nejúčinnější zatížení.			

7.5.4 Pro stanovení výjimečné zatížitelnosti se použije jediná sestava zatížení s charakteristickými hodnotami svislého zatížení podle 7.3.

3.2.3 ZATÍŽENÍ TEPLOTOU

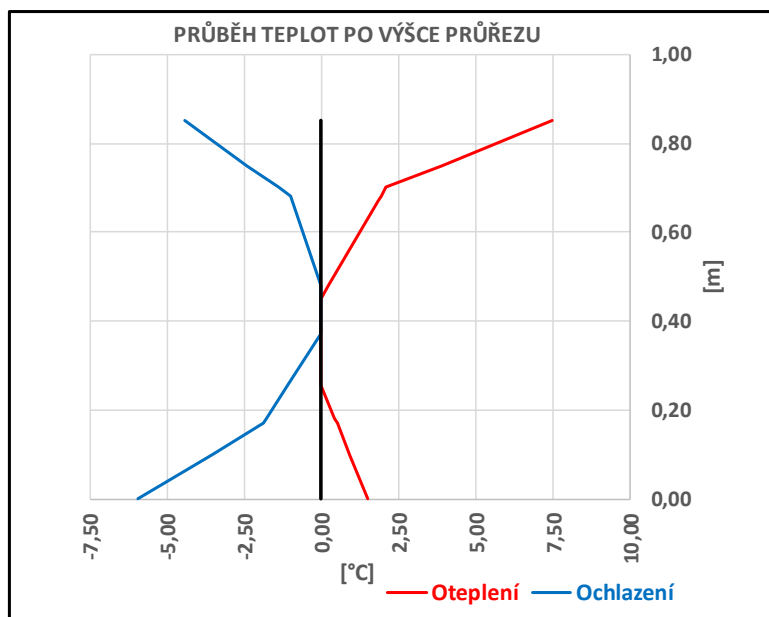
Průřez			
KA-61			
Výška trámu	$h =$	0,850	m
Šířka trámu	$b_w =$	0,200	m
Výška dolní pásnice	$h_d =$	0,100	m
Šířka dolní pásnice od hrany trámu na jednu stranu	$b_{d,i} =$	0,370	m
Výška horní pásnice	$h_h =$	0,100	m
Šířka horní pásnice od hrany trámu na jednu stranu	$b_{h,i} =$	0,370	m
Výška náběhu nahoře	$v_{hn} =$	0,080	m
Výška náběhu dole	$v_{dn} =$	0,080	m
Šířka náběhu nahoře na jednu stranu	$b_{hn} =$	0,240	m
Šířka náběhu dole na jednu stranu	$b_{dn} =$	0,240	m



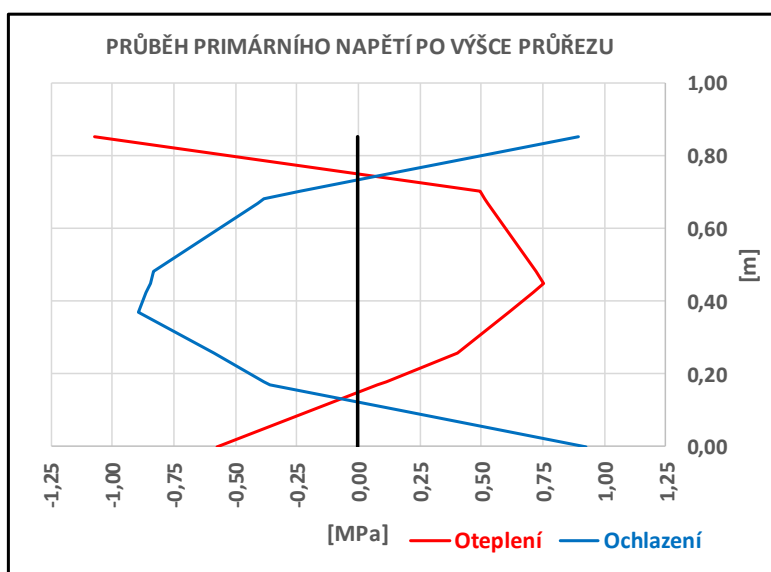
Mostní svršek	tloušťka svršku		
	$h_{\text{svršek}} =$	0,400	m

Plocha	$A =$	0,3564	m^2
Vzdálenost těžiště od zdola	$z_d =$	0,4250	m
Vzdálenost těžiště od shora	$z_h =$	0,4250	m
Moment setrvačnosti	$I_y =$	0,034603	m^4
Modul průřezu v ohybu dolní	$W_{yd} =$	0,081418	m^3
Modul průřezu v ohybu horní	$W_{yh} =$	0,081418	m^3

Charakteristiky materiálu			
Třída betonu	C35/45		
Modul pružnosti	$E_{cm} =$	34 077	MPa
Koeficient teplotní roztažnosti	$\alpha =$	0,000010	K^{-1}



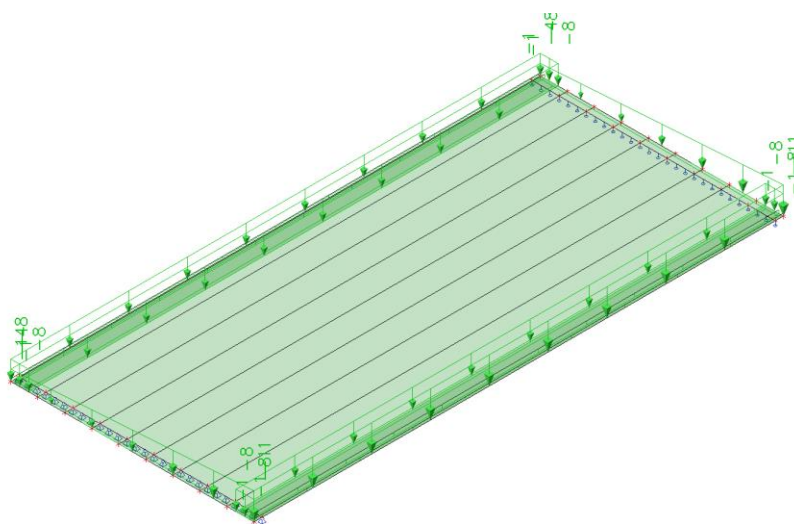
Nerovnoměrné rozložení teploty a průběh primárního napětí po výšce průřezu					
Číslo řezu	z [m]	ΔT [°C]		σ [MPa]	
		Oteplení	Ochlazení	Oteplení	Ochlazení
1	0,850	7,50	-4,45	-1,07	0,89
2	0,750	3,90	-2,41	-0,03	0,14
3	0,700	2,10	-1,38	0,49	-0,24
4	0,680	1,93	-0,98	0,51	-0,39
5	0,670	1,85	-0,93	0,52	-0,41
6	0,480	0,25	0,00	0,72	-0,83
7	0,450	0,00	0,00	0,75	-0,85
8	0,425	0,00	0,00	0,71	-0,86
9	0,370	0,00	0,00	0,61	-0,89
10	0,255	0,00	-1,09	0,40	-0,58
11	0,180	0,44	-1,81	0,11	-0,38
12	0,170	0,50	-1,90	0,08	-0,36
13	0,100	0,91	-3,57	-0,19	0,17
14	0,000	1,50	-5,95	-0,57	0,93



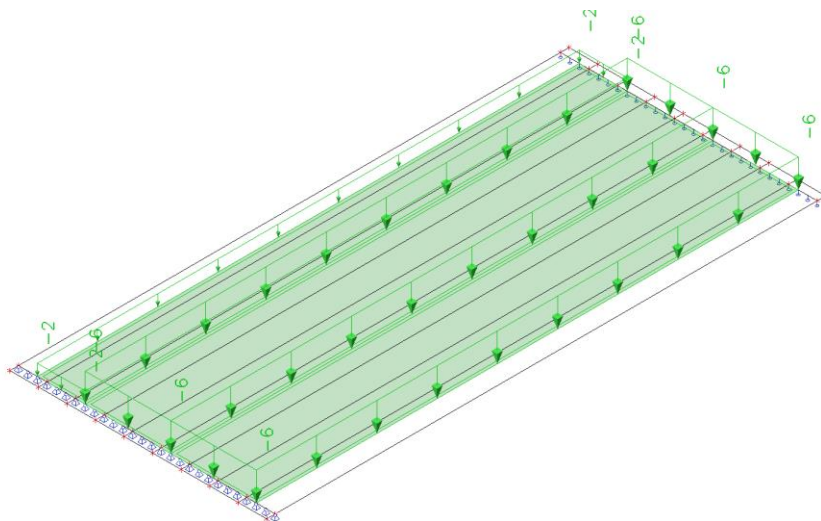
3.3 ZATĚŽOVACÍ STAVY

Zatěžovací stavy

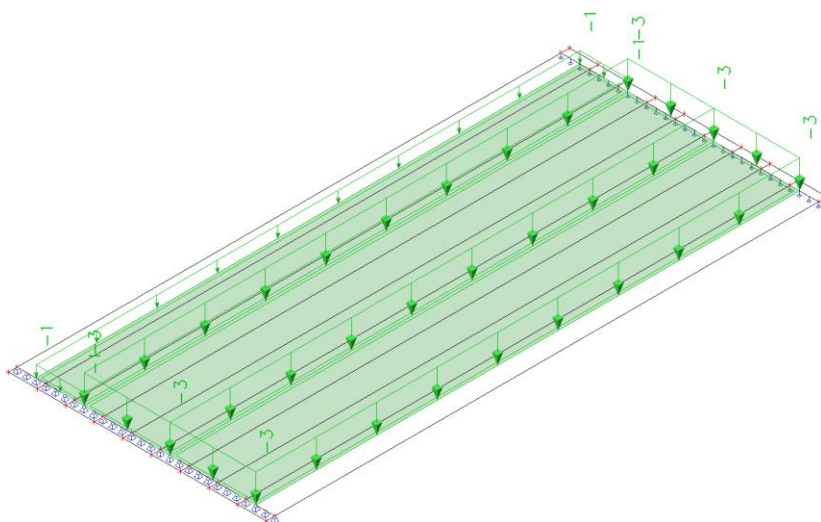
Jméno	Popis	Typ působení	Skupina zatížení	Směr
	Spec	Typ zatížení		
ZS1	Vlastní tíha	Stálé Vlastní tíha	SZ1	-Z
ZS2	Vlastní tíha - ručně	Stálé Standard	SZ1	
ZS3	Ostatní stálé zatížení	Stálé Standard	SZ1	
ZS4	Vn - UDL_1 Standard	Proměnné Statické	Vn - UDL	
ZS7	Vn - TS - max Vz_1 Standard	Proměnné Statické	Vn - TS	
ZS8	Vn - TS - max My_1a Standard	Proměnné Statické	Vn - TS	
ZS9	Vn - TS - max My_1b Standard	Proměnné Statické	Vn - TS	
ZS16	Vr - max Vz_1a Standard	Proměnné Statické	Vr	
ZS18	Vr - max My_1a Standard	Proměnné Statické	Vr	
ZS28	Ve - max Vz_1 Standard	Proměnné Statické	Ve	
ZS29	Ve - max My_1 Standard	Proměnné Statické	Ve	
ZS30	Ve - max Vz_2 Standard	Proměnné Statické	Ve	
ZS31	Ve - max My_2 Standard	Proměnné Statické	Ve	
ZS32	Vn_16t_ - UDL_1 Standard	Proměnné Statické	Vn16t - UDL1	
ZS33	Vn_16t_ - TS - max Vz_1 Standard	Proměnné Statické	Vn16t - TS1	
ZS34	Vn_16t_ - TS - max My_1a Standard	Proměnné Statické	Vn16t - TS1	
ZS36	Vr_32t_ - max Vz_1a Standard	Proměnné Statické	Vr32t	
ZS37	Vr_32t_ - max My_1a Standard	Proměnné Statické	Vr32t	



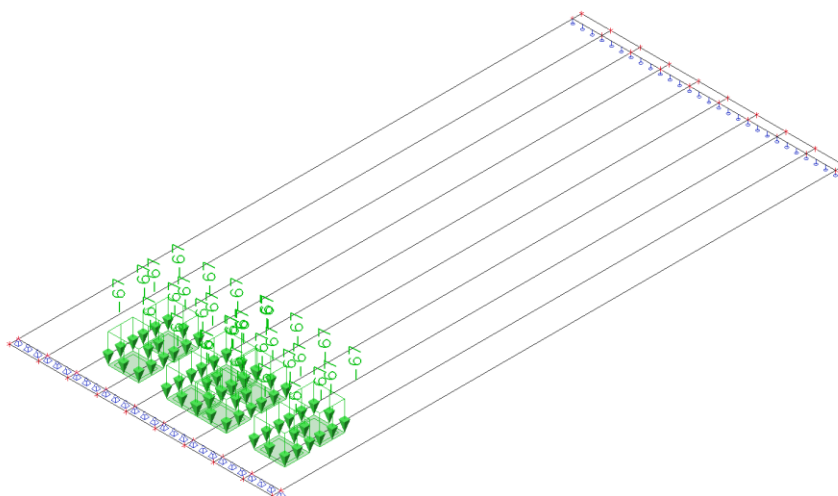
Obr. 23: ZS3 – Ostatní stálé zatížení - [kN/m, kN/m²]



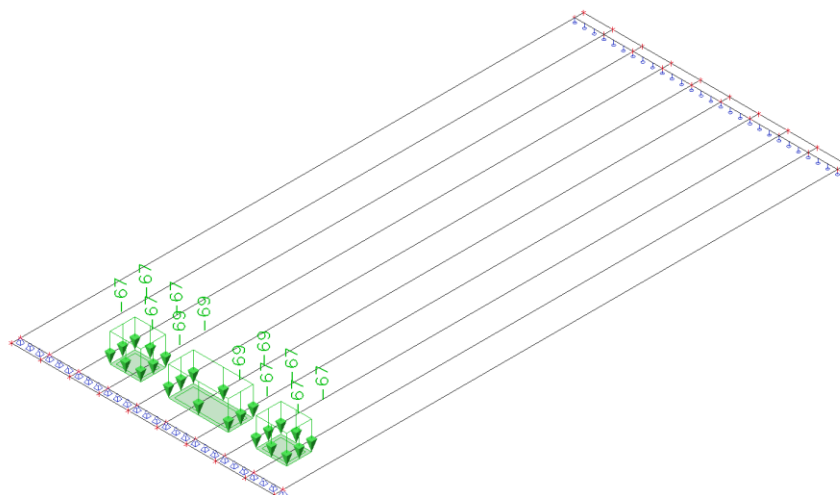
Obr. 24: ZS4 – Vn_UDL - [kN/m²] (Vn=32t)



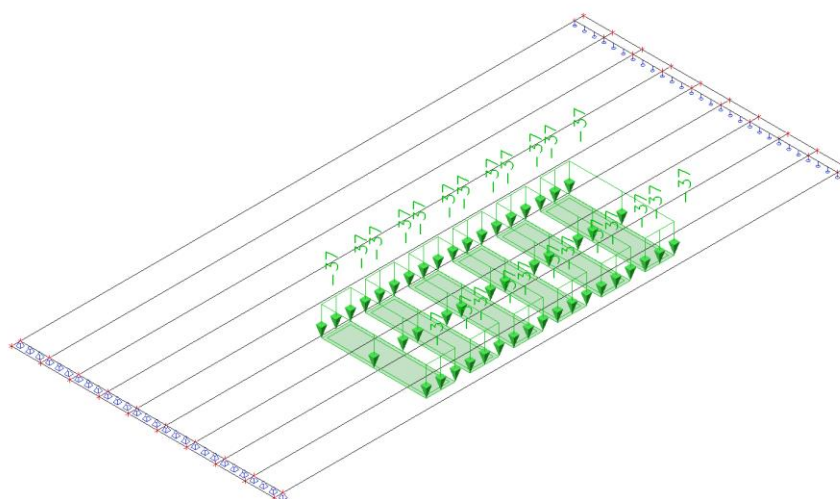
Obr. 25: ZS32 – Vn_UDL - [kN/m²] (Vn≤16 t)



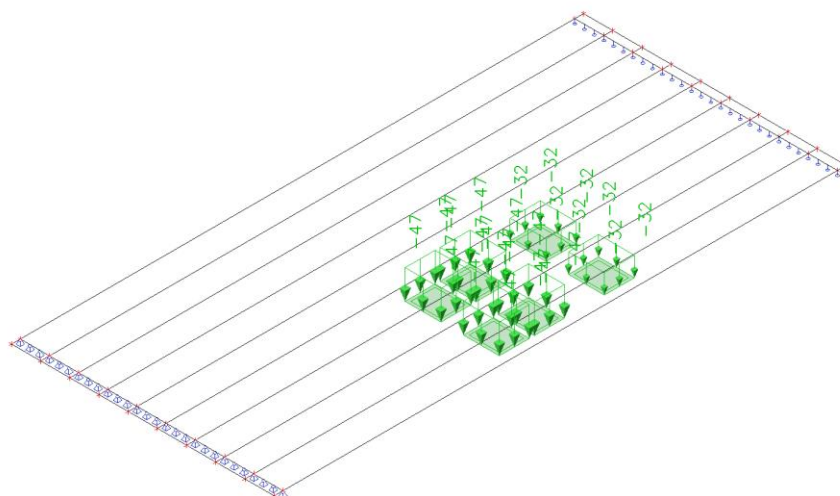
Obr. 26: ZS7 – Vn_TS_max_Vz - [kN/m] (Vn=32 t; pro ostatní případy analogicky)



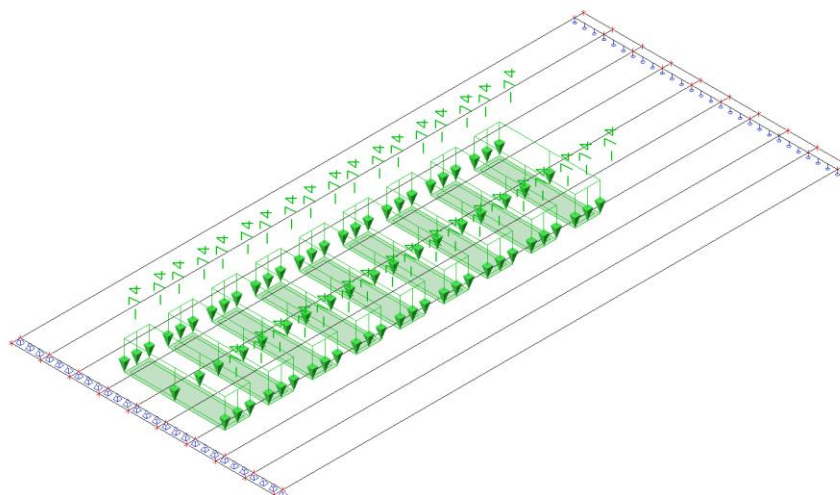
Obr. 27: ZS33 – $V_{n_TS_max_Vz}$ - [kN/m] ($V_n \leq 16$ t; pro ostatní případy analogicky)



Obr. 28: ZS18 – $V_{r_max_My}$ - [kN/m] ($V_r = 80$ t; pro ostatní případy analogicky)



Obr. 29: ZS37 – $V_{r_max_My}$ - [kN/m] ($V_r \leq 32$ t; pro ostatní případy analogicky)



Obr. 30: ZS28 – Ve_max_Vz - [kN/m] (ostatní případy analogicky)

3.4 KOMBINACE ZATÍŽENÍ

10.1 Mezní stavy únosnosti

10.1.1 Kombinace zatížení pro stanovení zatížitelnosti mostu s ohledem na mezní stavy únosnosti se stanoví podle ČSN EN 1990 a příslušných evropských norem pro navrhování.

V těchto kombinacích je $Q_{k,1}$ charakteristická hodnota proměnného zatížení pro nejúčinnější sestavu zatížení dopravou stanovená pro příslušnou zatížitelnost V_{tr} , V_r , V_e podle kapitoly 7. Součinitel kombinace pro stanovení příslušné zatížitelnosti je zaveden hodnotou $\psi_{0,1} = 0,75$.

A.2.3 Při stanovení zatížitelnosti mostu podle základní kombinace zatížení dané dvojicí vztahů (6.10a) a (6.10b) v ČSN EN 1990:2004 se ohybový moment M_{Ed} stanoví jako větší hodnota ze vztahů:

$$M_{Ed,a} = \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot M_{Gk,j} + \gamma_V \cdot \psi_{0,1} \cdot M_{Vk,c} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot M_{Qk,i} \quad (A.3a)$$

$$M_{Ed,b} = \sum_{j \geq 1} \xi \cdot \gamma_{G,j} \cdot M_{Gk,j} + \gamma_V \cdot M_{Vk,c} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot M_{Qk,i} \quad (A.3b)$$

kde je

$\gamma_{G,j}$ součinitel j -tého stálého zatížení;

γ_V součinitel uvažovaného proměnného zatížení dopravou pro stanovení zatížitelnosti mostu. Hodnota γ_V je rovna hodnotě γ_Q pro zatížení silniční dopravou a/nebo chodci podle ČSN EN 1990;

$\gamma_{Q,i}$ součinitel i -tého proměnného zatížení;

$M_{Gk,j}$ charakteristická hodnota ohybového momentu od j -tého zatížení stálého;

$M_{Vk,c}$ charakteristická hodnota ohybového momentu od proměnného zatížení dopravou odpovídajícího hledané zatížitelnosti mostu (normální $c = 1$, výhradní $c = 2$ nebo výjimečné $c = 3$). V této veličině musí být zahrnut i vliv dynamických účinků zatížení dopravou;

$M_{Qk,i}$ charakteristická hodnota ohybového momentu od i -tého (vedlejšího) proměnného zatížení;

$\psi_{0,i}$ součinitel kombinace pro i -té proměnné (vedlejší) zatížení;

$\psi_{0,1} = 0,75$ součinitel kombinace pro stanovení zatížitelnosti,

$\xi = 0,85$ redukční součinitel pro stálá zatížení.

10.2 Mezní stavy použitelnosti

10.2.1 Kombinace zatížení pro stanovení zatížitelnosti mostu s ohledem na mezní stavy použitelnosti se stanoví podle ČSN EN 1990.

V těchto kombinacích je $Q_{k,1}$ charakteristická hodnota proměnného zatížení pro nejúčinnější sestavu zatížení dopravou stanovená pro příslušnou zatížitelnost V_n , V_r , V_e podle kapitoly 7. Součinitel kombinace pro stanovení příslušné zatížitelnosti je zaveden hodnotou $\psi_{1,1} = 0,75$.

A.3.3 Pokud se použije charakteristická kombinace zatížení pro mezní stav použitelnosti podle vztahu (6.14a) a (6.14b) z ČSN EN 1990:2004, pak se pro stanovení podmínky zatížitelnosti použije funkce:

$$E_{d,s} = f \left(\sum_{j \geq 1} G_{k,j} \cdot \delta \cdot V_{k,c} \cdot \sum_{i \geq 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \right) = C_d \quad (\text{A.11})$$

kde je

δ dynamický součinitel (podle kapitoly 8 této ČSN);

$V_{k,c}$ charakteristická hodnota zatížení pro příslušnou zatížitelnost (index c).

A.3.4 Pokud se použije častá kombinace zatížení pro mezní stav použitelnosti podle vztahu (6.15a) a (6.15b) z ČSN EN 1990:2004, pak se pro stanovení podmínky zatížitelnosti použije funkce:

$$E_{d,s} = f \left(\sum_{j \geq 1} G_{k,j} \cdot \delta \cdot \psi_{1,1} \cdot V_{k,c} \cdot \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right) = C_d \quad (\text{A.12})$$

kde je

$\psi_{1,1}$ součinitel pro častou hodnotu zatížení v příslušné zatížitelnosti uvažovaný hodnotou $\psi_{1,1} = 0,75$;

$\psi_{2,i}$ jsou součinitele pro kvazistálé hodnoty ostatních proměnných zatížení.

Kombinace

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
Vn1		Obálka - použitelnost	ZS4 - Vn - UDL_1	1,000
			ZS7 - Vn - TS - max Vz_1	1,000
			ZS8 - Vn - TS - max My_1a	1,000
			ZS9 - Vn - TS - max My_1b	1,000
Vr		Obálka - použitelnost	ZS16 - Vr - max Vz_1a	1,000
			ZS18 - Vr - max My_1a	1,000
Ve		Obálka - použitelnost	ZS28 - Ve - max Vz_1	1,000
			ZS29 - Ve - max My_1	1,000
			ZS30 - Ve - max Vz_2	1,000
			ZS31 - Ve - max My_2	1,000
Vn16t		Obálka - použitelnost	ZS32 - Vn_16t - UDL_1	1,000
			ZS33 - Vn_16t - TS - max Vz_1	1,000
			ZS34 - Vn_16t - TS - max My_1a	1,000
Vr32t		Obálka - použitelnost	ZS36 - Vr_32t - max Vz_1a	1,000
			ZS37 - Vr_32t - max My_1a	1,000

4 STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI

4.1 VŠEOBECNĚ

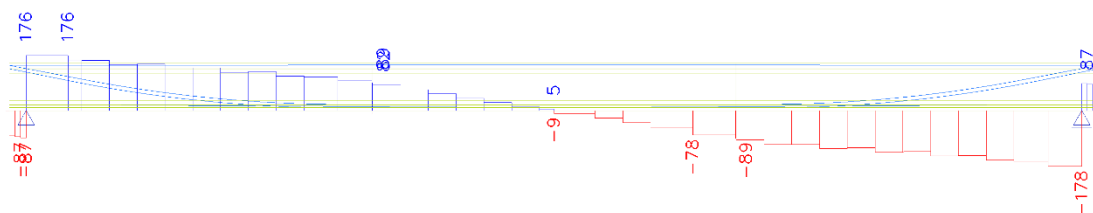
Zatížitelnost je stanovena podrobným přepočtem mostního objektu. Odolnost rozhodujících prvků konstrukce v jednotlivých mezních stavech je stanovena podle příslušných částí ČSN EN. S ohledem na charakter konstrukce (předpjatá konstrukce s relativně nízkým využitím betonu v tlaku) se zatížitelnost s ohledem na únavu nestanovuje.

4.2 VNITŘNÍ SÍLY TDA

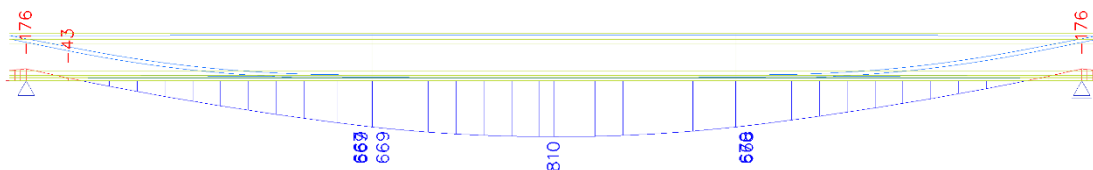
N [kN] – normálová síla



Vz [kN] – posouvající síla



My [kNm] – ohybový moment

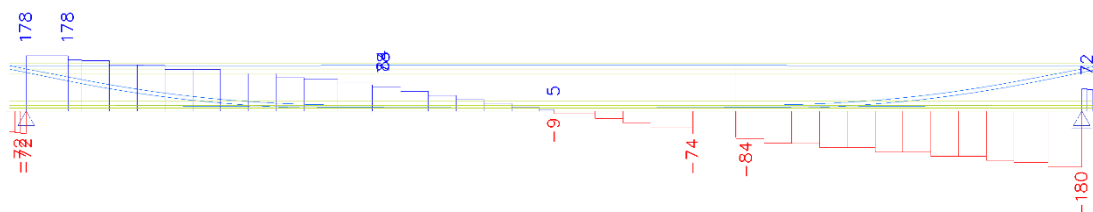


Obr. 31: Vnitřní síly (UDP) – charakteristické hodnoty

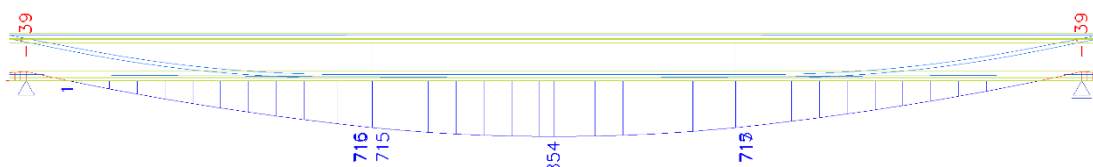
N [kN] – normálová síla



Vz [kN] – posouvající síla

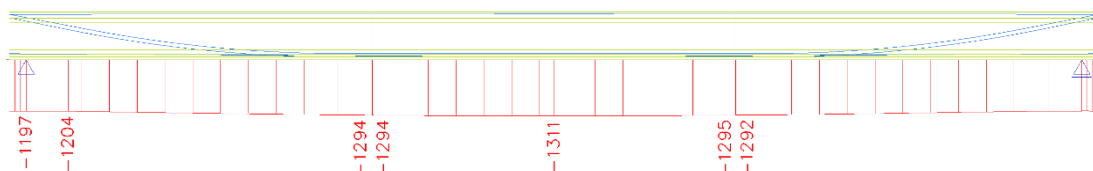


My [kNm] – ohybový moment

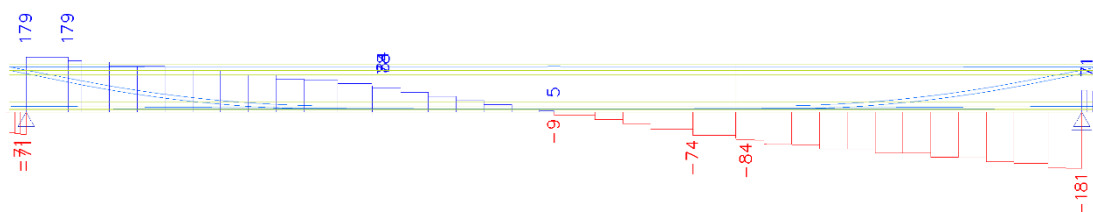


Obr. 32: Vnitřní síly (59 let – aktuální stáří) – charakteristické hodnoty

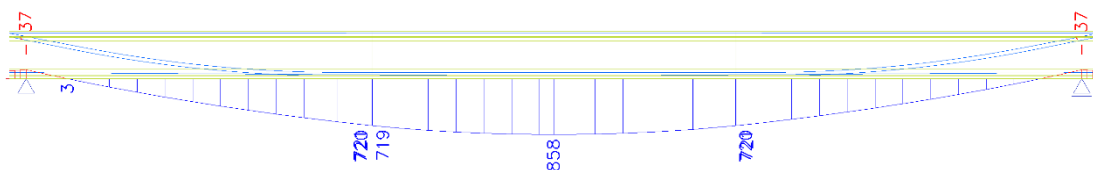
N [kN] – normálová síla



Vz [kN] – posouvající síla



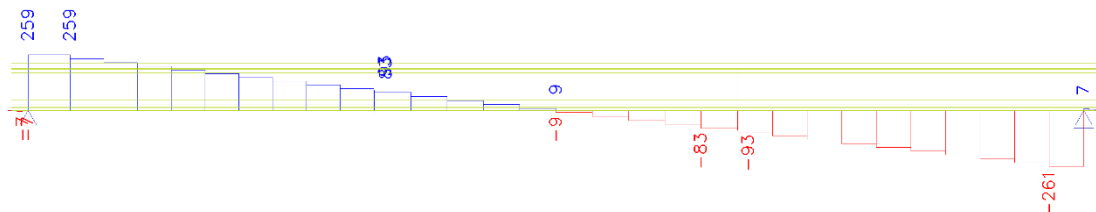
My [kNm] – ohybový moment



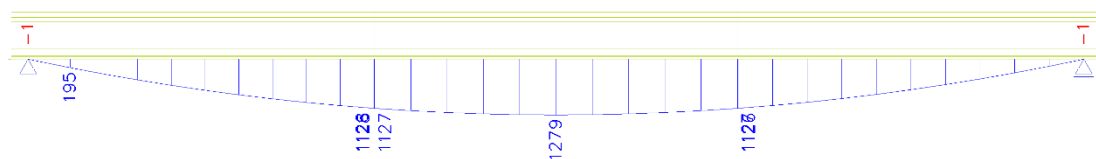
Obr. 33: Vnitřní síly (100 let – KŽ) – charakteristické hodnoty

4.3 VNITŘNÍ SÍLY TDA (POUZE STÁLÉ)

Vz [kN] – posouvající síla

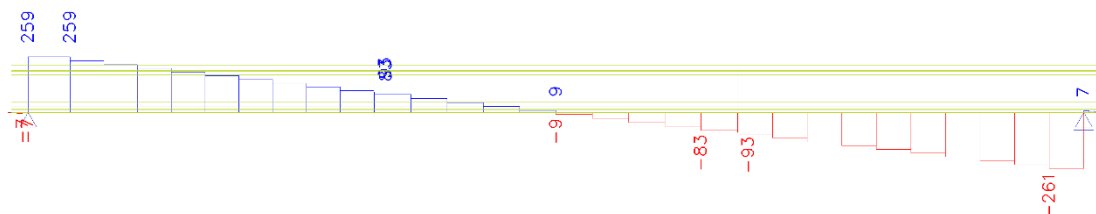


My [kNm] – ohybový moment



Obr. 34: Vnitřní síly (UDP) – charakteristické hodnoty

Vz [kN] – posouvající síla

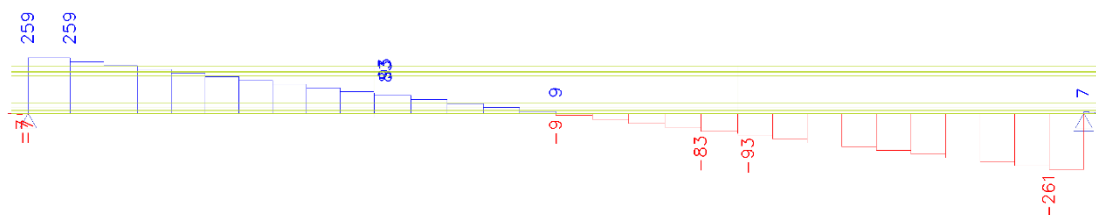


My [kNm] – ohybový moment

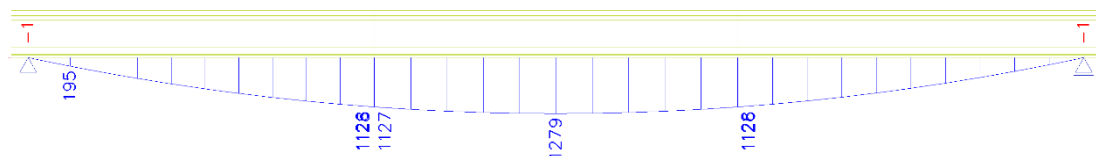


Obr. 35: Vnitřní síly (59 let – aktuální stáří) – charakteristické hodnoty

Vz [kN] – posouvající síla



My [kNm] – ohybový moment



Obr. 36: Vnitřní síly (100 let – konec životnosti) – charakteristické hodnoty

Tab. 5: Ztráty předpětí

Výpočet předpínací síly

napětí 1310 MPa

plocha 1352 mm²

Předpínací síla 1771 kN

	UDP		59 let		100 let	
	N [kN]	ztráty [%]	N [kN]	ztráty [%]	N [kN]	ztráty [%]
Podpora	-1487	16,0%	-1214	31,5%	-1197	32,4%
Spára 1	-1501	15,3%	-1311	26,0%	-1294	26,9%
Střed rozpětí	-1509	14,8%	-1327	25,1%	-1311	26,0%

Tab. 6: Vnitřní síly v zadaných řezech (TDA)

TDA (předpětí+stálé)		UDP			55 let			100 let		
		N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
osa podpory	řez 1	-1487	176	-176	-1214	178	-139	-1197	179	-137
d od podpory	řez 2	-1487	176	-43	-1220	178	1	-1204	179	3
spára 1	řez 3	-1501	89	669	-1311	84	715	-1294	84	720
střed rozpětí	řez 4	-1509	9	810	-1327	9	854	-1311	9	858

Tab. 7: Vnitřní síly v zadaných řezech (TDA pouze stálé)

TDA (stálé)		UDP			55 let			100 let		
		N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
osa podpory	řez 1	0	259	0	0	259	0	0	259	0
d od podpory	řez 2	0	259	195	0	259	195	0	259	195
spára 1	řez 3	0	93	1128	0	93	1128	0	93	1128
střed rozpětí	řez 4	0	9	1279	0	9	1279	0	9	1279

Tab. 8: Vnitřní síly v zadaných řezech (TDA pouze předpětí)

TDA (dopočtené předpětí)		UDP			55 let			100 let		
		N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
osa podpory	řez 1	-1487	-83	-176	-1214	-81	-139	-1197	-80	-137
d od podpory	řez 2	-1487	-83	-238	-1220	-81	-194	-1204	-80	-192
spára 1	řez 3	-1501	-4	-459	-1311	-9	-413	-1294	-9	-408
střed rozpětí	řez 4	-1509	0	-469	-1327	0	-425	-1311	0	-421

4.4 VNITŘNÍ SÍLY

Tab. 9: Vnitřní síly od vlastní tíhy – charakteristické hodnoty

Krajní nosník

$f = 10,17 \text{ kN/m}$

$L = 19 \text{ m}$

řez	staničení	Vz	My
	[m]	[kN]	[kNm]
podpora	0,000	97	0
d od podpory	0,783	89	73
spára s1	6,280	33	406
střed rozpětí	9,500	0	459

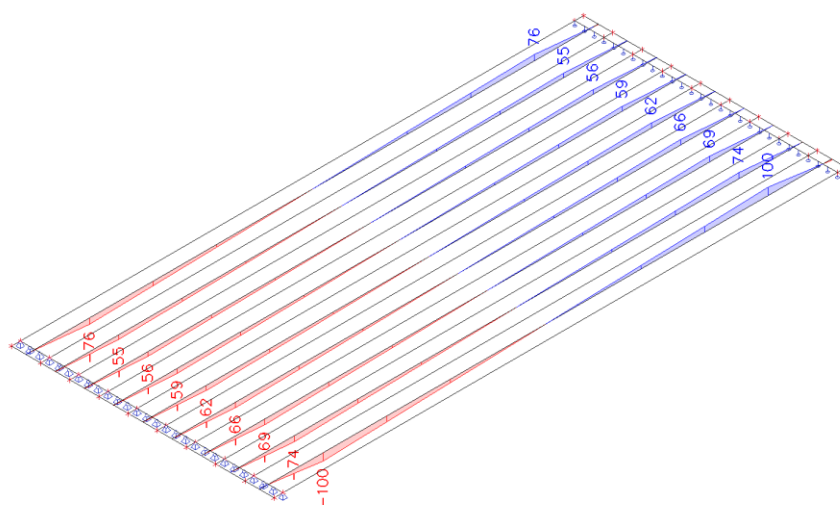
Střední nosník

$f = 11,19 \text{ kN/m}$

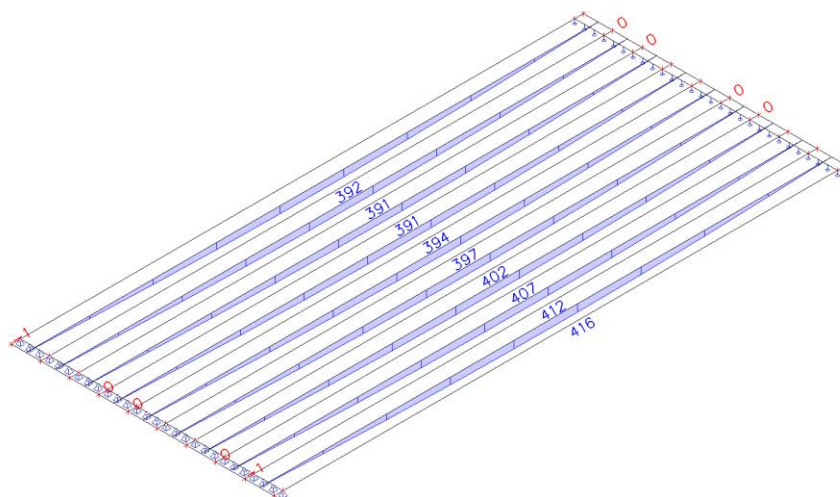
$L = 19 \text{ m}$

řez	staničení	Vz	My
	[m]	[kN]	[kNm]
podpora	0,000	106	0
d od podpory	0,783	98	80
spára s1	6,280	36	447
střed rozpětí	9,500	0	505

Vz [kN] – posouvající síla

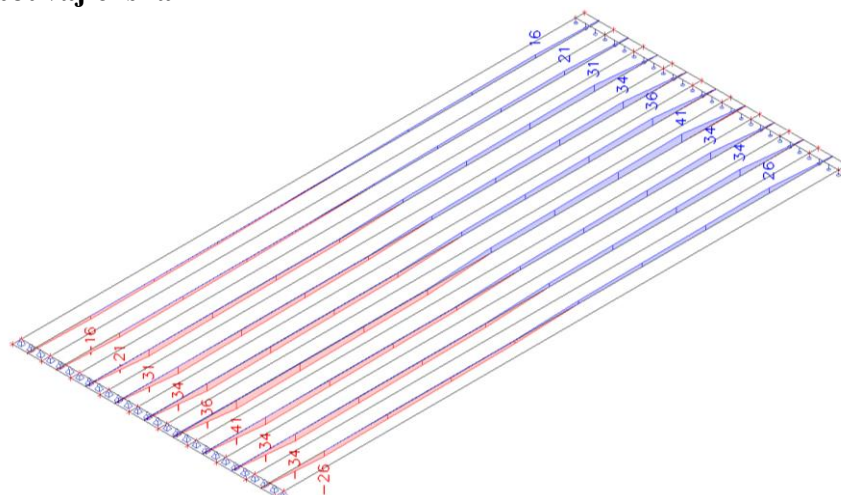


My [kNm] – ohybový moment

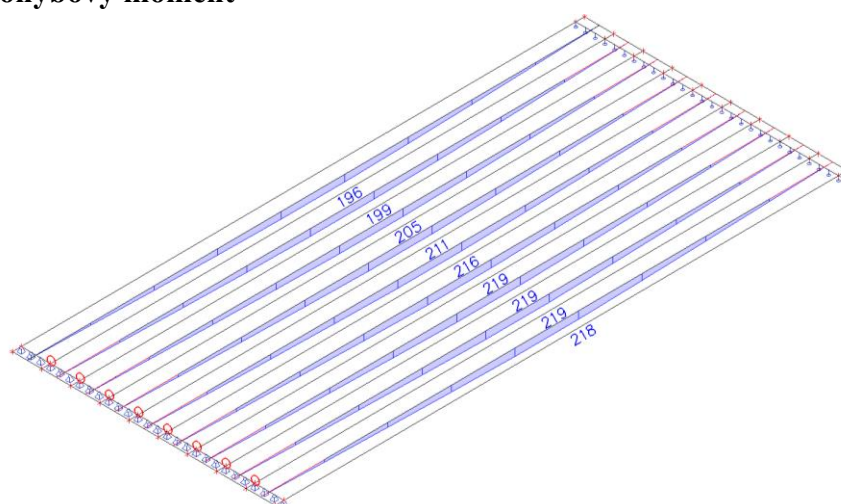


Obr. 37: Vnitřní síly od ostatního stálého zatížení – charakteristické hodnoty

Vz [kN] – posouvající síla

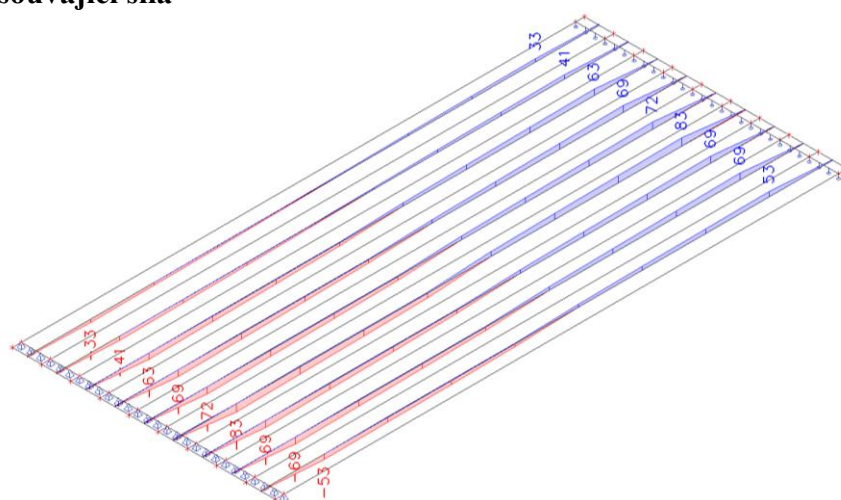


My [kNm] – ohybový moment



Obr. 38: Vnitřní síly od $V_n \leq 16$ t – charakteristické hodnoty

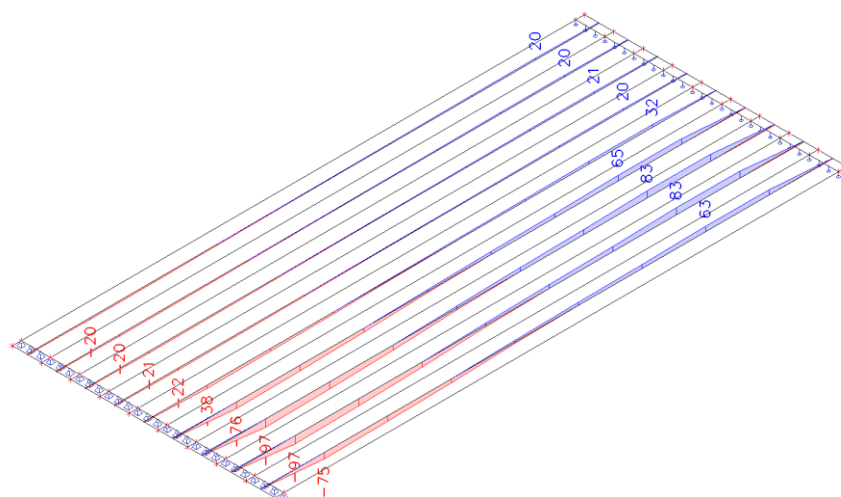
Vz [kN] – posouvající síla



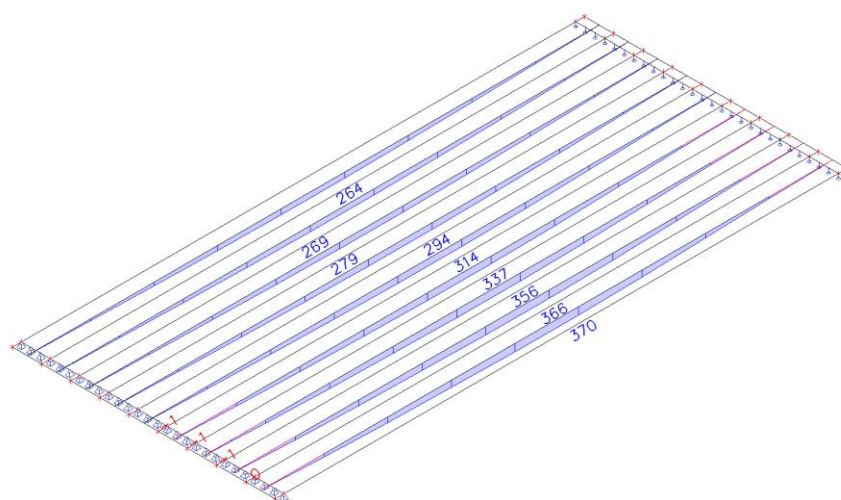
A 3D visualization of a 10x10x10 grid. The grid is composed of lines and numbers. Red lines and numbers are visible on the front and side faces, while blue lines and numbers are visible on the top and back faces. The numbers range from -9 to 35. The grid is shown in a perspective view, with the front face at the bottom and the back face at the top.

40

Vz [kN] – posouvající síla

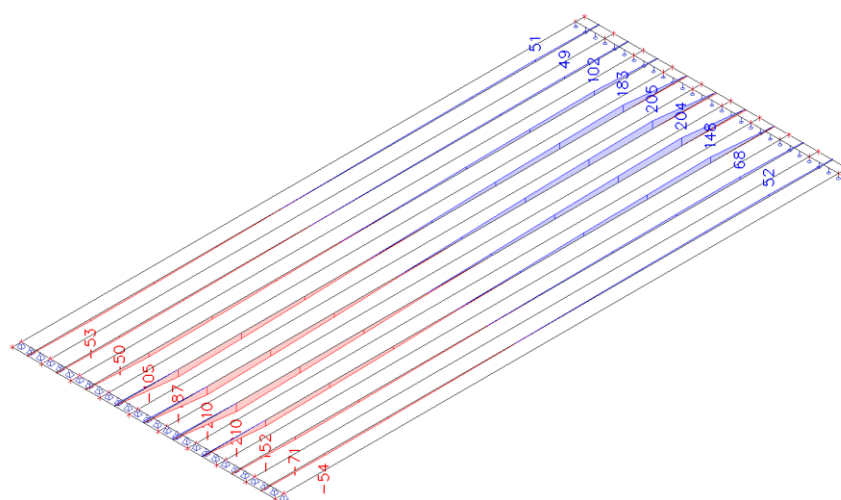


My [kNm] – ohybový moment

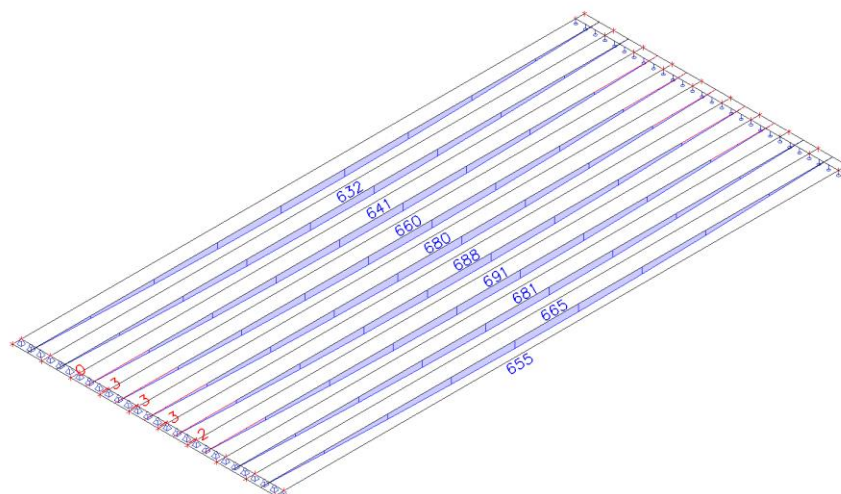


Obr. 41: Vnitřní síly od Vr=80 t – charakteristické hodnoty

Vz [kN] – posouvající síla



My [kNm] – ohybový moment



Obr. 42: Vnitřní síly od V_e – charakteristické hodnoty

Tab. 10: Posouvající vnitřní síly ve vzdálenosti d od podpory ($V_n \leq 16$ t; $V_r \leq 32$ t)

Nosník	posouvající síla V_z - Obálky ZS ze SCIA				
č.	g_0	$g-g_0$	V_n	V_r	V_e
[-]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
B1	89	118	34	59	50
B2	97	85	46	54	46
B3	97	79	45	54	105
B4	97	75	59	46	188
B5	97	71	49	13	208
B6	97	67	44	9	185
B7	97	63	41	8	101
B8	97	62	22	8	46
B9	89	88	17	8	50

Tab. 11: Ohybové momenty ve středu rozpětí a ve spáře ($V_n \leq 16$ t; $V_r \leq 32$ t)

	Nosník	ohybové momenty M_y - Obálky ZS ze SCIA				
	č.	g_0	$g-g_0$	V_n	V_r	V_e
	[-]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
střed rozpětí	B1	459	421	229	184	643
	B2	505	417	232	180	653
	B3	505	412	233	172	672
	B4	505	407	235	160	691
	B5	505	403	230	144	698
	B6	505	399	223	132	690
	B7	505	397	216	124	670
	B8	505	396	206	119	651
	B9	459	397	200	116	641
spára	B1_s	406	373	175	125	557
	B2_s	447	369	176	123	567
	B3_s	447	364	176	120	585
	B4_s	447	359	175	114	605
	B5_s	447	355	173	109	612
	B6_s	447	351	171	104	604
	B7_s	447	349	168	100	584
	B8_s	447	349	166	97	565
	B9_s	406	350	164	96	556

Poznámka:

	V_n	V_r	V_e	
δ	1,20	1,25	1,05	dynamické součinitele (započítány v excelu, neuvažovány ve SCIA) odpovídající hodnoty zatížitelnosti pro aplikované zatížení ve SCIA
[t]	16	32	196	

Tab. 12: Aplikované kombinační součinitele zatížení

Komb. zat.	g + g ₀		q-chodník		q-doprava		Větr		teplota	
	γ	ψ	γ	ψ	γ	ψ	γ	ψ	γ	ψ
char.	1	1	1	1	1	1	1	0,6	1	0,6
častá	1	1	1	0,75	1	0,75	1	0	1	0,6
kvazi	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0,5
6.10a	1,35	1	1,35	0,75	1,35	0,75	1,5	0,6	1,5	0,6
6.10b	1,35	0,85	1,35	1	1,35	1	1,5	0,6	1,5	0,6
6.10	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,5	0,6	1,5	0,6

4.5 POSOUZENÍ PRŮŘEZŮ

4.5.1 MSÚ – OHYBOVÁ ODOLNOST

Odolnost nosné konstrukce v MSÚ je stanovena na základě výpočtu mezní odolnosti průřezu metodou mezních přetvoření. Charakteristiky jednotlivých materiálů jsou stanoveny podle kap. 2.5 tohoto statického výpočtu.

Příklady výpočtu mezní odolnosti jsou uvedeny v následujících obrázcích a tabulkách.

MSÚ - Posouzení ohyb s normálovou silou											
Metoda mezních přetvoření											
Beton			Předpínací výztuž			Betonářská výztuž					
E_{cm}	34 GPa		E_p	205 GPa		E_s	200 GPa		f_{yk}	400 MPa	
f_{cd}	21,00 MPa		$f_{p0,1d}$	1097,6 MPa		f_{yd}	333 MPa		γ_s	1,2 -	
ϵ_{c3}	1,75 ‰		f_{pd}	1097,6 MPa		$k=f_y/f_y$	1,08 -		\emptyset	32 mm	
ϵ_{cu3}	3,50 ‰		ϵ_{uk}	11,00 [‰]		ϵ_{uk}	50 ‰		počet	0 ks	
			ϵ_{ud}	9,90 [‰]		$\epsilon_{ud}/\epsilon_{uk}$	0,9 -				
			$A_{p,dolní}$	1777 mm ²		A_s	0 mm ²				
			$e_{d,dolní}$	0,060 m		e_d	0,080 m				
			zpevnění:	0		zpevnění:	1				

Beton

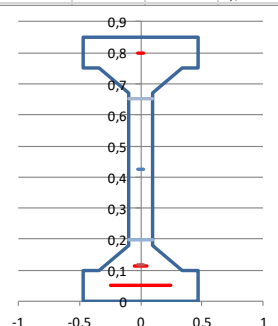
ε [‰]	σ [MPa]
-4	21
-3.5	21
-1.75	21
0	0

Předpínací výztuž

ε [‰]	σ [MPa]
0	0
5.5	1097.6
10	1097.6

Betonářská výztuž

ε [‰]	σ [MPa]
0	0
2	324
45	324

Nosník KA-61/18 dl. 19,6 m- střed rozpětí													
Geometrie náhradní průřez					štitlost:		Materiály						
h =	0,850	m	výška trámu	1	L _v	Předpínací výztuž:							
b _w =	0,200	m	šířka trámu	22		PZ	4,5	mm					
h _d =	0,100	m	výška dolní pásnice			A ₁ =	15,9	mm ²	plocha průřezu 1 drátu				
b _{d,i} =	0,370	m	šířka dolní p. od hrany trámu na jednu stranu			d =	0,032	m	průměr kanálku PV				
h _n =	0,100	m	výška horní pásnice			σ _{p,in} =	1310	MPa	napínací napětí				
b _{n,i} =	0,370	m	šířka horní p. od hrany trámu na jednu stranu			f _{pk} =	1650	MPa	char. pevnost v tahu				
v _{hn} =	0,08	m	výška náběhu nahoře			f _{p,0,1,k} =	1262,25	MPa	0,935 σ _{0,2}				
v _{dn} =	0,08	m	výška náběhu dole			γ _s =	1,15		díleč souč. spolehlivosti				
b _{hn} =	0,24	m	šířka náběhu nahoře na jednu stranu			f _{pd} =	1434,8	MPa					
b _{dn} =	0,24	m	šířka náběhu dole na jednu stranu			E _p =	205	[GPa]	(dráty 205, lana 195)				
L _v =	19	m	rozpětí				15%	ztráty UDP					
							26%	ztráty KŽ					
Beton C35/45	f _{ck} =	35,00	MPa	E _{cm} =	34,00	GPa	25%	oslabení průřezové plochy předp. výzt.					
γ _c =	1,5	f _{cd} =	21,00	MPa	φ _(∞, 10) =	2,5	σ _{p,0} =	1114	MPa	napětí ve výztuži v UDP			
α _{cc} =	0,9	E _{cm} =	34	GPa	E _{c,eff} =	9,71	GPa	σ _{p,kz} =	969	MPa	napětí ve výztuži na KŽ		
Plný průřez					Oslabený průřez								
A _c =	0,3564	m ²	plocha plného průřezu		A _{c0} =	0,344	m ²	oslabená plocha průřezu - beton					
I _y =	0,0346	m ⁴	moment setrvačnosti plného průřezu		I _{y,0} =	0,03375	m ⁴	moment setrv. oslab. průřezu					
e _{t,d} =	0,4250	m	těžiště průřezu od dolních vláken		e _{t,d,0} =	0,434	m	těžiště průřezu od dolních vláken					
e _{t,h} =	0,4250	m	těžiště průřezu od horních vláken		e _{p,0} =	0,319	m						
W _{y,d} =	0,0814	m ³	průřezový modul pro dolní vlákna		Ideální průřez UDP								
W _{y,h} =	0,0814	m ³	průřezový modul pro horní vlákna		KŽ								
r _h =	0,2284	m	jádrová úsečka (nahoru od těžiště)		m = E _p /E _c =	6,03	21,10	pracovní součinitel					
r _d =	0,2284	m	jádrová úsečka (dolu od těžiště)		A _{ci} =	0,356	0,385	m ²	plocha ideálního průřezu				
					I _{y,i} =	0,03492	0,03786	m ⁴	moment setrv. ideálního průřezu				
					e _{t,d,i} =	0,424	0,401	m	těžiště průřezu od dolních vláken				
					e _{p,i} =	0,308	0,285						
Poloha předpínacích kabelů													
průřez uprostřed rozpětí													
počet kanálků	počet lan	výšk. kóta	exc.k těž.										
11	125	0,05	0,375										
2	24	0,115	0,310										
0	0	0	0,425										
0	0	0	0,425										
0	0	0	0,425										
0	0	0	0,425										
0	0	0	0,425										
2	12	0,8	-0,375										
15	161												
n =	15	ks	počet kanálků		A _k =	0,012064	m ²	plocha kanálků					
e _{ak} =	0,159	m	těžiště od dolních vláken		e _{dp} =	0,116	m	těžiště od dolních vláken					
n =	161		celkový počet lan		A _p =	1920	mm ²	celková plocha předp. výztuže					
A _p =	0,001920	m ²	celková plocha předp. výztuže		e _{dp,dolní} =	0,060	m	těžiště spodních lan od dolních v					
e _p =	0,309	m	celková excentricita od těžiště		e _{p,dolní} =	0,365	m	excentricita pouze spodních lan					
P _{in} =	-3354,4	kN	napínací síla										
Stav dekomprese					Typ porušení - předpoklad dosažení mezního přetvoření v obou materiálech								
σ _{cp} =	-3,0	MPa	Napětí v betonu v okolí kabelu		x ₁ =	0,351	m	Tlačená oblast					
σ _p ⁰ =	1131,8	MPa	Základní napětí v předpínací výztuži		F _c =	2713,2	kN	Síla v betonu					
P ⁰ =	2173,6	kN	Základní předpínací síla		ΔF _p =	-60,8	kN	Zbytková síla v předpínací výztuži					
N _{pp} ⁰ =	-2173,6	kN	Primární N		F _s =	0,0	kN						
M _{pp} ⁰ =	-670,3	kNm	Primární M		R = ΔF _p + N _{pp} + F _s - F _c =	-600,4	kN						
ε _p ⁰ =	5,52	‰	přetvoření PV při stavu dekomprese		R < 0 kN => Rozhoduje porušení výztuže (=> zmenšit x)								
Iterace neutrální osy			Měnit x, dokud R = 0										
x =	0,138	m	R =	0,0	kN	2112,8	=	2112,8	kN				
ε _c =	0,93	‰	ε _s =	4,25	‰	σ _s =	334,9	MPa	F _s =	0,0	kN		
Δε _p =	4,38	‰	ε _p =	9,90	‰	σ _p =	1097,6	MPa	ΔF _p =	-60,8	kN		
F _{c1} =	1974,0	kN	0,8 x <	0,100	b _n =	0,940	m	z _{c1} =	0,376	m	0,8x ₁ =	0,100	
F _{c2} =	138,8	kN	0,100 <	0,8 x <	0,180	b _n =	0,680	m	z _{c2} =	0,321	m	0,8x ₂ =	0,010
F _{c3} =	0,0	kN	0,180 <	0,8 x	b _w =	0,200	m	z _{c3} =	0,000	m	0,8x ₃ =	0,000	
					Pomocné					0,110			
F _c =	2112,8	kN	z _c =	0,372	m	e _{t,d,i} =	0,424	m	b ₁ =	0,680	m		
F _s =	0,0	kN	z _s =	0,344	m	0,8x =	0,110	m	b ₂ =	0,619	m		
ΔF _p =	-60,8	kN	z _p =	0,363	m	h =	0,850	m	bprům =	0,649	m		
N _{pp} ⁰ =	2173,6	kN											
M _{pp} ⁰ =	-670,3	kNm											
M _R =	-764,8	kNm	M _{Ed} = M _{Ed,zat} + M _{p,sek}										
M _{Rd} =	1435,0	kNm	<	M _{Ed} =	1863,1	kNm	NEVYHOVUJE!						

4.5.2 MSÚ – SMYKOVÁ ODOLNOST

Smyková odolnost je stanovena na základě smykové odolnosti předpjatého nosníku v příslušných průřezích.

MSÚ - Smyková únosnost										
Rozměry průřezu:				Smyková výztuž						
výška	h =	0,850	m	mez kluzu	f _{yw} =	400	MPa			
min. šířka	b _w =	0,200	m	součinitel mat.	γ _s	1,212	-			
				návrh. mez kluzu	f _{ywd} =	330,0	MPa	Typ 10 425		
Ohybová výztuž:										
poloha výztuže	e _d =	0,15	m	Třmeny:	třmeny 1			třmeny 2		
				profil výztuže	∅ =	8	mm	∅ =	8 mm	
statická výška	d =	0,700	m	střížnost		2	-		4 -	
rameno vn. sil	z = 0,9d =	0,630	m	vzdálenost	s =	0,2	m	s =	0,4 m	
				korozní oslabení		5%			5%	
					A _{sw} =	95,5	mm ²	A _{sw} =	191,0 mm ²	
Beton:				Ohyby:						
mez kluzu	f _{ck} =	35	MPa	profil výztuže	∅ =	0	mm			
součinitel mat.	γ _c	1,5	-	počet		0	ks			
redukční souč.	α _{cc} =	0,9	-	vzdálenost	s =	0,1	m			
návrh. mez kluzu	f _{cd} =	21,0	MPa	sklon ohybů	α =	45	°			
redukce smyk. p.	v ₁ =	0,516	-		A _{sw} =	0,0	mm ²			
Uvažovaný sklon tlačných diagonál:				cotgθ =	2,1	-	θ =	25,46	°	
Únosnost tlačné diagonály:										
průměrné napětí v tlaku v průřezu od N _{Ed} v průřezu (tlak kladně)						0,25 f _{cd} =	5,25	MPa		
α _{cp} =	4,18	MPa				0,5 f _{cd} =	10,50	MPa		
α _{cw} =	1,20					f _{cd} =	21,00	MPa		
V _{Rd,max} = v ₁ *f _{cd} *b _w *z*cotg(θ)/(1+cotg ² (θ)) =				635,46 kN						
Únosnost smykové výztuže:										
Třmeny				Ohyby						
ρ _w =	0,00478	-		ρ _w =	0,00000	-				
V _{Rd,s} = A _{sw} *z*f _{ywd} *cotgθ/s =				417,00 kN		V _{Rd,s} = A _{sw} *z*f _{ywd} *(cotgθ+cotgα)*sinα/s =				0,0 kN
Celková únosnost:										
ρ _{w,b} =	0,00478	-	>	ρ _{w,min} =	0,00118	-	OK			
V _p =	0,0	kN		smyková síla od předpětí na KŽ započítaná jako příspěvek k únosnosti ve smyku						
V _{Rd,s} =	417,00	kN	>	V _{Frd} =	397,8	kN	OK			

4.5.3 MSP

Odolnost v jednotlivých mezních stavech použitelnosti je dána odolností jednotlivých materiálů. Pro stanovení zatížitelnosti se vychází z následujících podmínek:

Uvažována zbytková životnost do 10 let!

Charakteristická kombinace zatížení:

- Omezení normálových napětí v tlaku hodnotou 0,6 f_{ck}
- Omezení hlavních tahových napětí (při uvážení smyku a kroucení) podle přílohy QQ ČSN EN 1992-2 hodnotou f_{ctb} stanovenou na základě hlavních tlakových napětí v místě posuzovaného řezu

Častá kombinace zatížení:

- Omezení normálových napětí v tahu hodnotou f_{ctd}

Kvazistálá kombinace zatížení:

- Omezení normálových napětí v tlaku hodnotou $0,45 f_{ck}$
- Omezení normálových napětí v tahu ve spárách hodnotou dekomprese

Tabulka 12.3 – Kategorie mostu podle druhu konstrukce a informativní zbytkové životnosti

Informativní zbytková životnost (v letech) ²⁾		Druh konstrukce			
		Předem předpjaté a segmentové mosty	Dodatečně předpjaté mosty s převážně soudržnou předpínací výztuží	Dodatečně předpjaté mosty s převážně nesoudržnou předpínací výztuží	Železobetonové konstrukce
S4	50 a více	B	C ¹⁾	D	E
S3	15 až 30	C	D	E	F
S1	10	D	E	F	G

POZNÁMKY

¹⁾ Pokud byla ochrana předpínací výztuže proti korozi zajištěna zhotovitelem lépe než pouhým zainjektováním kabelových kanálků cementovou maltou, lze připustit i kategorii D.

²⁾ Pokud nevychází z ověření na únavu zbytková životnost podle počtu cyklů napětí (tabulka 9.1) menší.

Tabulka 12.4 – Klasifikace návrhových kritérií

Kategorie mostu	Kombinace zatížení pro ověření mezního stavu		Omezení maximální šířky trhlin na povrchu (mm)
	Dekomprese	Šířky trhlin	
B	Častá	Charakteristická	0,2
C	Kvazistálá	Častá	0,2
D	–	Častá	0,2
E	–	Kvazistálá	0,3
F	–	Kvazistálá	0,4
G	–	Kvazistálá	0,5

Střed rozpětí

Posouzení napětí kvazistálá kombinace			
Posudek napětí uprostřed rozpětí			
$\sigma_{h,0} =$	-3,9 MPa	$\sigma_{h,kz} =$	-4,2 MPa
$\sigma_{d,0} =$	-8,1 MPa	$\sigma_{d,kz} =$	-6,2 MPa
Hraniční hodnoty			
$0,45f_{ck} =$	-15,8 MPa		
	1,00 MPa	f_{ctd}	
odečteno primární napětí od nelineárního půs. teploty			

Spára

Posouzení napětí častá kombinace			
Posudek napětí uprostřed rozpětí			
$\sigma_{h,0} =$	-10,9 MPa	$\sigma_{h,kz} =$	-11,1 MPa
$\sigma_{d,0} =$	-1,1 MPa	$\sigma_{d,kz} =$	0,8 MPa
Hraniční hodnoty			
$0,6f_{ck} =$	-21,0 MPa		
	0,00 MPa	dekomprese	

MSP - Posudek hlavních napětí												
$\sigma_3 =$	-8,5 MPa	skutečné max. hlavní tlakové napětí					$f_{ctb,min} = \left(1 - 0,8 \frac{\sigma_3}{f_{ctk}}\right) f_{ctk,0,05}$					
$f_{ctk,0,05} =$	2,2 MPa	maximální tahová namáhání										
$f_{ctb,min} =$	1,77 MPa	>	$\tau_{max} =$	0,85 MPa	VYHOVUJE!							

4.6 STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI

Zatížitelnost mostu v rozsahu mezních stavů únosnosti i použitelnosti je stanovena porovnáním účinků zatížení jednotlivých modelů pro stanovení normální, výhradní a výjimečné zatížitelnosti s kapacitou průřezu pro proměnné dopravní zatížení.

Ačkoliv zatěžovací schémata byla umisťována v rozhodujících polohách pouze pro vybrané nosníky, výpočet zatížitelnosti je obecně proveden pro všechny nosníky.

Při výpočtu zatížitelnosti nosné konstrukce byly zohledněny aktuální diagnostikované poruchy.

4.6.1 STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI V MSÚ

Tab. 13: Výpočet zatížitelnosti MSÚ – ohyb

Nosník	Odolnost	Ohybové momenty M_y - 6.10a					Vypočtená zatížitelnost		
č.	M_{Rd}	nedopr.	zbýv.	V_n	V_r	V_e	v_n	v_r	v_e
[-]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[t]	[t]	[t]
B1	1435,0	1188,6	246,4	278,2	232,9	683,5	14,2	33,9	70,6
B2	1435,0	1245,1	189,9	281,9	227,8	693,8	10,8	26,7	53,7
B3	1435,0	1238,2	196,8	283,1	217,7	714,0	11,1	28,9	54,0
B4	1435,0	1231,4	203,6	285,5	202,5	734,9	11,4	32,2	54,3
B5	1435,0	1225,2	209,8	279,5	182,3	742,5	12,0	36,8	55,4
B6	1435,0	1220,3	214,7	270,9	167,1	733,7	12,7	41,1	57,3
B7	1435,0	1217,2	217,8	262,4	156,9	712,1	13,3	44,4	59,9
B8	1435,0	1216,5	218,5	250,3	150,6	691,8	14,0	46,4	61,9
B9	1435,0	1155,8	279,2	243,0	146,8	681,5	18,4	60,9	80,3
B1_s	1413,0	1051,7	361,4	212,6	158,2	592,6	27,2	73,1	119,5
B2_s	1413,0	1101,4	311,6	213,8	155,7	602,7	23,3	64,1	101,3
B3_s	1413,0	1094,7	318,3	213,8	151,9	622,2	23,8	67,1	100,3
B4_s	1413,0	1088,1	324,9	212,6	144,3	642,7	24,4	72,1	99,1
B5_s	1413,0	1082,2	330,8	210,2	138,0	650,3	25,2	76,7	99,7
B6_s	1413,0	1077,5	335,5	207,8	131,6	641,6	25,8	81,6	102,5
B7_s	1413,0	1074,6	338,4	204,1	126,6	620,4	26,5	85,6	106,9
B8_s	1413,0	1074,0	339,0	201,7	122,8	600,8	26,9	88,4	110,6
B9_s	1413,0	1020,1	392,9	199,3	121,5	590,8	31,5	103,5	130,3

Tab. 14: Výpočet zatížitelnosti MSÚ – ohyb

Nosník	Odolnost	Ohybové momenty M_y - 6.10b					Vypočtená zatížitelnost		
č.	M_{Rd}	nedopr.	zbýv.	V_n	V_r	V_e	v_n	v_r	v_e
[-]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[t]	[t]	[t]
B1	1435,0	1010,3	424,7	371,0	310,5	911,4	18,3	43,8	91,3
B2	1435,0	1058,3	376,7	375,8	303,8	925,1	16,0	39,7	79,8
B3	1435,0	1052,4	382,6	377,5	290,3	951,9	16,2	42,2	78,8
B4	1435,0	1046,7	388,3	380,7	270,0	979,8	16,3	46,0	77,7
B5	1435,0	1041,4	393,6	372,6	243,0	990,1	16,9	51,8	77,9
B6	1435,0	1037,3	397,7	361,3	222,8	978,3	17,6	57,1	79,7
B7	1435,0	1034,7	400,3	349,9	209,3	949,4	18,3	61,2	82,6
B8	1435,0	1034,0	401,0	333,7	200,8	922,4	19,2	63,9	85,2
B9	1435,0	982,4	452,6	324,0	195,8	908,7	22,4	74,0	97,6
B1_s	1413,0	893,9	519,1	283,5	210,9	790,2	29,3	78,7	128,8
B2_s	1413,0	936,2	476,8	285,1	207,6	803,6	26,8	73,5	116,3
B3_s	1413,0	930,5	482,5	285,1	202,5	829,5	27,1	76,3	114,0
B4_s	1413,0	924,9	488,1	283,5	192,4	857,0	27,5	81,2	111,6
B5_s	1413,0	919,9	493,1	280,3	183,9	867,1	28,2	85,8	111,5
B6_s	1413,0	915,9	497,1	277,0	175,5	855,5	28,7	90,6	113,9
B7_s	1413,0	913,4	499,6	272,2	168,8	827,2	29,4	94,7	118,4
B8_s	1413,0	912,9	500,1	268,9	163,7	801,1	29,8	97,8	122,4
B9_s	1413,0	867,1	545,9	265,7	162,0	787,7	32,9	107,8	135,8

Tab. 15: Výpočet zatížitelnosti MSÚ – smyk

Nosník	Odolnost	posouvající síla Vz - 6.10a					Vypočtená zatížitelnost		
č.	V_{Rd}	nedopr.	zbýv.	V_n	V_r	V_e	v_n	v_r	v_e
[-]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[t]	[t]	[t]
B1	417	279,5	137,5	41,3	74,7	53,7	53,3	58,9	502,4
B2	417	245,4	171,6	55,9	68,3	49,1	49,1	80,4	684,6
B3	417	237,4	179,6	54,7	68,3	111,8	52,6	84,1	314,9
B4	417	232,1	184,9	71,7	58,2	200,0	41,3	101,6	181,1
B5	417	226,7	190,3	59,5	16,5	220,7	51,1	370,1	169,0
B6	417	221,5	195,5	53,5	11,4	196,9	58,5	549,1	194,5
B7	417	216,3	200,7	49,8	10,1	107,5	64,5	634,2	365,7
B8	417	214,0	203,0	26,7	10,1	48,5	121,5	641,5	820,1
B9	417	239,4	177,6	20,7	10,1	53,6	137,6	561,4	649,8

Tab. 16: Výpočet zatížitelnosti MSÚ – smyk

Nosník	Odolnost	posouvající síla Vz - 6.10b					Vypočtená zatížitelnost		
č.	V_{Rd}	nedopr.	zbýv.	V_n	V_r	V_e	v_n	v_r	v_e
[-]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[t]	[t]	[t]
B1	417	237,5	179,5	55,1	99,6	71,5	52,1	57,7	491,7
B2	417	208,6	208,4	74,5	91,1	65,5	44,8	73,2	623,6
B3	417	201,8	215,2	72,9	91,1	149,1	47,2	75,6	283,0
B4	417	197,3	219,7	95,6	77,6	266,7	36,8	90,6	161,4
B5	417	192,7	224,3	79,4	21,9	294,2	45,2	327,2	149,4
B6	417	188,3	228,7	71,3	15,2	262,6	51,3	481,9	170,7
B7	417	183,9	233,1	66,4	13,5	143,4	56,2	552,6	318,6
B8	417	181,9	235,1	35,6	13,5	64,7	105,5	557,2	712,4
B9	417	203,5	213,5	27,5	13,5	71,4	124,1	506,2	585,8

4.6.2 STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI V MSP

Tab. 17: Výpočet zatížitelnosti MSP – omezení ohybových trhlin a napětí - spára

Nosník	Odolnost	Ohybové momenty M_y - častá KZ					Vypočtená zatížitelnost		
č.	$M_{Rk, častá}$	nedopr.	zbýv.	V_n	V_r	V_e	v_n	v_r	v_e
[-]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[t]	[t]	[t]
B1	1075,0	880,5	194,5	206,1	172,5	506,3	15,1	36,1	75,3
B2	1075,0	922,3	152,7	208,8	168,8	513,9	11,7	29,0	58,3
B3	1075,0	917,2	157,9	209,7	161,3	528,9	12,0	31,3	58,5
B4	1075,0	912,1	162,9	211,5	150,0	544,4	12,3	34,7	58,6
B5	1075,0	907,6	167,4	207,0	135,0	550,0	12,9	39,7	59,7
B6	1075,0	904,0	171,1	200,7	123,8	543,5	13,6	44,2	61,7
B7	1075,0	901,7	173,3	194,4	116,3	527,5	14,3	47,7	64,4
B8	1075,0	901,1	173,9	185,4	111,6	512,5	15,0	49,9	66,5
B9	1075,0	856,1	218,9	180,0	108,8	504,8	19,5	64,4	85,0

Tab. 18: Výpočet zatížitelnosti MSP – omezení ohybových trhlin a napětí - pole

Nosník	Odolnost	Ohybové momenty M_y - kvazistálá KZ				
č.	$M_{Rk,kvazi}$	nedopr.	zbýv.			
[-]	[kNm]	[kNm]	[kNm]			
B1	1083	880,47	202,53	Ok		
B2	1083	922,26	160,74	Ok		
B3	1083	917,15	165,85	Ok		
B4	1083	912,12	170,88	Ok		
B5	1083	907,58	175,42	Ok		
B6	1083	903,95	179,05	Ok		
B7	1083	901,66	181,34	Ok		
B8	1083	901,09	181,91	Ok		
B9	1083	856,12	226,88	Ok		

Tab. 19: Výpočet zatížitelnosti MSP – posouzení hlavních napětí

Nosník	Odolnost	posouvající síla V_z - char KZ					Vypočtená zatížitelnost		
č.	$V_{Rk,char}$	nedopr.	zbýv.	V_n	V_r	V_e	v_n	v_r	v_e
[-]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[t]	[t]	[t]
B1	510	207,0	303,0	40,8	73,8	53,0	118,8	131,5	1120,6
B2	510	181,8	328,3	55,2	67,5	48,5	95,1	155,6	1325,7
B3	510	175,8	334,2	54,0	67,5	110,4	99,0	158,4	593,2
B4	510	171,9	338,1	70,8	57,5	197,6	76,4	188,1	335,4
B5	510	167,9	342,1	58,8	16,3	217,9	93,1	673,6	307,6
B6	510	164,1	345,9	52,8	11,3	194,5	104,8	983,9	348,5
B7	510	160,2	349,8	49,2	10,0	106,2	113,7	1119,2	645,4
B8	510	158,5	351,5	26,4	10,0	47,9	213,0	1124,7	1437,8
B9	510	177,3	332,7	20,4	10,0	52,9	260,9	1064,6	1232,2

4.6.3 PŘEHLED ZATÍŽITELNOSTI

Zatížitelnost nosné konstrukce mostu byla stanovena podrobným statickým výpočtem podle aktuálně platné normy pro stanovení zatížitelnosti silničních mostů ČSN 73 6222 [2].

Zatížitelnost nosné konstrukce je s ohledem na podklady k výpočtu určena přepočtem mostního objektu s využitím typových podkladů doplněných o informace z diagnostického průzkumu mostu. Ve výpočtu byly zohledněny poruchy, u kterých je předpokládán vliv na spolehlivost nosné konstrukce.

Vypočtené hodnoty zatížitelnosti nosné konstrukce se zohledněním aktuálních poruch:

Tab. 20: Přehledná tabulka zatížitelnosti nosné konstrukce

Přehledná tabulka	Vypočtená zatížitelnost		
	v_n	v_r	v_e
	[t]	[t]	[t]
MSÚ - Vz - 6.10a	41,3	58,9	169,0
MSÚ - Vz - 6.10b	36,8	57,7	149,4
MSP - Vz - char. KZ	76,4	131,5	307,6
MSÚ - My - 6.10a	10,8	26,7	53,7
MSÚ - My - 6.10b	16,0	39,7	77,7
MSP - My - část KZ	11,7	29,0	58,3
Výsledná	10,8	26,7	53,7

Pozn.: Přejezd výjimečné soupravy se předpokládá v ose mostu v jednotlivých jízdních směrech, tzn. vždy v ose mezi svodidly.

Pozn.: Na mostě je nutno osadit dopravní značení „B13“ 10 t a dodatkové tabulky jediné vozidlo 26 t a upravit průjezdný profil instalací pevných zábran (například osazením směrovacích desek Z4 kotvených do vozovky, baliset, atd.) tak, aby na mostě probíhal pouze provoz v jednom jízdním pruhu šíře 3,5 m v ose mostu.

Zatížitelnost na jednu jednoduchou nápravu V_{aj} při normální nebo výhradní zatížitelnosti:

Zatížitelnost na 1 nápravu				
$V_n =$	10,8 t		2N	3N
$V_r =$	26,7 t	V_a	16,0	26,7
$V_{aj} =$	12,0 t	V_{aj}	12,0	10,0

Výše uvedené hodnoty zatížitelnosti platí pro stav mostu popsany v tomto dokumentu, pokud dojde k jeho změně nebo výskytu odchýlných skutečností, je nutno hodnoty zatížitelnosti přezkoumat/upravit!