

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí

**Návrh železničního dvoukolejného mostu z UHPFRC  
(Ultra High Performance Fibre Reinforced Concrete)**

**Design of a double-track railway bridge made of UHPFRC  
(Ultra High Performance Fibre Reinforced Concrete)**



**BAKALÁŘSKÁ práce**

**Autor: Richard Vaněk**

Studijní program: Stavební inženýrství  
Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Roman Šafář, Ph.D.

**Praha, 2021**



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Vaněk** Jméno: **Richard** Osobní číslo: **477490**  
Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**  
Zadávací katedra/ústav: **Katedra betonových a zděných konstrukcí**  
Studijní program: **Stavební inženýrství**  
Studijní obor: **Konstrukce a dopravní stavby**

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Návrh železničního dvoukolejného mostu z UHPFRC**

Název bakalářské práce anglicky:

**Design of a railway double-track bridge of UHPFRC**

Pokyny pro vypracování:

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

**doc. Ing. Roman Šafář, Ph.D., katedra betonových a zděných konstrukcí FSv**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **16.02.2021** Termín odevzdání bakalářské práce: **16.05.2021**

Platnost zadání bakalářské práce: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
doc. Ing. Roman Šafář, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) práce

\_\_\_\_\_  
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

\_\_\_\_\_  
prof. Ing. Jiří Máca, CSc.  
podpis děkana(ky)

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studenta

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že bakalářskou práci na téma „Návrh železničního dvoukolejného mostu Z UHPFRC“ jsem vypracoval samostatně a veškeré informace převzaté z literatury a dalších pramenů jsem uvedl v příloženém seznamu.

V Praze dne: .....

.....

Podpis

## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat doc. Ing. Romanu Šafářovi, Ph. D. za odborné vedení práce, za jeho cenné poznámky, možnost častých konzultací a za jeho čas.



## Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem železničního dvoukolejného mostu. Most je veden přes smyšlené údolí za účelem úspory času a energie pro následnou železniční dopravu. Konstrukce je navržena z prefabrikovaných segmentů z materiálu UHPFRC. Jedná se o dva komorové průřezy, mostovkovou desku opatřenou podélníky tvaru "π" a dva příčníky ve tvaru I. Tato práce je rozdělena do 3 částí: technická zpráva, statický výpočet včetně návrhu předpětí a ověření nosné konstrukce a výkresová dokumentace. Jedná se o mostní konstrukci složené z třech polí o celkové délce 124,5 m (37,5 + 49,5 + 37,5)

## Klíčová slova

Most, most o třech polích, železnice, UHPFRC, vláknobeton, prefabrikovaný most

## Abstract

This bachelor thesis is focused on a design and structural analysis of a double-track railway bridge made from UHPFRC. This bridge is situated in a fictive valley for the purpose of saving the time and energy for the following rail transport. The superstructure of the bridge is made of UHPFRC precast box segments. The precast box segments used are two crossbeams of I-shapes and one deck slab with  $\pi$ -shaped longitudinal stiffeners. This thesis consists of 3 parts: technical report, detailed structural analysis with design of prestressing and verification of the structure, and technical drawing. The bridge construction has a total length of 124,5 m (composed of 3 segments with lengths of 37,5 + 49,5 + 37,5m).

## Keywords

Bridge, three span bridge, railway, UHPFRC, fibre-reinforced concrete, precast bridge

## Použitá literatura

- 1) ŠAFÁŘ, Roman. Betonové mosty 2 - cvičení: návrh předpjatého mostu podle Eurokódů. V Praze: České vysoké učení technické, 2015. ISBN 978-80-01-05690-5.
- 2) ŠAFÁŘ, Roman. *Betonové mosty 2: přednášky*. V Praze: České vysoké učení technické, 2014. ISBN 9788001055434.
- 3) Standard NF P18-470: Concrete - Ultra-high performance fibre-reinforced concrete - Specifications, performance, production and conformity. Francie, 07/2016.
- 4) Standard NF P18-710: National addition to Eurocode 2 - Design of concrete structures: specific rules for ultra-high performance fibre-reinforced concrete (UHPFRC). Francie, Francie, 04/2016.
- 5) ČSN EN 1991-1-5, Eurokód 1. Zatížení konstrukcí – Část 1-6: Obecná zatížení – zatížení teplotou. Praha: Český normalizační institut, 2005
- 6) ČSN 73 6200. Mostní názvosloví. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 1975.
- 7) ŠAFÁŘ, Roman a Lukáš KAPRÁLEK. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE, PRAHA 6, DEJVICE, CZ. Systém betonových prefabrikovaných prvků pro mostní konstrukce. Česká Republika. Přihlášeno 18.12.2019. Uděleno 17.12.2020.
- 8) ČSN EN 1990 73 0002, Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí, ed. 2. Praha: Český normalizační institut 2021
- 9) ČSN 73 6214. Navrhování betonových mostních konstrukcí. Praha: Český normalizační institut, 2014.
- 10) ČSN EN 1992-2, Eurokód 2. Navrhování betonových konstrukcí – Část 2: Betonové mosty – Navrhování a konstrukční zásady. Praha: Český normalizační institut, 2007
- 11) ŠAFÁŘ, Roman, Milan PETŘÍK a Petr TEJ. *CONCRETE BRIDGES - Worked Examples*. České vysoké učení technické v Praze: Česká technika - nakladatelství ČVUT, Thákurova 1, 160 41, Praha 6, 2015. ISBN 978-80-01-05179-5.

## Úvod

Hlavním tématem této bakalářské práce je navrhnout a staticky posoudit konstrukci dvoukolejného železničního mostu z UHPFRC. Účelem mostu je úspora času a energie na zvolené trase (jedná se o imaginární trasu zvolenou pouze pro účel této bakalářské práce) přes údolí.

Nosná konstrukce mostu bude navržena jako spojitý nosník o třech polích. Celková délka mostní konstrukce je 124,5 m. Délka obou krajních polí je 37,5 m (75% délky středního pole) a délka středního pole je 49,5 m. Konstrukce se skládá z jednotlivých prefabrikovaných segmentů z betonu UHPFRC. Hlavní nosnou konstrukci tvoří komorové nosníky, dále se v podélném směru nachází prefabrikované mostovkové desky opatřené podélníky ve tvaru „pí“ a v příčném směru příčníky ve tvaru I.

# Seznam příloh

ČÁST A: TECHNICKÁ ZPRÁVA

ČÁST B: STATICKÝ VÝPOČET

ČÁST C: VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí

**Návrh železničního dvoukolejného mostu z UHPFRC  
(Ultra High Performance Fibre Reinforced Concrete)**

**Design of a double-track railway bridge made of UHPFRC  
(Ultra High Performance Fibre Reinforced Concrete)**



**BAKALÁŘSKÁ práce**  
**ČÁST A: Technická zpráva**

**Autor: Richard Vaněk**

Studijní program: Stavební inženýrství  
Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Roman Šafář, Ph.D.

Praha, 2021

# Obsah

1	Identifikační údaje o mostu .....	3
2	Základní údaje o mostě.....	3
3	Zdůvodnění stavby a její umístění .....	4
3.1	Účel stavby .....	4
3.2	Charakter přemostované překážky.....	4
4.	Prostor výstavby .....	4
5.	Geologické a geotechnické podmínky .....	4
6	Popis mostu .....	4
6.1	Nosná konstrukce mostu .....	4
6.2	Spodní stavba .....	5
6.3	Zábradlí, římsy a kabelové kanálky .....	6
6.4	Odvodnění.....	6
6.5	Uložení nosné konstrukce .....	6
6.6	Mostní závěry.....	7
6.7	Železniční svršek na mostě .....	7
6.8	Přechod do trati .....	7
6.9	Trakční vedení .....	7
7	Postup výstavby .....	8

# 1 Identifikační údaje o mostu

Stavba:	Most ležící mezi Prahou a Brnem na smyšleném staničení 0,162 250 km
Objekt:	Most v km 0,162 250 km
Traťový úsek:	Praha-Brno
Staničení:	0,162 250 km
Poloha mostu:	Širá trať
Překonávané překážky:	Údolí

# 2 Základní údaje o mostě

Rozpětí polí:	37,5 m + 49,5 m +37,5 m
Délka přemostění:	122,500 m
Délka nosné konstrukce:	126,500 m
Délka mostu:	141,356 m
Šířka od osy koleje k zábradlí:	3,590 m
Šířka mostu:	11,700 m
Šikmost mostu:	90°
Výška mostu:	20,326 m
Volná výška pod mostem:	15,743 m
Konstrukční výška:	2,500 m

## 3 Zdůvodnění stavby a její umístění

### 3.1 Účel stavby

Most povede přes údolí, které by bylo třeba překonat rozměrným, nákladným a ekologicky nevhodným násypem. Z důvodu úspory času, nákladů i energie a z hlediska životního prostředí je výhodnější vybudovat most, který toto údolí překoná.

### 3.2 Charakter přemostované překážky

Most povede přes údolí. Největší volná výška pod mostem je 15,743 m.

## 4. Prostor výstavby

Mostní objekt se nachází v širé trati a v extravilánu.

## 5. Geologické a geotechnické podmínky

Pro tuto práci byl terén i místo stavby přizpůsoben zadání práce. Z tohoto důvodu nejsou známy a uváděny patřičné geologické podmínky. V případě reálné lokality by bylo třeba provést podrobný IGP daného území. V této práci předpokládáme založení na vrtaných velkopřůměrových pilotách opřených o skalní podloží.

## 6 Popis mostu

### 6.1 Nosná konstrukce mostu

Konstrukce je navržena jako spojitý nosník o 3 polích. Délky krajních polí jsou 37,5 m (75% délky středního pole) a délka středního pole je 49,5 m. Celková délka nosné konstrukce je 126,5 m.

Hlavní nosná konstrukce se skládá ze dvou hlavních komorových nosníků o konstantní výšce 2,5 m z UHPFRC s  $f_{ck} = 175,0$  MPa. Nosníky jsou v podélném směru složeny z prefabrikovaných dílců o délce 2,5 m. Nad podpěrami je délka segmentů redukována na 2 m z důvodu, aby jednotlivé segmenty měly přibližně stejnou hmotnost a byla jednodušší celková manipulace s jednotlivými segmenty. Spáry mezi jednotlivými



segmenty se uvažují kontaktní, se smykovými ozuby, během montáže vyplněné epoxidovým tmelem. Segmenty nad koncovou opěrou budou částečně vyplněny monolitickou dobetonávkou pro možnost snadnějšího kotvení předpínacích kabelů. V krajních polích mezi pilířovým segmentem a posledním segmentem v poli je monolitická dobetonávka o šířce 0,5 m pro rektifikaci případných nepřesností při výrobě a montáži segmentů. Šířka horní desky segmentu je 3,9 m a tloušťka konstantní 0,2 m až k začátku vnější konzoly. Šířka spodní desky segmentů je 2,4 m a tloušťka konstantní 0,2 m. Nosník má 2 konzolky o různé délce. Vnitřní konzolka má šířku 0,25 m a výšku 0,2 m. Vnější konzolka je šířky 0,65 m s náběhem výšky desky, která přejde z 0,2 na 0,15 m. Tloušťka stěny nosníků je 0,2 m a je stejná po celé délce stěny. Mezi jednotlivými komorovými nosníky (každý 3. segment) jsou vloženy prefabrikované příčníky, které mají průřez tvaru I. Výška příčníků je totožná s výškou konstrukce - 2,5 m. Šířka mezipodporových příčníků je 0,3 m, šířka nadpodporových příčníků je zvětšena na 0,5 m. V prostoru mezi hlavními nosníky a příčníky jsou vloženy prefabrikované desky s podélníky, které dohromady vytvářejí průřez tvaru  $\pi$ . Příčníky i podélníky jsou uloženy na ozuby a připojeny pomocí petlicových styků. Nosná konstrukce je předpjatá v podélném i v příčném směru. V podélném směru se předpokládají volné kabely z Monostrandů, v příčném směru je možno použít kabely se soudržností i bez soudržnosti. Během montáže na skruži budou segmenty hlavních nosníků provizorně sepnuty pomocí předpínacích tyčí. U veškerých železobetonových konstrukcí provedených při stavbě tohoto mostu bude použita výztuž B500B.

## 6.2 Spodní stavba

Založení mostu bude provedeno pomocí vrtaných velkopřůměrových pilot o průměru 1200 mm. Koncové opěry jsou založeny pomocí deseti vrtaných pilot. Na pilotách se nachází základový železobetonový monolitický blok ve tvaru U. V podélném směru má základový blok délku 10,6 m a příčném směru má šířku 11,7 m. Základový blok opěry je z betonu C30/37-XF4+XA1+XC2. Na základovém bloku je úložný práh se závěrnou zídkou. Křídla jsou rovnoběžná, částečně v podélném směru vykonzolovaná.

Rub opěry je opatřen izolací proti vodě z NAIP, na které je ochranná a drenážní vrstva (2x geotextilie tl. 6 mm). Přejížděcí oblast je řešena podle předpisu S4. Odvodnění přechodové oblasti bude zajištěno pomocí drenážní perforované trubky DN 200 mm. Drenáž bude vyvedena na obou stranách opěr pomocí betonového bločku.

Pilíř P2 má obdélníkový základ, jehož půdorysné rozměry jsou 7,5 m x 10,75 m. Výška dříků obou pilířů je 16,131 m. Z důvodu pevného uložení hrncového ložiska na P2 je tento pilíř širší než pilíř P3. Rozměry základového bloku pilíře P3 jsou 6 m x 10 m. Horní povrch základového bloku je ve střežovitém sklonu, který má hodnotu 4%. Jedná se vždy o dvojici plných obdélníkových pilířů s půdorysnými rozměry 2,7 x 2,7 m. Výška dříků všech pilířů je 16,131 m. Mezi dříkem a základovým blokem se nachází betonový bloček. Oba pilíře jsou hlubinně založeny na osmi pilotách. Pilíře jsou navrženy z betonu C30/37-XF4+XD2+XC4.

### 6.3 Zábradlí, římsy a kabelové kanálky

Římsy jsou po obou stranách mostu navrženy z monolitické z betonu C30/37-XF4+XD3+XC4 s betonářskou výztuží B500B. Šířka mostní římsy je po celé délce konstrukce 400 mm, kde 250 mm přesahuje za hranu nosné konstrukce. Výška římsy na vnější straně je 1000 mm. Povrch římsy je na spodní i vrchní straně zkosen ve spádu 4 % kvůli odtoku vody z konstrukce.

Po celé délce mostu se na obou stranách nachází ocelové trubkové zábradlí o výšce 1,1 m a šířce 80 mm. Líc zábradlí se nachází 3625 mm od osy přilehlé koleje.

Po celé délce mostu jsou po obou stranách umístěny kabelové žlaby. Žlaby jsou uloženy 50 mm pod povrchem kolejového lože a odsazeny 50 mm od hran říms. Mají obdélníkový tvar o výšce 320 mm a šířce 550 mm. Jedná se žlaby typu ŽPSV Kabelový žlab II.

### 6.4 Odvodnění

Odvodňovače se budou nacházet pod šterkovým ložem v ose nosné konstrukce v každém druhém segmentu.

### 6.5 Uložení nosné konstrukce

Konstrukce bude uložena na hrncových ložiscích. Na mostě se nachází 4 typy ložisek-všesměrně posuvná, všesměrně pevná, příčně posuvná a podélně posuvná. Z pohledu směrem od Prahy jsou

ložiska rozmístěna takto:	OP1	L-podélně posuvné	P-všesměrně posuvné
	P2	L-všesměrně pevné	P-příčně posuvné
	P3	L-podélně posuvné	P-všesměrně posuvné

Ložiska se osadí na železobetonové bločky a do vrstvy elektricky izolující zálivky, aby se zamezilo průniku bludných proudů do nosné konstrukce.

## 6.6 Mostní závěry

Mezi konci nosné konstrukce a závěrné zídky budou osazeny mostní lamelové závěry s krycí deskou proti pronikání zrn štěrku do mezer mezi lamelami mostních závěrů. Závěry budou elektricky izolované, aby se zamezilo průniku bludných proudů do nosné konstrukce.

## 6.7 Železniční svršek na mostě

Železniční svršek na mostě bude tvořen kolejovým ložem, železobetonovými pražci a kolejnicemi. Kolejové lože má min. výšku 0,51 m (plus rezerva 40 mm) a celkovou šířku 8,4 m. Dolní rohy kolového lože jsou zkoseny 0,1/0,1 m. Součásti železničního svršku budou pražce typ SB 5 s půdorysnými rozměry 0,28/2,42 m. Osy pražců jsou od sebe vzdáleny 2 m. Na pražcích budou upevněny kolejnice typu UIC60.

## 6.8 Přejechod do trati

Po celé délce mostu bude průběžně uzavřené kolejové lože. Přejechody do širé trati se provedou pomocí ramp ve sklonu 12 %. Za mostem bude přechod navržen podle předpisu S4. Nachází se zde přechodový klín a dvě zesilující vrstvy. Jedna bude průběžná a jedna bude zasahovat za svah přechodového klínu na vzdálenost 5 m. Obě zesilující vrstvy budou mít šířku 0,5m.

## 6.9 Trakční vedení

Podpěry trakčního vedení budou kotveny do železobetonových bloků, které budou vytvořeny rozšířením říms v místě podpěr mostu.

## 7 Postup výstavby

Na začátku realizace se nejprve provedou přípravné práce, během kterých dojde k úpravě terénu a přípravě na založení mostu, přeložkám inženýrských sítí apod. Když budou všechny přípravné práce dokončeny, přijde na řadu založení konstrukce pomocí velkopřůměrových hlubinných pilot o průměru 1200 mm a následném uložení podkladního betonu. Na ztvrdlý beton se poté vybetonují monolitické základové bloky podpěr a opěr. Povrch nad základovými bloky je třeba zasypat a zároveň přijde na řadu betonáž dříků podpěr a opěr. Po dokončení prací na spodní stavbě bude možné začít s montáží nosné konstrukce mostu.

Jednotlivé segmenty budou vyráběny na krátké dráze, spáry mezi jednotlivými segmenty budou kontaktní, se smykovými ozuby. Po dopravení segmentů na staveniště budou při montáži spáry mezi segmenty vyplněny epoxidovým tmelem.

Montáž konstrukce se bude provádět na skruži. Spáry mezi jednotlivými segmenty se vyplní epoxidovým tmelem a segmentové hlavní nosníky budou dočasně sepnuty pomocí provizorních předpínacích tyčí. Uloží se ostatní prefabrikáty a spoje se vyplní monolitickou dobetonávkou. Na závěr bude konstrukce vcelku předepnuta v podélném i v příčném směru. S částečnou úpravou vedení předpínací výztuže by případně bylo možno konstrukci montovat i po jednotlivých polích.

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí

**Návrh železničního dvoukolejného mostu z UHPFRC  
(Ultra High Performance Fibre Reinforced Concrete)**

**Design of a double-track railway bridge made of UHPFRC  
(Ultra High Performance Fibre Reinforced Concrete)**



**BAKALÁŘSKÁ práce  
ČÁST B: STATICKÝ VÝPOČET**

**Autor: Richard Vaněk**

Studijní program: Stavební inženýrství  
Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Roman Šafář, Ph.D.

Praha, 2021

# Obsah

1 PRŮVODNÍ ZPRÁVA .....	10
1.1 Úvod .....	10
1.2 Použitá literatura .....	10
1.3 Použité programy.....	11
2 KONSTRUKCE.....	12
2.1 Schéma konstrukce .....	12
2.2 Průřezové charakteristiky.....	14
2.3 Stanovení spolupůsobící šířky .....	15
3 VÝPOČETNÍ MODEL .....	18
4 MATERIÁLY.....	24
4.1 UHPFRC.....	24
4.2 Předpínací výztuž .....	25
4.3 Betonářská výztuž .....	25
5 ZATÍŽENÍ.....	26
5.1 Zatížení stálé .....	26
5.1.1 Vlastní tíha nosné konstrukce .....	26
5.1.2 Ostatní stálé zatížení .....	26
5.1.3 Nerovnoměrný pokles podpor .....	27
5.2 Zatížení proměnné .....	27
5.2.1 Obecně .....	27
5.2.1.1 LM71.....	28

5.2.1.2	LM SW/0 .....	29
5.2.1.3	LM SW/2 .....	30
5.2.2	Zatížení teplotními změnami.....	30
5.2.3	Dynamický součinitel .....	31
<b>6</b>	<b>VNITŘNÍ SÍLY.....</b>	<b>32</b>
<b>6.1</b>	<b>Výpočet vnitřních sil.....</b>	<b>32</b>
6.1.1	Stálé zatížení .....	32
6.1.1.1	Vlastní tíha .....	32
6.1.1.2	Vnitřní síly-ostatní stálé zatížení.....	34
6.1.1.3	Poklesy podpor .....	38
6.1.2	Vnitřní síly – proměnné zatížení.....	39
6.1.3.1	Model zatížení LM71 .....	40
6.1.3.2	Model zatížení SW/0 .....	41
6.1.3.3	Model zatížení SW/2 .....	42
6.1.3.4	Zatížení teplotními změnami.....	43
<b>7</b>	<b>KOMBINACE ZATÍŽENÍ.....</b>	<b>44</b>
<b>7.1</b>	<b>Úvod .....</b>	<b>44</b>
<b>7.2</b>	<b>Rovnice a součinitele užitých kombinací .....</b>	<b>45</b>
<b>7.3</b>	<b>Sestavení jednotlivých kombinací.....</b>	<b>47</b>
7.3.1	Teplotní změny .....	48
7.3.2	Sestava gr11 + gr21 .....	49
7.3.3	Sestava gr26 – Pravá kolej .....	50
7.3.4	Sestava gr26 – Levá kolej.....	51

7.3.5 Stavební zatížení.....	52
<b>7.4 Výsledné hodnoty kombinací vnitřních sil .....</b>	<b>53</b>
7.4.1 Charakteristická kombinace – levá kolej .....	53
7.4.2 Charakteristická kombinace – pravá kolej .....	54
7.4.3 Kvazistálá kombinace – levá kolej.....	54
7.4.4 Kvazistálá kombinace – pravá kolej .....	55
7.4.5 Návrhová kombinace – levá kolej.....	55
7.4.6 Návrhová kombinace – pravá kolej .....	56
<b>8 NÁVRH PŘEDPĚTÍ.....</b>	<b>57</b>
<b>8.1 Úvod.....</b>	<b>57</b>
<b>8.2 Napětí v předpínací výztuži.....</b>	<b>58</b>
<b>8.3 Ztráty předpětí .....</b>	<b>58</b>
<b>8.4 Napětí pro MSP a ohybové momenty pro MSÚ od kombinací- bez předpětí .....</b>	<b>59</b>
<b>8.5 Předpětí nosné konstrukce – varianta 1.....</b>	<b>67</b>
8.5.1 Hodnoty napětí a ohybových momentů od předpětí var. 1 .....	70
8.5.2 Hodnoty napětí a ohybových momentů – celkové účinky var. 1.....	73
<b>8.6 Předpětí nosné konstrukce – varianta 2 (konečný návrh) .....</b>	<b>80</b>
8.6.1 Hodnoty napětí a ohybových momentů od předpětí.....	82
8.6.2 Hodnoty napětí a ohybových momentů – celkové účinky.....	84
<b>9. POSOUZENÍ MSÚ.....</b>	<b>89</b>
<b>10 ZÁVĚR .....</b>	<b>94</b>
<b>ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE .....</b>	<b>95</b>



# Seznam obrázků

Obrázek 1 – Vzorový příčný řez .....	12
Obrázek 2 - Podélný řez .....	13
Obrázek 3 – Schéma průřezu pro výpočet průřezových charakteristik .....	14
Obrázek 4-Stanovení spolupůsobící šířky .....	15
Obrázek 5 - Příprava výpočetního modelu A s půdorysem konstrukce .....	18
Obrázek 6 - Příprava výpočetního modelu B - SCIA export .....	19
Obrázek 7 - Zatěžovací stavy .....	20
Obrázek 8 - Skupiny výsledků .....	21
Obrázek 9 - Skupiny zatížení .....	21
Obrázek 10 - Kombinace z programu SCIA .....	23
Obrázek 11 - Zatížení dopravou – LM71 – obecný model .....	28
Obrázek 12 - Zatížení dopravou – LM71 – výsledné hodnoty .....	28
Obrázek 13 - Zatížení dopravou – LM SW/0 - obecný model .....	29
Obrázek 14 - Zatížení dopravou - LM SW/0 - výsledné hodnoty .....	29
Obrázek 15 - Zatížení dopravou SW/2 .....	30
Obrázek 16 - Schéma zatížení teplotními změnami po výšce průřezu .....	30
Obrázek 17 - Vlastní tíha - My .....	33
Obrázek 18 - Vlastní tíha - Vz .....	33
Obrázek 19 - HNK P - (g-go)k,sup - My .....	34
Obrázek 20 - HNK P - (g-go)k,sup .....	34

Obrázek 21 - HNK L - (g-go)k,sup - My.....	35
Obrázek 22 - HNK L - (g-go)k,sup - Vz .....	35
Obrázek 23 - HNK P - (g-go)k,inf - Vz .....	36
Obrázek 24 - HNK P - (g-go)k,inf - My.....	36
Obrázek 25 - HNK L-(g-go) k, inf-Vz .....	37
Obrázek 26 - HNK L-(g-go) k, inf-My .....	37
Obrázek 27 - Poklesy podpor - My + Vz.....	38
Obrázek 28 - LM71 - HNK P .....	40
Obrázek 29 - LM71 - HNK L.....	40
Obrázek 30-SW/0-HNK P .....	41
Obrázek 31-SW/0-HNK L.....	41
Obrázek 32 - SW/2-HNK P .....	42
Obrázek 33 - SW/2 - HNK L .....	42
Obrázek 34 - Zatížení teplotními změnami (bez k,sur).....	43
Obrázek 35 - Charakteristická kombinace - levá kolej.....	53
Obrázek 36 - Charakteristická kombinace - pravá kolej.....	54
Obrázek 37 - Kvazistálá kombinace - levá kolej.....	54
Obrázek 38 - Kvazistálá kombinace - pravá kolej .....	55
Obrázek 39 - Návrhová kombinace - levá kolej .....	55
Obrázek 40 - Návrhová kombinace - pravá kolej.....	56
Obrázek 41 - Průběh napětí - stavební stav - charakteristická kombinace – bez předpětí.....	62

Obrázek 42 - Průběh napětí - dokončený most - charakteristická kombinace – bez předpětí.....	63
Obrázek 43 - Průběh napětí - stavební stav - kvazistálá kombinace – bez předpětí .....	64
Obrázek 44 - Průběh napětí - dokončený most - kvazistálá kombinace – bez předpětí.....	65
Obrázek 45 - Návrhová kombinace - ohybové momenty – bez předpětí .....	66
Obrázek 46 - Předpínací kabely ve výpočetním modelu (ideální kabely) .....	67
Obrázek 47 - Schéma předpínacích kabelů - varianta 1 (ideální kabely) .....	68
Obrázek 48 - Napětí a ohybový moment $M_y$ na konci životnosti .....	72
Obrázek 49 - Výsledné hodnoty napětí + $M_y$ - Vnesení předpětí .....	73
Obrázek 50 - Výsledné hodnoty napětí - charakteristická kombinace včetně předpětí (VP).....	74
Obrázek 51 - Výsledné hodnoty ohybových momentů - návrhová kombinace včetně předpětí (VP) .....	75
Obrázek 52 - Výsledné hodnoty - kvazistálá kombinace po vnesení předpětí (VP) .....	75
Obrázek 53 - Výsledné hodnoty napětí + $M_y$ - Uvedení do provozu .....	76
Obrázek 54 - Výsledné hodnoty napětí + $M_y$ - Konec životnosti .....	77
Obrázek 55 - Výsledné hodnoty napětí - charakteristická kombinace včetně předpětí (UP,KZ).....	78
Obrázek 56 - Výsledné hodnoty ohybových momentů - návrhová kombinace včetně předpětí (UP,KZ).....	79
Obrázek 57 - Výsledné hodnoty napětí - kvazistálá kombinace včetně předpětí (UP,KZ) .....	79

Obrázek 58 - Předpínací kabely ve výpočetním modelu - varianta 2.....	80
Obrázek 59 - Schéma předpínacích kabelů – varianta 2 (ideální kabel).....	81
Obrázek 60 - Napětí a ohybový moment $M_y$ na konci životnosti .....	83
Obrázek 61 - Výsledné hodnoty napětí + $M_y$ (VP,UP,KZ).....	84
Obrázek 62 - Výsledné hodnoty napětí - charakteristická kombinace včetně předpětí (VP).....	85
Obrázek 63 - výsledné hodnoty ohybových momentů $M_y$ - návrhová kombinace včetně předpětí (VP) .....	86
Obrázek 64 - Výsledné hodnoty napětí - kvazistálá kombinace včetně předpětí (VP).....	86
Obrázek 65 - Výsledné hodnoty napětí - charakteristická kombinace včetně předpětí (UP,KZ).....	87
Obrázek 66 - Výsledný hodnoty ohybových momentů - návrhová kombinace včetně předpětí (UP,KZ).....	88
Obrázek 67 - Výsledné hodnoty napětí - kvazistálá kombinace včetně předpětí (UP,KZ) .....	88
Obrázek 68 - Výpočet MSÚ - řez D-D' .....	90
Obrázek 69 - Schéma MSÚ - řez D-D' .....	91
Obrázek 70 - Výpočet MSÚ - řez C-C' .....	92
Obrázek 71 - Schéma MSÚ - řez C-C' .....	93

# Seznam tabulek

Tabulka 1 - Průřezové charakteristiky .....	15
Tabulka 2 – Stanovení součinitele pro kombinace.....	22
Tabulka 3 - Stálé zatížení .....	26
Tabulka 4 - Kombinační součinitele.....	46
Tabulka 5 - Součinitele zatížení .....	46
Tabulka 6 - Součinitele - teplotní změny .....	48
Tabulka 7 – Součinitele - sestava gr11 + gr21 .....	49
Tabulka 8 - Součinitele - gr26 Pravá kolej.....	50
Tabulka 9 - Součinitele - gr26 Levá kolej .....	51
Tabulka 10 - Součinitele - Stavebni zatížení .....	52
Tabulka 11 - Hodnoty napětí a ohybových momentů - stavební stav.....	60
Tabulka 12 - Hodnoty napětí a ohybových momentů - dokončený most.....	61
Tabulka 13 - Potřebný počet předpínacích lan - varianta 1 .....	67
Tabulka 14 -Předpětí - Koeficienty pro množství kabelů.....	70
Tabulka 15 - Ztráty předpětím - Varianta 1 .....	71
Tabulka 16 - Ztraty předpětí - Varianta 2 .....	82

# 1 Průvodní zpráva

## 1.1 Úvod

Obsahem statického výpočtu je návrh předpjaté nosné konstrukce železničního mostu z prefabrikovaných prvků, vyrobených z UHPFRC. Jedná se spojitou konstrukci o třech polích vedoucí přes údolí. Rozpětí jednotlivých polí jsou 37,5 + 49,5 + 37,5 m. Rozpětí krajních polí odpovídá přibližně 75 % rozpětí středního pole.

Navržená hlavní nosná konstrukce má dva hlavní komorové segmentové nosníky, které mají po celé délce konstrukce konstantní výšku 2,5 m. Nosníky jsou vzájemně propojeny pomocí prefabrikovaných příčníků. Do zbývajících plochy mezi hlavními nosníky a příčnky se osadí prefabrikované mostovkové desky opatřené podélníky. Šířka hlavní nosné konstrukce je 11,2 m.

Pro výpočet vnitřních sil byl vytvořen roštový výpočetní model nosné konstrukce v programu SCIA Engineer.

## 1.2 Použitá literatura

- 1) ŠAFÁŘ, Roman. *Betonové mosty 2 - cvičení: návrh předpjatého mostu podle Eurokódů*. V Praze: České vysoké učení technické, 2015. ISBN 978-80-01-05690-5.
- 2) ŠAFÁŘ, Roman. *Betonové mosty 2: přednášky*. V Praze: České vysoké učení technické, 2014. ISBN 9788001055434.
- 3) Standard NF P18-470: Concrete - Ultra-high performance fibre-reinforced concrete - Specifications, performance, production and conformity. Francie, 07/2016.
- 4) Standard NF P18-710: National addition to Eurocode 2 - Design of concrete structures: specific rules for ultra-high performance fibre-reinforced concrete (UHPFRC). Francie, Francie, 04/2016.

- 5) ČSN EN 1991-1-5, Eurokód 1. Zatížení konstrukcí – Část 1-6: Obecná zatížení – zatížení teplotou. Praha: Český normalizační institut, 2005
- 6) ČSN 73 6200. Mostní názvosloví. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 1975.
- 7) ŠAFÁŘ, Roman a Lukáš KAPRÁLEK. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE, PRAHA 6, DEJVICE, CZ. Systém betonových prefabrikovaných prvků pro mostní konstrukce. Česká Republika. Přihlášeno 18.12.2019. Uděleno 17.12.2020.
- 8) ČSN EN 1990 73 0002, Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí, ed. 2. Praha: Český normalizační institut 2021
- 9) ČSN 73 6214. Navrhování betonových mostních konstrukcí. Praha: Český normalizační institut, 2014.
- 10) ČSN EN 1992-2, Eurokód 2. Navrhování betonových konstrukcí – Část 2: Betonové mosty – Navrhování a konstrukční zásady. Praha: Český normalizační institut, 2007
- 11) ŠAFÁŘ, Roman, Milan PETŘÍK a Petr TEJ. *CONCRETE BRIDGES - Worked Examples*. České vysoké učení technické v Praze: Česká technika - nakladatelství ČVUT, Thákurova 1, 160 41, Praha 6, 2015. ISBN 978-80-01-05179-5.

### 1.3 Použité programy

SCIA Engineer 20.0 64bit - SCIA CZ s.r.o. Prague

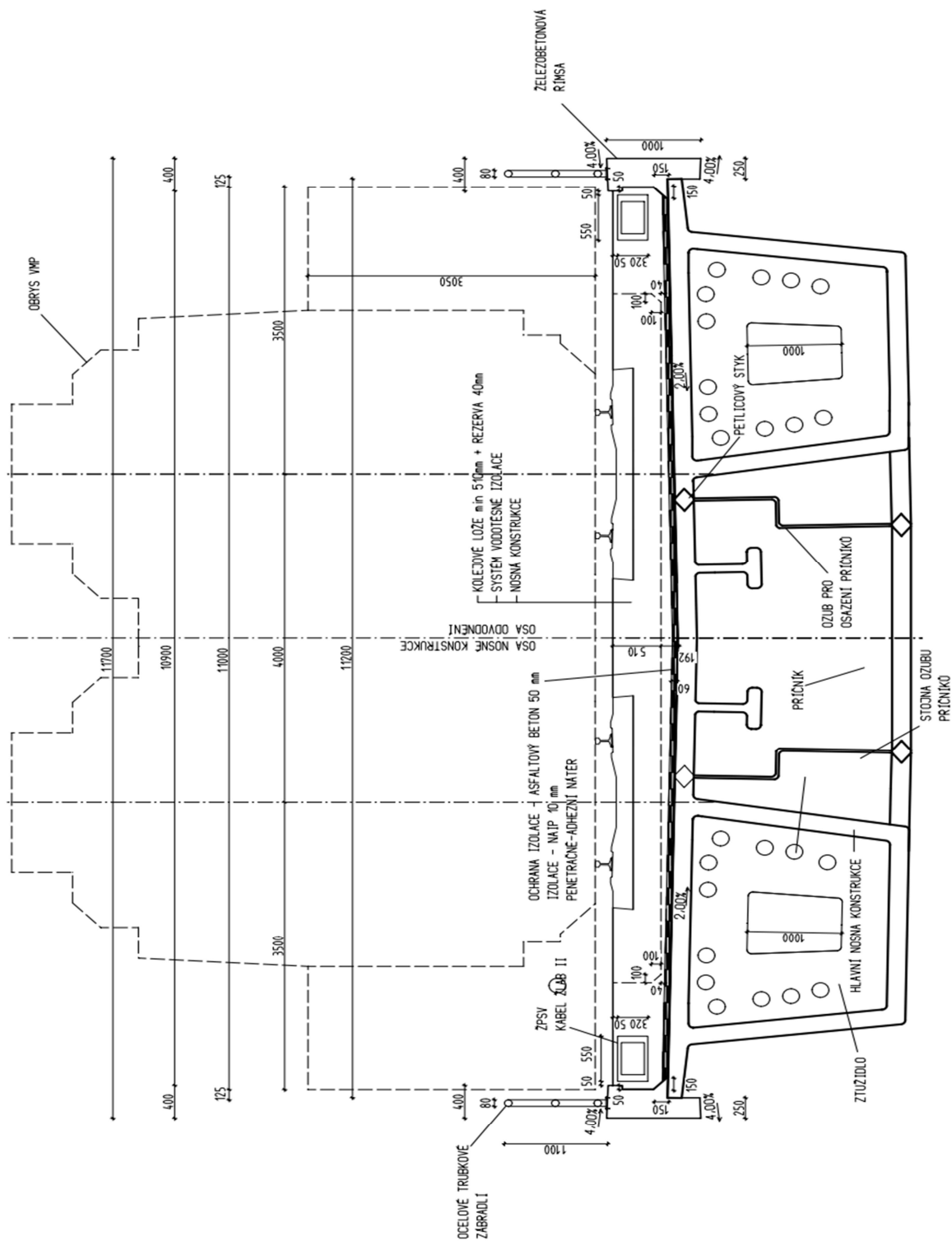
Allplan 2019, NEMETSCHEK GROUP

Microsoft Word 2018, Microsoft, s.r.o.

Microsoft Excel 2018, Microsoft, s.r.o.

## 2 Konstrukce

### 2.1 Schéma konstrukce

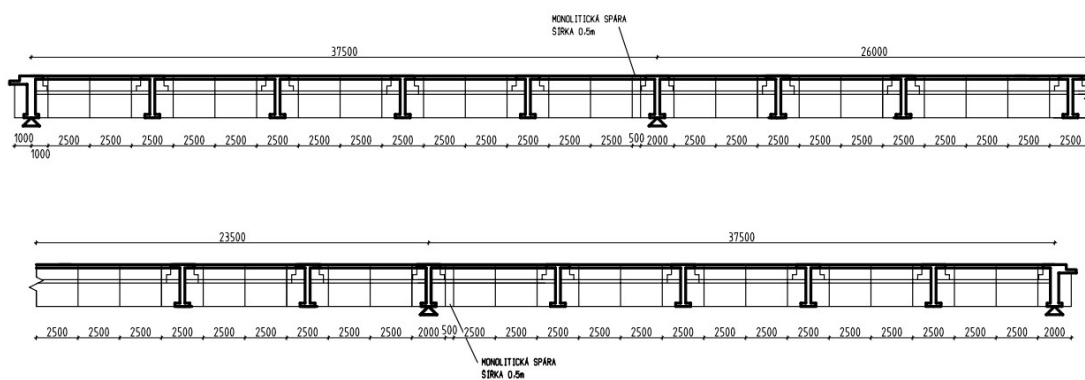


Obrázek 1 – Vzorový příčný řez



Konstrukce je tvořena dvěma hlavními nosníky, příčnicí a mostovkovými deskami s podélníky. Hlavní nosníky jsou složeny z prefabrikovaných segmentů výšky 2,5 m a délky 2,5 m. Spáry mezi segmenty jsou uvažovány kontaktní, se smykovými ozuby, vyplněné během montáže epoxidovým tmelem. Nad podpěrami a v místě každého druhého až třetího segmentu jsou hlavní nosníky propojeny prefabrikovanými příčnicí. V prostoru mezi hlavními nosníky a příčnicí jsou prefabrikované mostovkové desky s podélníky. Kromě styčných spár mezi jednotlivými segmenty jsou všechny ostatní spoje řešeny jako petlicové styky. Jednotlivé prvky jsou v podélném i v příčném směru vzájemně spojeny rovněž pomocí predpínací výztuže.

Montáž nosné konstrukce se předpokládá na skruži.



Obrázek 2 - Podélný řez

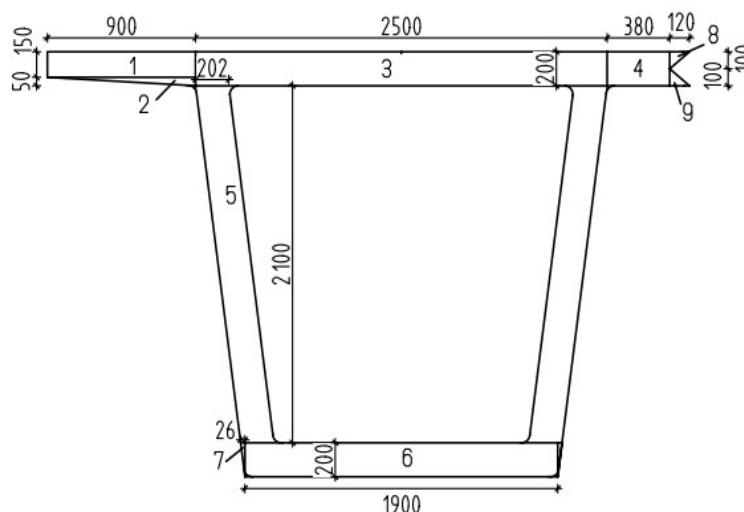
Délka běžných segmentů je 2,5 m. Nadpodporové segmenty jsou o něco kratší z důvodu jejich vyšší hmotnosti vlivem podporových příčniců apod. Je žádoucí, aby hmotnost jednotlivých segmentů byla přibližně stejná kvůli snadnější dopravě a montáži. Příčný řez komorových nosníků se uvažuje po délce nosné konstrukce konstantní. U mezilehlých podpěr jsou navrženy monolitické spáry o šířce 0,5 m pro možnost rektifikace případných výrobních odchylek při výrobě segmentů.

Konstrukce je tvořena dvěma hlavními nosníky, podélníkem a příčnicí. Jako hlavní nosník je zde komorový segment, který je každý druhý nebo třetí segment spojen pomocí příčnicí. Pomocí příčniců je vynášen podélník.

Délka jednotlivých segmentů je 2,5 m. Nadpodporové segmenty jsou o něco kratší z důvodu jejich vyšší hmotnosti. Je žádoucí, aby hmotnost jednotlivých segmentů byla přibližně stejná kvůli snadnější dopravě a montáži. Před vnitřními podporami se nachází monolitické spáry o šířce 0,5 m pro možnost úpravy výrobních odchylek u tvarů jednotlivých segmentů a chyb při montáži

## 2.2 Průřezové charakteristiky

Průřezové charakteristiky byly stanoveny pomocí tabulky v "Microsoft Excel" a kreslicího programu "Allplan".



Obrázek 3 – Schéma průřezu pro výpočet průřezových charakteristik

Tabulka 1 - Průřezové charakteristiky

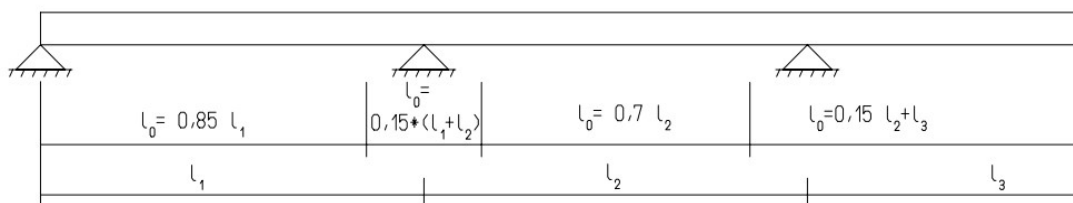
Č.	Tvar	b [m]	h [m]	z <sub>n</sub> [m]	Počet n [ks]	n · A <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> ]	n · I <sub>i</sub> [m <sup>4</sup> ]	n · A <sub>i</sub> · z <sub>n</sub> [m <sup>3</sup> ]	z <sub>r</sub> [m]	e <sub>i</sub> [m]	n · A <sub>i</sub> · e <sub>i</sub> <sup>2</sup> [m <sup>4</sup> ]	Σ I [m <sup>4</sup> ]
1	□	0,900	0,150	2,425	1	0,135	0,0002531	0,327	1,469	0,956	0,123	0,124
2	Δ	0,900	0,050	2,475	1	0,023	0,0000031	0,056		1,006	0,023	0,023
3	□	2,500	0,200	2,400	1	0,500	0,0016667	1,200		0,931	0,434	0,435
4	□	0,380	0,200	2,400	1	0,076	0,0002533	0,182		0,931	0,066	0,066
5	□	0,202	2,100	1,259	2	0,848	0,3117870	1,068		-0,210	0,037	0,349
6	□	1,900	0,200	0,100	1	0,380	0,0012667	0,038		-1,369	0,712	0,713
7	Δ	0,026	0,200	0,133	2	0,005	0,0000116	0,001		-1,336	0,009	0,009
8	Δ	0,120	0,100	2,467	1	0,012	0,0000100	0,030		2,467	0,073	0,073
9	Δ	0,120	0,100	2,333	1	0,006	0,0000033	0,014		2,333	0,033	0,033
						1,985		2,915				

Celková výška průřezu: 2,500 m

Průřezový modul - horní vlákna:  $W^h = \frac{1,825}{2,500 - 1,469} = 1,770 \text{ m}^3$

Průřezový modul - dolní vlákna:  $W^d = \frac{1,825}{1,469} = 1,243 \text{ m}^3$

## 2.3 Stanovení spolupůsobící šířky



Obrázek 4 - Stanovení spolupůsobící šířky

### Vzdálenosti l<sub>0</sub> – body nulových momentů:

Řez nad pilířem:  $l_0 = 0,15 * (37,5 + 49,5) = 13,05 \text{ m}$

Řez v poli (střední):  $l_0 = 0,7 * 49,5 = 34,65 \text{ m}$

Řez v poli (krajní):  $l_0 = 0,85 * 37,5 = 31,87 \text{ m}$

### Průřez nad pilířem:

Horní deska – vnější konzola:

$b_{\text{eff},1} = 0,2 * 0,9 + 0,1 * 13,05 = 1,485 \text{ m}$

$b_{\text{eff},1} = 0,2 * 0,900 + 0,1 * 13,05 = 1,485 \text{ m} < 0,2 * l_0 = 0,2 * 13,05 = 2,61 \text{ m}$

$> b_1 = 0,900 \text{ m}$

$$b_{\text{eff}1} = 0,900 \text{ m}$$

-horní deska-mezi stěnami:

$$B_{\text{eef},2} = 0,2 * 1,048 + 0,1 * 13,05 = 1,515 \text{ m} < 0,2 * l_0 = 0,2 * 13,05 = 2,61 \text{ m}$$

$$> b_2 = 1,048 \text{ m}$$

$$b_{\text{eef},2} = 1,048 \text{ m}$$

-horní deska-celkem:

$$B_w = 0,202 \text{ m}$$

$$b_{\text{eef}} = 0,900 + 0,202 + 1,048 = 2,15 \text{ m}$$

-dolní deska-mezi stěnami:

$$b_{\text{eff}1} = 0,2 * 0,748 + 0,1 * 13,05 = 1,454 \text{ m} < 0,2 * l_0 = 0,2 * 13,065 = 2,61 \text{ m}$$

$$> b_1 = 0,748 \text{ m}$$

$$B_{\text{eef},1} = 0,748 \text{ m}$$

$$B_w = 0,202 \text{ m}$$

$$b_{\text{eef}} = 0,748 + 0,202 = 0,950 \text{ m}$$

V řezu „nad pilířem“ působí celý průřez

**Průřez „v poli-střední“**

-horní deska-vnější konzola:

$$b_{\text{eff},1} = 0,2 * 0,900 + 0,1 * 34,65 = 3,645 \text{ m} < 0,2 * l_0 = 0,2 * 34,65 = 6,930 \text{ m}$$

$$> b_1 = 0,900 \text{ m}$$

$$b_{\text{eff}1} = 0,900 \text{ m}$$

-horní deska-mezi stěnami:

$$B_{\text{eef},2} = 0,2 * 1,048 + 0,1 * 34,65 = 3,675 \text{ m} < 0,2 * l_0 = 0,2 * 34,65 = 6,930 \text{ m}$$

$$> b_2 = 1,048 \text{ m}$$

$$b_{\text{eef},2} = 1,048 \text{ m}$$

-horní deska-celkem:

$$B_w = 0,202 \text{ m}$$

$$b_{\text{eef}} = 0,900 + 0,202 + 1,048 = 2,15 \text{ m}$$

-dolní deska-mezi stěnami:

$$b_{\text{eff}1} = 0,2 * 0,748 + 0,1 * 34,65 = 3,615 \text{ m} < 0,2 * l_0 = 0,2 * 34,65 = 6,930 \text{ m}$$

$$> b_1 = 0,748 \text{ m}$$

$$B_{\text{eef},1} = 0,748 \text{ m}$$

$$B_w = 0,202 \text{ m}$$

$$b_{\text{eef}} = 0,748 + 0,202 = 0,950 \text{ m}$$

V průřezu „v poli-střední“ působí celý průřez

### **Průřez „v poli-krajní“**

-horní deska-vnější konzola:

$$b_{\text{eff},1} = 0,2 * 0,900 + 0,1 * 31,87 = 3,367 \text{ m} < 0,2 * l_0 = 0,2 * 31,87 = 6,374 \text{ m}$$

$$> b_1 = 0,900 \text{ m}$$

$$b_{\text{eff}1} = 0,900 \text{ m}$$

-horní deska-mezi stěnami:

$$B_{\text{eef},2} = 0,2 * 1,048 + 0,1 * 31,87 = 3,396 \text{ m} < 0,2 * l_0 = 0,2 * 31,87 = 6,374 \text{ m}$$

$$> b_2 = 1,048 \text{ m}$$

$$b_{\text{eef},2} = 1,048 \text{ m}$$

-horní deska-celkem:

$$B_w = 0,202 \text{ m}$$

$$b_{\text{eef}} = 0,900 + 0,202 + 1,048 = 2,15 \text{ m}$$

-dolní deska-mezi stěnami:

$$b_{\text{eff}1} = 0,2 * 0,748 + 0,1 * 31,87 = 3,337 \text{ m} < 0,2 * l_0 = 0,2 * 31,87 = 6,374 \text{ m}$$

$$> b_1 = 0,748 \text{ m}$$

$$B_{\text{eef},1} = 0,748 \text{ m}$$

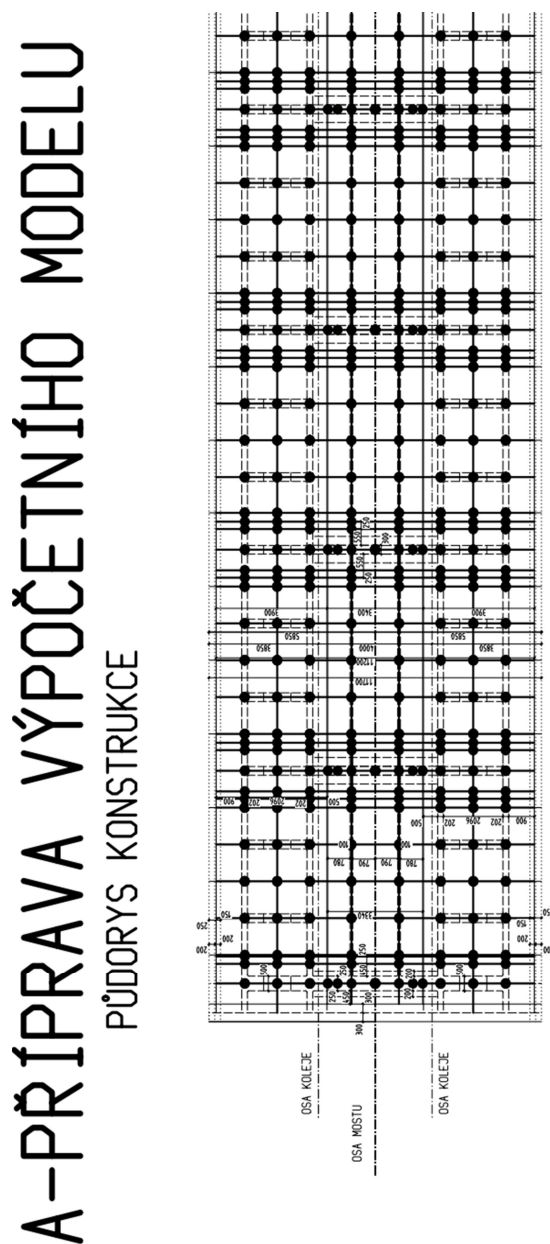
$$B_w = 0,202 \text{ m}$$

$$b_{\text{eef}} = 0,748 + 0,202 = 0,950 \text{ m}$$

V průřezu „v poli-krajní“ působí celý průřez

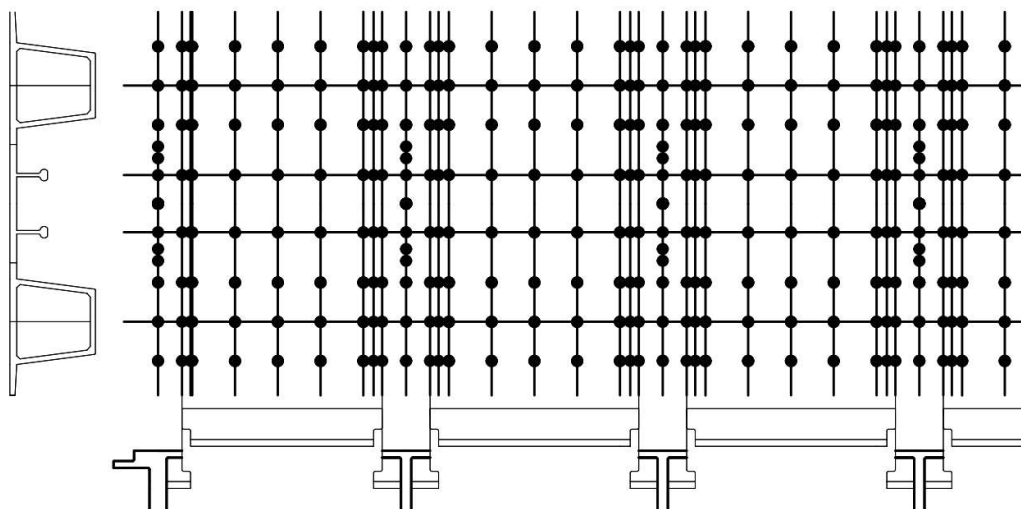
### 3 Výpočetní model

Výpočet vnitřních sil byl proveden na roštovém výpočetním modelu, který je tvořen podélnými a příčnými pruty a panely, které slouží pro zadání zatížení na model. Podélné pruty jsou umístěny v osách podélníků a v osách hlavních nosníků. Příčné pruty se nachází v místě spár mezi jednotlivými segmenty, v místě každého příčného ztužidla, v úrovni ozubů podélníků a nad všemi podporami. Model se tedy skládá z 4 řad podélných prutů a 167 řad příčných prutů.



Obrázek 5 - Příprava výpočetního modelu A s půdorysem konstrukce

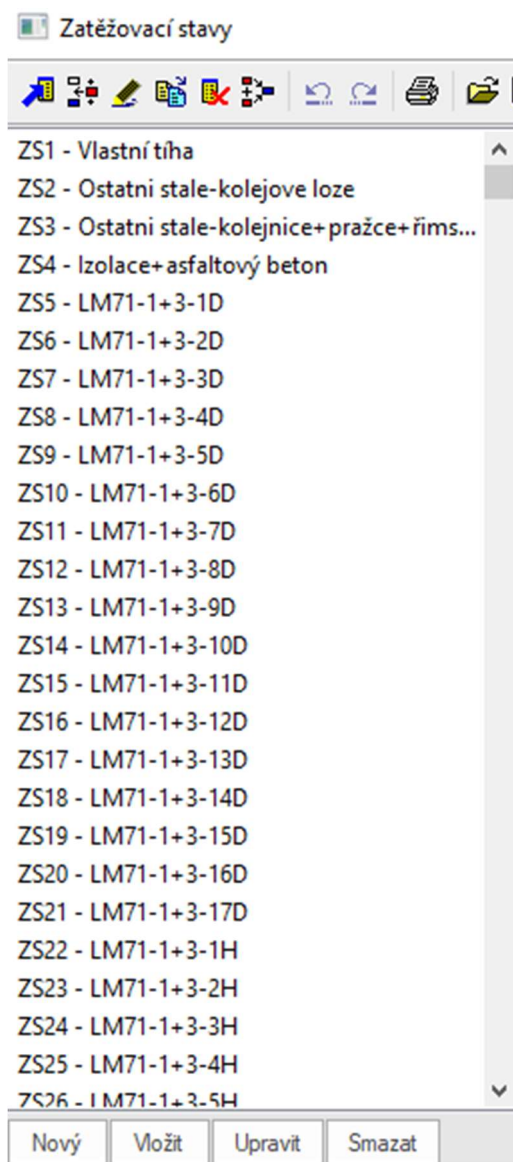
Nejprve je třeba pruty naskládat do půdorysu a rozmyslet jejich rozmístění pro co nejlepší výsledky. Poté se celý model exportuje do výpočetního programu SCIA Engineer a přiřadí se jednotlivým prutům průřezy. Průřezy se importují z kreslicího programu Allplan.



Obrázek 6 - Příprava výpočetního modelu B - SCIA export

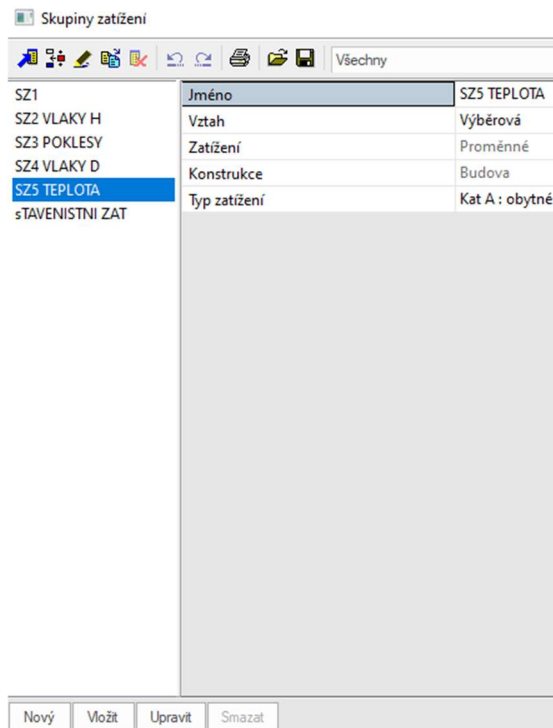
Po exportu a přiřazení průřezů bylo potřeba ověřit funkčnost modelu například vykreslením momentů od vlastní tíhy nosné konstrukce a poté pomocí jednoduchého modelu spojitě konstrukce, na který bylo umístěno zatížení odpovídající tíze nosné konstrukce. Porovnáním momentů vzniklých na této konstrukci s momenty na výpočetním modelu bylo ověřeno, že konstrukce je modelována správně.

Dále následovalo ruční zadávání zatěžovacích stavů (obr. 7) na mostní konstrukci. Na celou konstrukci byl položen zatěžovací panel, na který se následně zadávalo zatížení od potřebných zatěžovacích stavů pro výpočet vnitřních sil. Celkově bylo na konstrukci postupně zadáno 675 zatěžovacích stavů, které zahrnují vlastní tíhu nosné konstrukce, ostatní stálé zatížení, zatížení dopravou (LM71, SW/0 a SW/2), nerovnoměrné poklesy podpor, teplotní změny). Poté byly jednotlivé zatěžovací stavy rozděleny do skupin zatížení (obr. 9) například podle toho, na jaké koleji působí



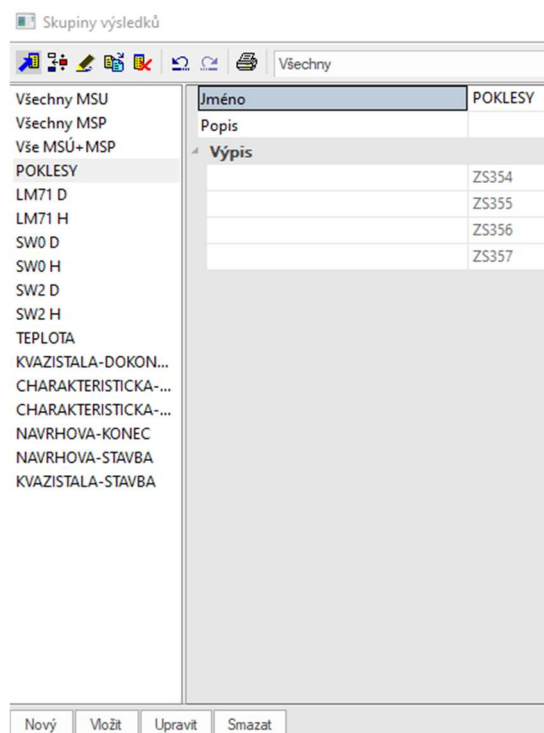
Obrázek 7 - Zatěžovací stavy





Obrázek 9 - Skupiny zatížení

Pro vykreslení výsledků bylo ještě potřeba rozdělit jednotlivé skupiny zatížení a zatěžovací stavy do skupin výsledků (obr. 8). Výsledky z těchto skupin jsou uvedeny v BP v kapitole 6 “Vnitřní síly”.



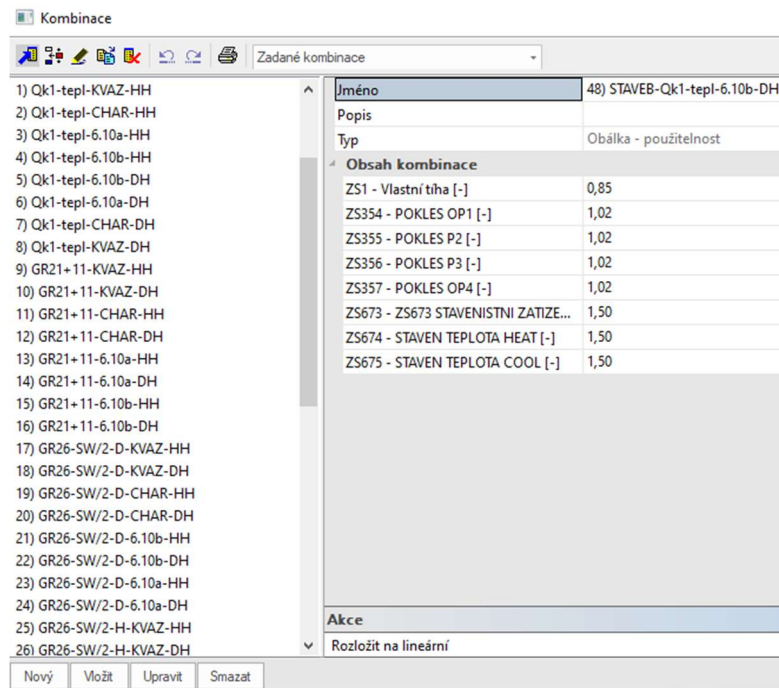
Obrázek 8 - Skupiny výsledků

Kombinace byly pro tento most vytvořeny ve výpočetním programu SCIA Engineer. Nejprve byly za pomoci programu Microsoft Excel sestaveny jednoduché tabulky s koeficienty (tab. 2), které byly následně využity pro přiřazení koeficientů jednotlivým zatěžovacím stavům při tvorbě kombinačních skupin. Pomocí výběrových skupin zatížení bylo dosaženo toho, že v kombinacích jsou uvažovány vždy nejnepříznivější účinky z dané skupiny zatěžovacích stavů. Pro ověření MSP byly sestaveny kombinace stálé a charakteristické, pro ověření MSÚ byly sestaveny kombinace podle vztahů (6.10a) a (6.10b) podle ČSN EN 1990.

Tabulka 2 – Stanovení součinitele pro kombinace

6.10b		Gr.26	$\sum \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j}$	"+" $\gamma_P P$	"+" $\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$	"+" $\sum \gamma_{Q,j} \psi_{0,j} Q_{k,j}$	(výraz 6.10b)		
		Součin		sup/inf	Sestava	$k_{sur}$	$\phi_j$	$\psi_j$	$\gamma_j$
1	Vlastní tíha n.k.	1,148	=	1,00	0,85	1,00	1,00	1,00	1,35
2	Zábradlí	1,148	=	1,00	0,85	1,00	1,00	1,00	1,35
3	Římsy	1,148	=	1,00	0,85	1,00	1,00	1,00	1,35
4	Kolejové lože	1,492	=	1,30	0,85	1,00	1,00	1,00	1,35
5	Izolace s ochranou	1,377	=	1,20	0,85	1,00	1,00	1,00	1,35
6	Kolejnice	1,148	=	1,00	0,85	1,00	1,00	1,00	1,35
7	Betonové pražce	1,148	=	1,00	0,85	1,00	1,00	1,00	1,35
8	(LM71 nebo SW/0) - 1	1,497	=	1,00	1,00	1,00	1,03	1,00	1,45
9	(LM71 nebo SW/0) - 2	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,03	1,00	1,45
12	SW/2-1	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,03	1,00	1,20
13	SW/2-2	1,239	=	1,00	1,00	1,00	1,03	1,00	1,20
14	Teplota	0,900	=	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	1,50
15	Poklesy	1,020	=	1,00	0,85	1,00	1,00	1,00	1,20

Ve výpočetním programu bylo nakonec vytvořeno 48 typů kombinací (obr. 10), které byly následně rozděleny do skupiny výsledků a jejich výsledky byly vyexportovány z programu SCIA Engineer pro další fáze výpočtu.



Obrázek 10 - Kombinace z programu SCIA

# 4 Materiály

## 4.1 UHPFRC

Hodnoty byly přebrány z francouzských norem NF P18-470 a NF P18-710 pro případ, že konkrétní materiál v době návrhu není znám.

Třída:	UHPFRC 175/190
Charakteristická pevnost v tlaku:	$f_{ck} = 175,0 \text{ MPa}$
Střední pevnost v tlaku:	$f_{cm} = 185,0 \text{ MPa}$
Charakteristická mez pružnosti v tahu:	$f_{ctk, el} = 8,0 \text{ MPa}$
Střední mez pružnosti v tahu:	$f_{ctm, el} = 9,0 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tahu po vzniku trhlin:	$f_{ctfk} = 6,0 \text{ MPa}$
Střední pevnost v tahu po vzniku trhlin:	$f_{ctfm} = 7,0 \text{ MPa}$
Součinitel orientace vláken-globální hodnota:	$K_{global} = 1,25$
Součinitel orientace vláken – lokální hodnota:	$K_{local} = 1,75$
Součinitel teplotní délkové roztažnosti:	$\alpha = 1,1 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$
Největší délka vláken:	$L_f = 12 \text{ mm}$
Modul pružnosti:	$E_{cm} = 50 \text{ GPa}$
Objemová tíha:	$27,0 \text{ kN/m}^3$

## 4.2 Předpínací výztuž

Hodnoty byly přebrány ze skript „Concrete Bridges - Worked Examples“.

Průměr lana:  $\varnothing = 15,7 \text{ mm}$

Plocha jednoho lana:  $A_1 = 150 \text{ mm}^2$

Charakteristická pevnost předpínací oceli v tahu:  $f_{pk} = 1860,0 \text{ MPa}$

Charakteristická smluvní mez kluzu 0,1 % předpínací oceli:

$$f_{p0,1k} = 0,88 \times 1860,0 = 1636,8 \text{ MPa}$$

Dílčí součinitel předpínací výztuže:  $\gamma_s = 1,15$

Návrhové napětí předpínací oceli:

$$f_{pd} = f_{p0,1k} / \gamma_s = 1636,8 / 1,15 = 1423,3 \text{ MPa}$$

Návrhová hodnota modulu pružnosti předpínací výztuže:  $E_p = 195,0 \text{ GPa}$

Výztuž musí mít dostatečnou duktilitu (tažnost):  $f_{pk} / f_{p0,1k} \geq 1,1$

$$1860,0 / 1636,8 = 1,1363 \geq 1,1 \text{ OK}$$

Předpokládáme třídu relaxačního chování 2 (dráty a lana s nízkou relaxací).

## 4.3 Betonářská výztuž

Třída oceli B500B

Hodnoty pro betonářskou výztuž:

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1,15 = 438,783 \text{ MPa}$$

$$E_s = 200,0 \text{ GPa}$$

# 5 Zatížení

## 5.1 Zatížení stálé

### 5.1.1 Vlastní tíha nosné konstrukce

Objemová tíha betonu UHPFRC se uvažuje  $26 \text{ kN/m}^3$ .

Tuto hodnotu zvětšíme o  $1 \text{ kN/m}^3$  kvůli výztuži (nemusíme zvedat o další  $1 \text{ kN/m}^3$  pro neztvrdlý beton – již hotové prvky)

Objemová tíha:  $\rho_k = 26 + 1 = 27 \text{ kN/m}^3$

Tíha vlastní nosné konstrukce:

### 5.1.2 Ostatní stálé zatížení

Tabulka 3 - Stálé zatížení

	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Délka prvku [m]	Plocha ztužidla [m <sup>2</sup> ]	Šířka ztužidla [m]	Stojiny ozubu [m <sup>2</sup> ]	Šířka ozubu [m]	Celkový objem prvku [m <sup>3</sup> ]	Objemová tíha [m <sup>3</sup> ]	Tíha prvku [kN]
Hlavní nosník-běžný	1,979	2,5	2,935	0,3	1,751	0,3	6,353	27	171,539
Hlavní nosník-podporový	1,979	2	2,935	0,3	1,751	0,3	5,364	27	144,823
Hlavní nosník-podpěrový	1,979	2	2,935	0,5	1,751	0,5	6,301	27	170,127
Hlavní nosník-běžný-bez ozubu	1,979	2,5	2,935	0,3	x	x	5,828	27	157,356
Příčnick-podporový/běžný (0,3m)	2,01	3,34	x	x	x	x	6,713	27	181,262
Příčnick-podpěrový (0,5m)	2,155	3,34	x	x	x	x	7,198	27	194,338
Podélník	0,452	6,1	x	x	x	x	5,514	27	148,889
Podélník-středový	0,452	8,73	x	x	x	x	7,892	27	213,082

#### 1) Střední hodnota:

$$\text{ŽB římsa:} = 2 \times 0,333 \times 25 = 16,650 \text{ kN/m}$$

$$\text{Kolejové lože:} = 3,1656 \times 20 = 63,312 \text{ kN/m}$$

$$\text{Kolejnice UIC60:} = 4 \times 0,6 = 2,400 \text{ kN/m}$$

$$\text{Pražce s upevněním kolejnic:} = 2 \times 4,800 = 9,600 \text{ kN/m}$$

$$\text{Izolace - NAIP:} = (0,331 + 0,204 + 5,34) \times 2 \times 0,01 \times 23 = 2,703 \text{ kN/m}$$

Ochrana izolace – asfaltový beton

$$= (0,331 + 0,204 + 5,34) \times 2 \times 0,05 \times 25 = 14,687 \text{ kN/m}$$

$$\text{Ocelové zábradlí:} = 1,000 \text{ kN/m}$$

$$\text{Celkem:} = (g - g_0)_m = 110,352 \text{ kN/m}$$

#### 2) Horní charakteristická hodnota:

$$(g-g_0)_{k,sup} = 16,650 + (1,3 \times 63,312) + 2,400 + 9,600 + (1,2 \times 2,703) + (1,2 \times 14,687) + 1,000 = 132,823 \text{ kN/m}$$

### 3) Dolní charakteristická hodnota:

$$(g-g_0)_{k,inf} = 6,650 + (0,7 \times 63,312) + 2,400 + 9,600 + (0,8 \times 2,703) + (0,8 \times 14,687) + 1,000 = 87,880 kN/m$$

Na výpočetní model bylo zatížení zadáno částečně jako plošné, částečně jako liniové.

#### 5.1.3 Nerovnoměrný pokles podpor

Nerovnoměrné poklesy podpor předpokládáme hodnotou 5 mm pro každou podporu (dvojici „ložisek“ současně). Celkem se jedná o 4 zatěžovací stavy, které byly zadány do výpočtového modelu.

## 5.2 Zatížení proměnné

### 5.2.1 Obecně

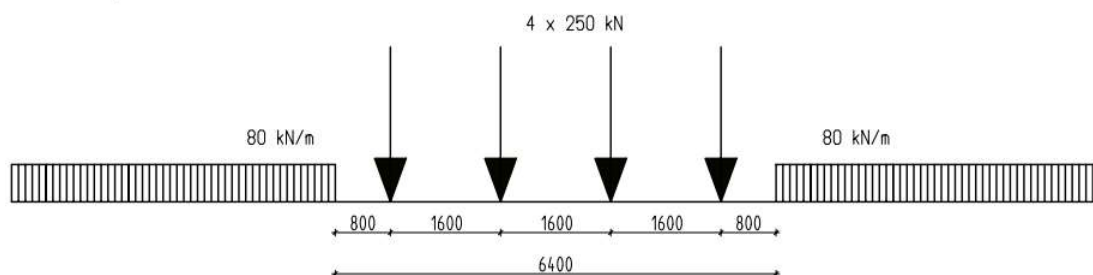
Z hlediska pohyblivých zatížení je nosná konstrukce navržena na účinky klasifikovaného zatížení modely LM71, LM SW/0 a SW/2. Všechny modely zatížení jsou zadávány v programu SCIA Engineer s délkou „kroku“ 2 m.

Zatížení bylo zadáno do programu jako plošné v pruhu o šířce 3 m, umístěném v ose koleje (1,5 m na každou stranu od osy). Z důvodu zvýšení namáhání byly obě osy kolejí posunuty k levé hraně mostu o 80 mm. Všechny zadávané hodnoty zatížení se tedy musí přepočítat na šířku zatěžovacího pruhu.

### 5.2.1.1 LM71

Jedná se o základní zatěžovací schéma, které reprezentuje statický účinek svislého zatížení od běžné železniční dopravy. Na železniční trati 1. třídy je nutno toto zatížení přenásobit součinitelem  $\alpha$ .

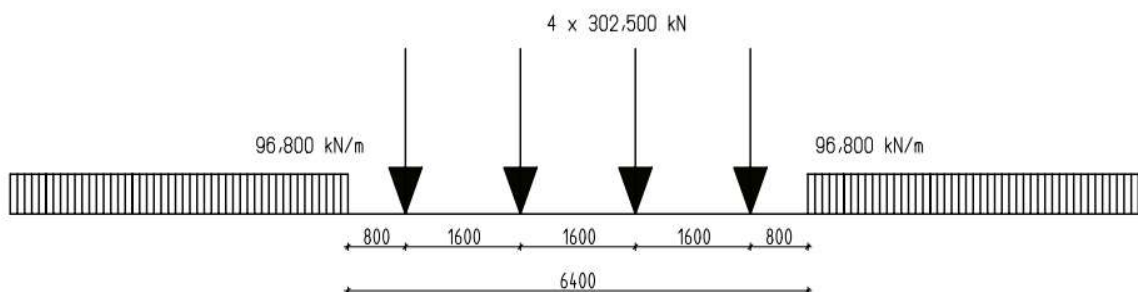
Zatížení dopravou LM71



Obrázek 11 - Zatížení dopravou – LM71 – obecný model

Hodnoty koeficientu dle normy jsou: 0,75-0,83-0,91-1,00-1,10-1,21-1,33-1,46.

V tomto případě volíme součinitel  $\alpha = 1,21$  (pro tratě 1. třídy).



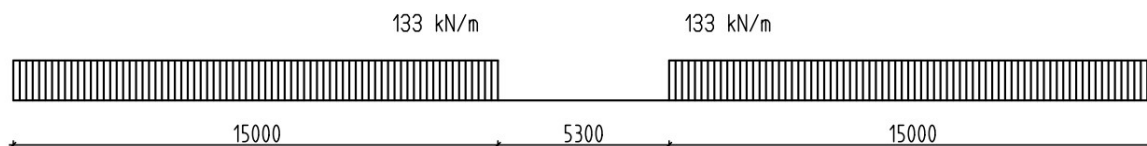
Obrázek 12 - Zatížení dopravou – LM71 – výsledné hodnoty



### 5.2.1.2 LM SW/0

SW/0 je model zatížení, který se u železničních mostů musí uvažovat u všech spojitých konstrukcí. Jelikož se jedná o trať 1. třídy, je nutné nominální hodnoty přenásobit součinitelem  $\alpha$ .

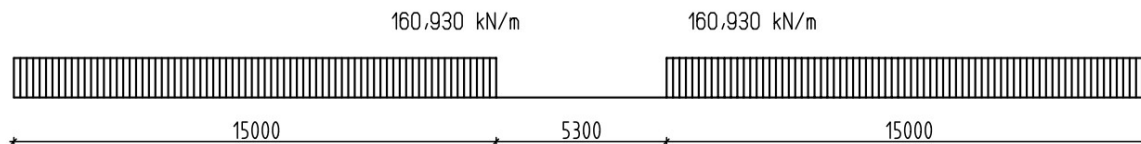
Zatížení dopravou SW/0



Obrázek 13 - Zatížení dopravou – LM SW/0 - obecný model

Hodnoty koeficientu dle normy jsou: 0,75-0,83-0,91-1,00-1,10-1,21-1,33-1,46.

V tomto případě volíme součinitel  $\alpha = 1,21$  (pro trať 1. třídy).

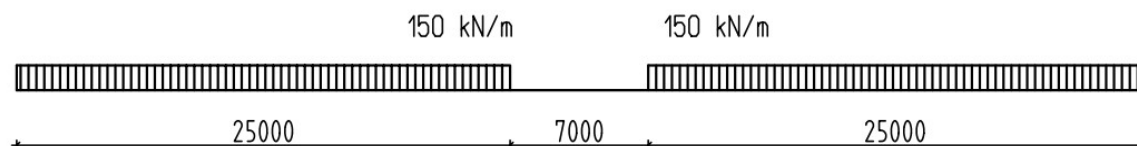


Obrázek 14 - Zatížení dopravou - LM SW/0 - výsledné hodnoty

### 5.2.1.3 LM SW/2

SW/2 je schéma zatížení používané na tratích první třídy. Z tohoto důvodu je nutno uvažovat i toto zatížení. Způsob zadávání zatížení je obdobný jako u předešlých zatíženích. Zatížení SW/2 se nepřenásobuje žádným součinitelem  $\alpha$ .

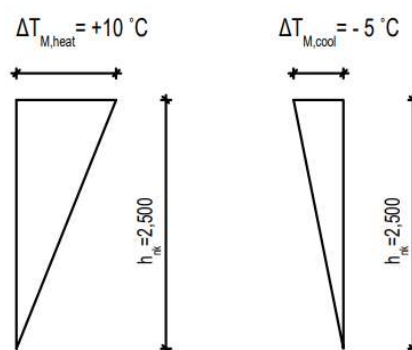
Zatížení dopravou SW/2



Obrázek 15 - Zatížení dopravou SW/2

### 5.2.2 Zatížení teplotními změnami

Budeme uvažovat pouze lineární rozdílovou složku teploty po výšce průřezu, která bude vyjádřena jako rozdíl teploty mezi dolním a horním povrchem uvažované nosné konstrukce. Jednotlivé složky teploty jsou vyjádřeny pomocí složek  $\Delta T_{M, \text{heat}} = 10$  °C pro horní povrch teplejší a  $\Delta T_{M, \text{cool}} = 5$  °C pro dolní povrch nosné konstrukce teplejší. Hodnoty jsou dále násobeny součinitelem  $k_{\text{sur}}$ .



Obrázek 16 - Schéma zatížení teplotními změnami po výšce průřezu

### 5.2.3 Dynamický součinitel

Koeficient „k“ pro most o délce 3 pole se uvažuje s hodnotou 1,3

$$L_m = \frac{1}{3} * (L_1 + L_2 + L_3) = \frac{1}{3} * (37,5 + 49,5 + 37,5) = 41,5 \text{ m}$$

$$L_\phi = k * L_m = 1,3 * 41,5 = 53,95 \text{ m}$$

$$L_\phi > L_{\max} \rightarrow \text{Vyhoví}$$

$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\phi} - 0,2} + 0,73 = \frac{2,16}{\sqrt{53,95} - 0,2} + 0,73 = 1,033$$

$$\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\phi} - 0,2} + 0,73 = \frac{1,44}{\sqrt{53,95} - 0,2} + 0,82 = 1,022$$

## 6 Vnitřní síly

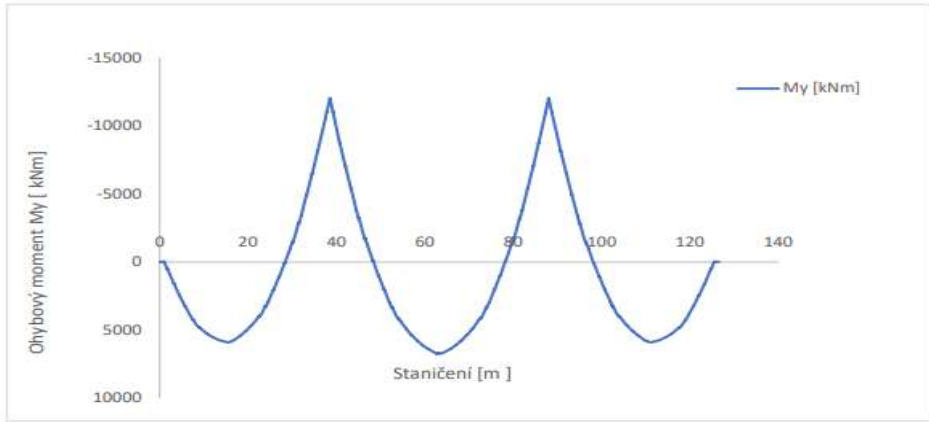
### 6.1 Výpočet vnitřních sil

Vnitřní síly na konstrukci byly spočítány pomocí roštového modelu ve výpočetním programu SCIA Engineer 20.0. Jednotlivé účinky zatížení byly rozpočítány na jednotlivé prvky konstrukce a poté byly vyexportovány vnitřní síly do programu Allplan nebo Microsoft Excel. Z důvodu velkého množství uzlů ve výpočetním modelu nebyly síly čitelné. Došlo tedy k jejich exportu do programu Allplan a vnitřní síly byly pročištěny a ponechány jen některé pro lepší představu o jejich průběhu po délce konstrukce. Dále jsou vykresleny síly vždy na jednom hlavním nosníku. Jelikož má konstrukce 2 hlavní nosníky, je nutno síly vykázat na obou.

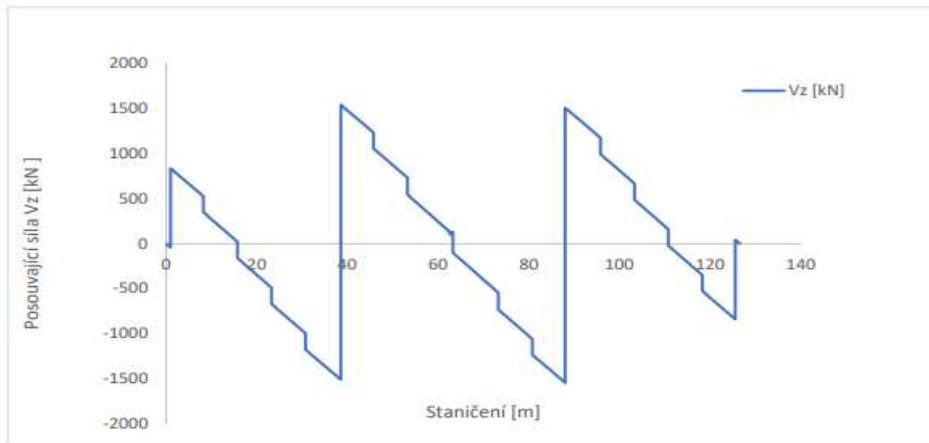
#### 6.1.1 Stálé zatížení

##### 6.1.1.1 Vlastní tíha

Pro zadání zatížení vlastní tíhou nosné konstrukce byl použit automatický výpočet zatížení v programu Scia Engineer. Tento výpočet byl ověřen ručním zadáním zatížení na zjednodušený model nosné konstrukce o třech polích.



Obrázek 17 - Vlastní tíha -  $M_y$



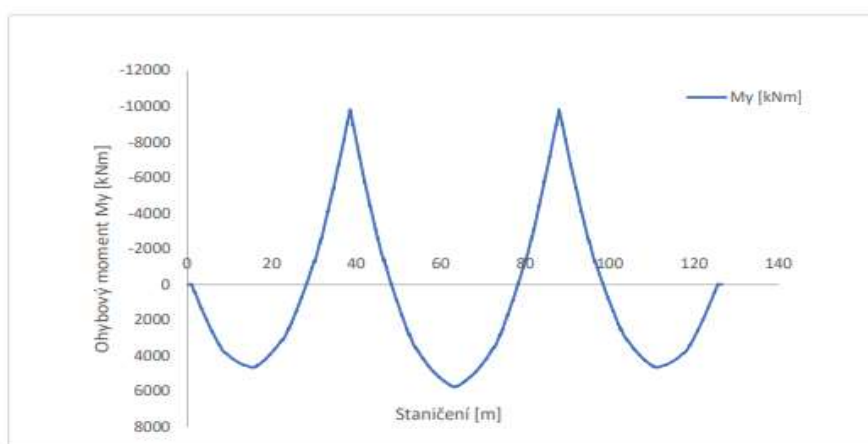
Obrázek 18 - Vlastní tíha -  $V_z$

### 6.1.1.2 Vnitřní síly-ostatní stálé zatížení

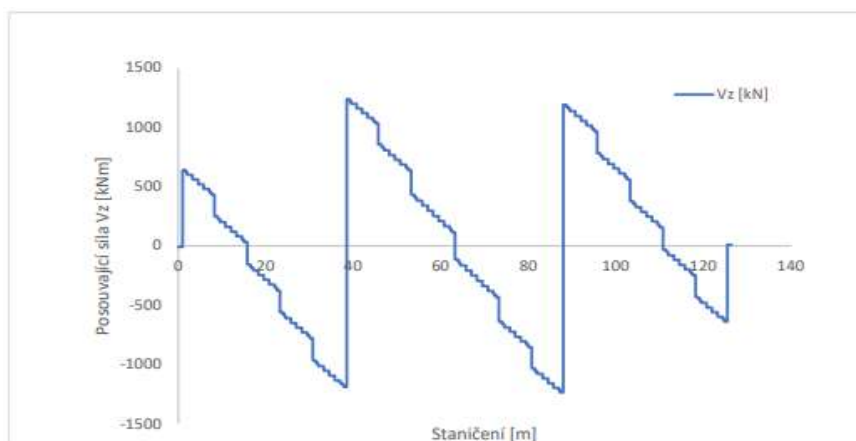
Vnitřní síly od ostatního stálého zatížení ( $g-g_0$ ) jsou vždy vykresleny 2x z důvodu uvažované excentricity zatížení.

Značení P označuje pravý hlavní nosník ve směru staničení (zleva doprava).  
Značení L označuje levý hlavní nosník.

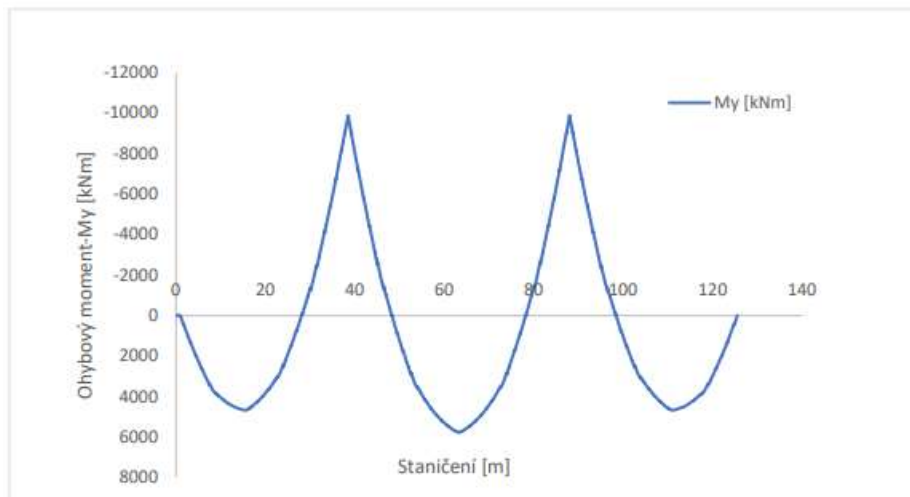
Momenty a posouvající síly - horní charakteristická hodnota:



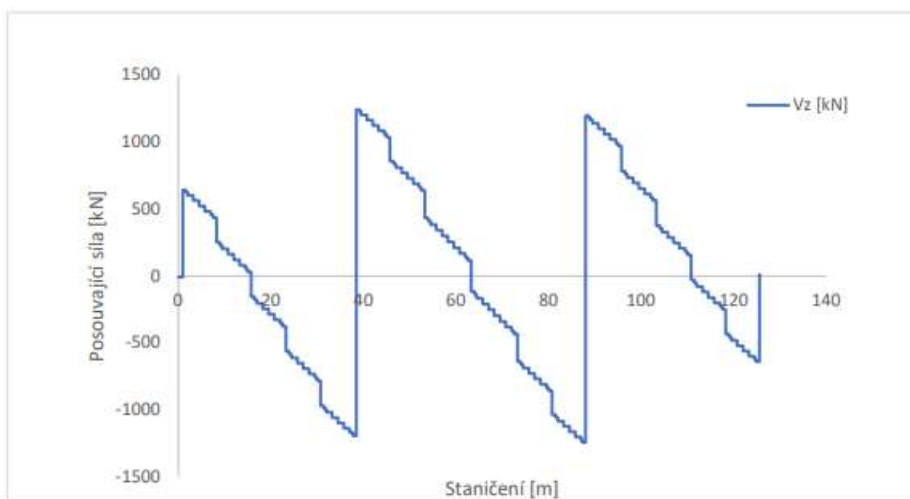
Obrázek 19 - HNK P - ( $g-g_0$ ) $k,sup$  -  $M_y$



Obrázek 20 - HNK P - ( $g-g_0$ ) $k,sup$

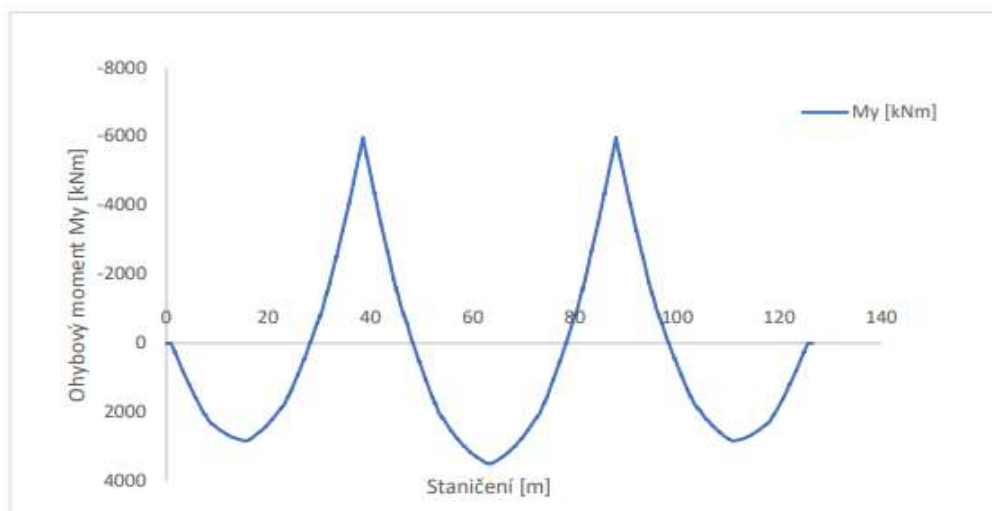


Obrázek 21 - HNK L - (g-go)k,sup -  $M_y$

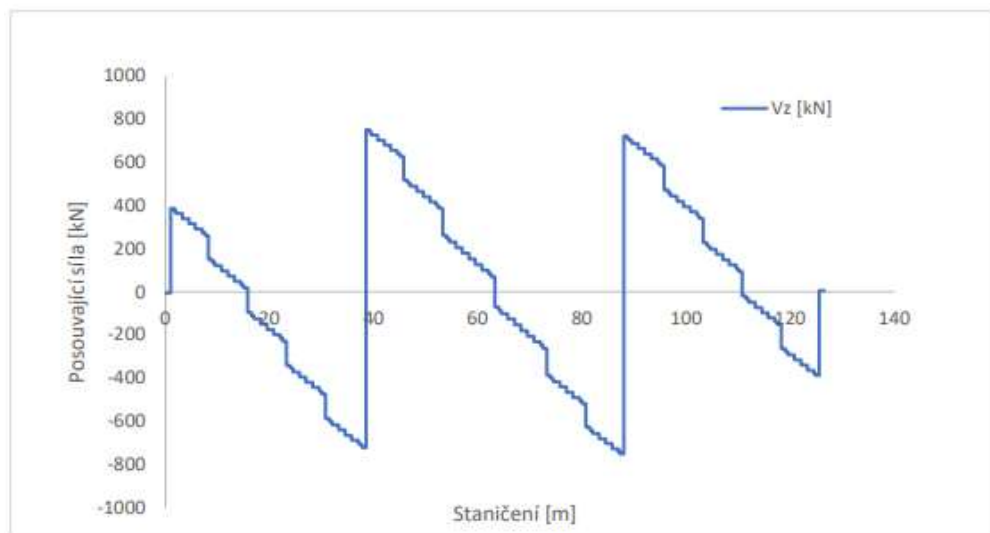


Obrázek 22 - HNK L - (g-go)k,sup -  $V_z$

Momenty a posouvající síly - dolní charakteristická hodnota:

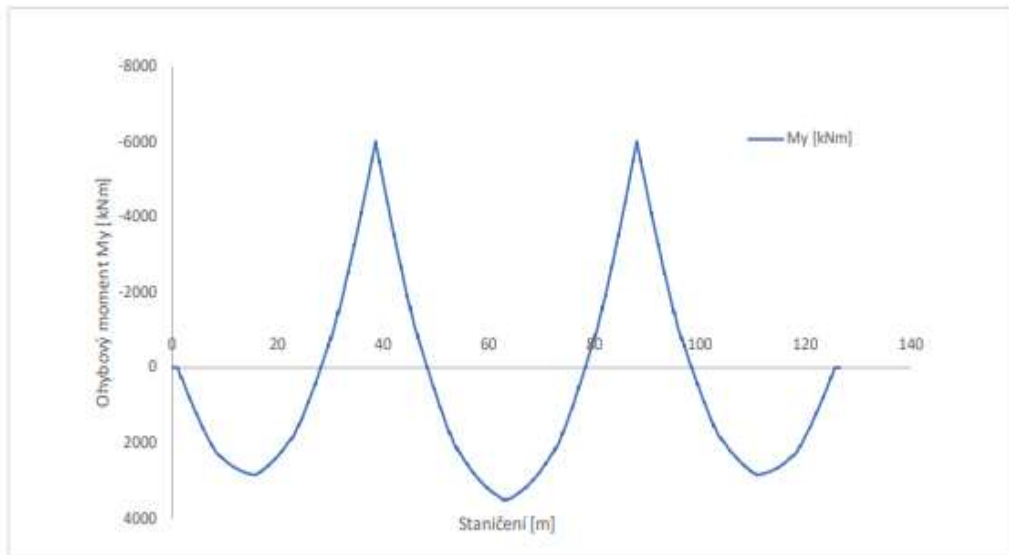


Obrázek 24 - HNK P - (g-go)k,inf - My

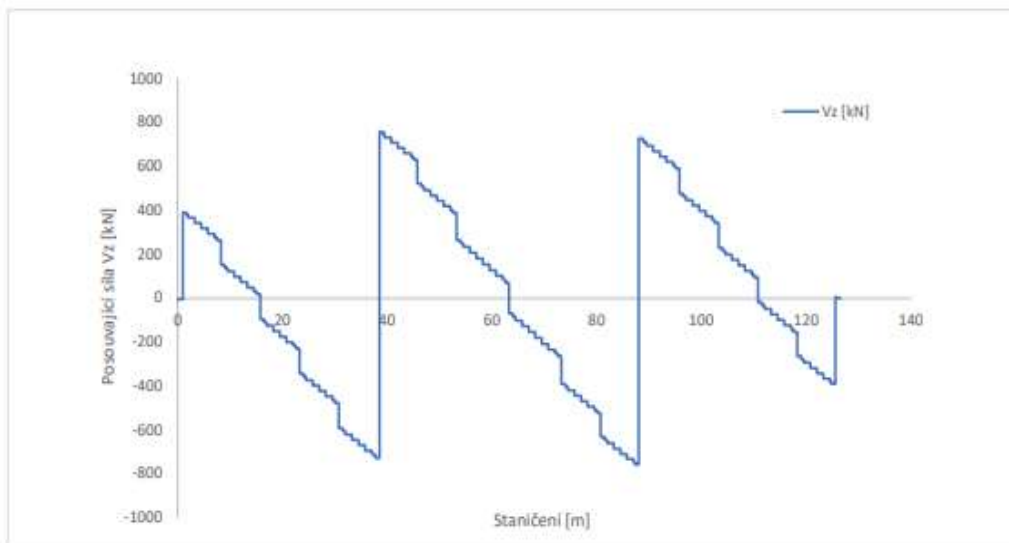


Obrázek 23 - HNK P - (g-go)k,inf - Vz





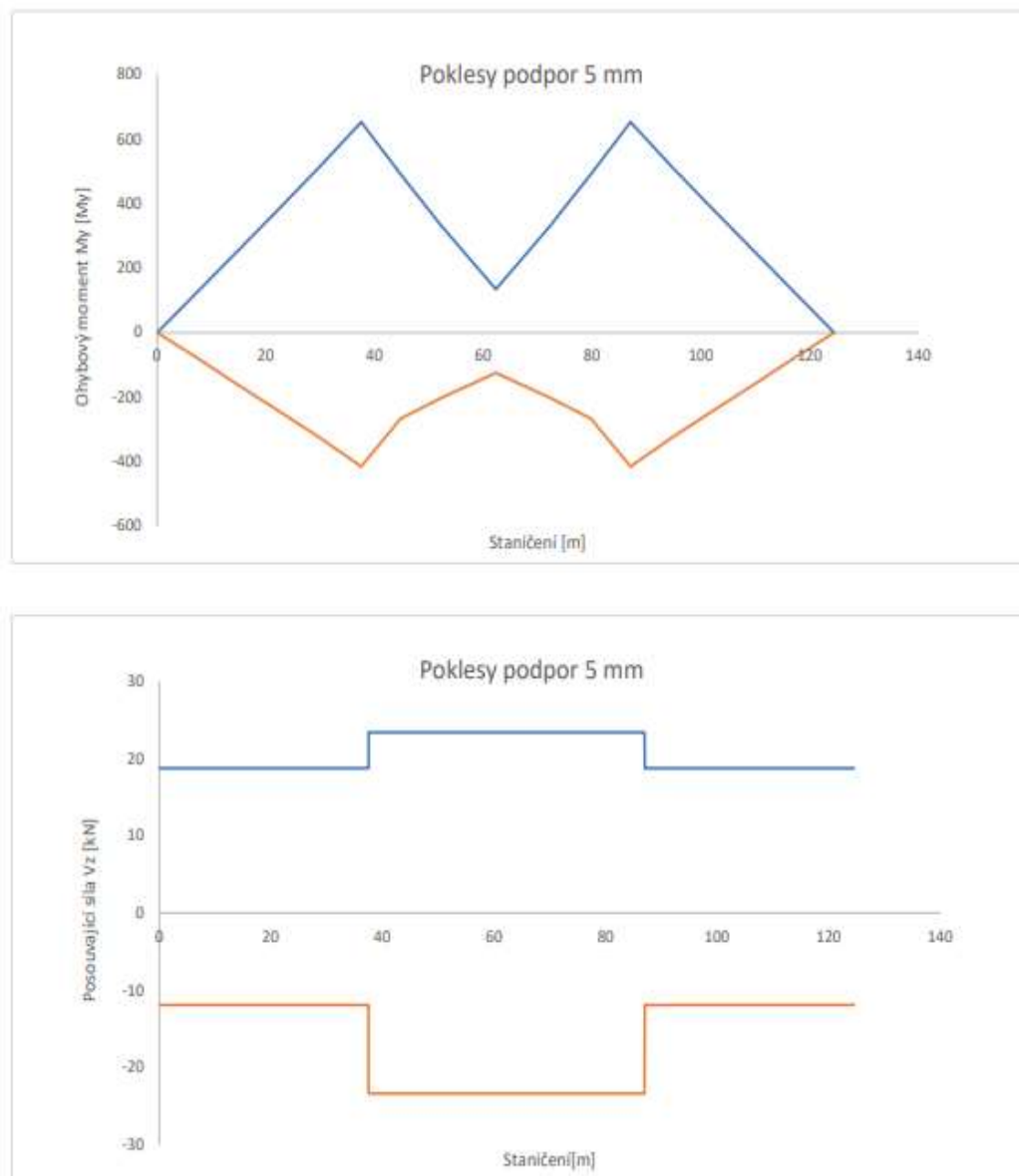
Obrázek 26 - HNK L-(g-go) k, inf-My



Obrázek 25 - HNK L-(g-go) k, inf-Vz

### 6.1.1.3 Poklesy podpor

U výsledných sil od poklesů podpor vycházejí na obou hlavních nosných konstrukcích stejné výsledné hodnoty vnitřních sil. Z tohoto důvodu jsou zde vykazovány společně.



Obrázek 27 - Poklesy podpor -  $M_y + V_z$

## 6.1.2 Vnitřní síly – proměnné zatížení

Výsledky vnitřních sil byly z programu SCIA převedeny do programu Allplan a graficky upraveny pro lepší přehlednost a čitelnost. Dále z důvodu úspory místa jsou vykreslovány posouvající síly pouze na polovině délky nosné konstrukce (konstrukce je symetrická).

### Legenda značení grafů:

HNK<sub>1</sub> P<sub>2</sub>-LM71<sub>3</sub> P<sub>4</sub>-My

HNK<sub>1</sub> Hlavní nosná konstrukce

P<sub>2</sub> Pravý hlavní nosník ve směru staničení

L<sub>2</sub> Levý hlavní nosník ve směru staničení

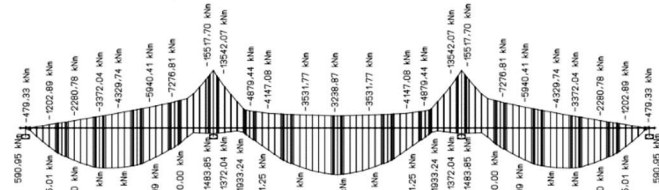
LM71<sub>3</sub> Uvažovaný model zatížení

P/L<sub>4</sub> Zda je daný model zatížení uvažován na pravé nebo levé koleji

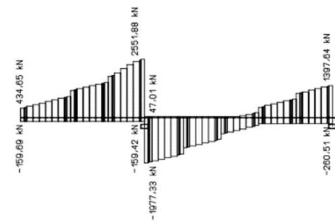
Uvažovaný směr staničení je „zleva doprava“

### 6.1.3.1 Model zatížení LM71

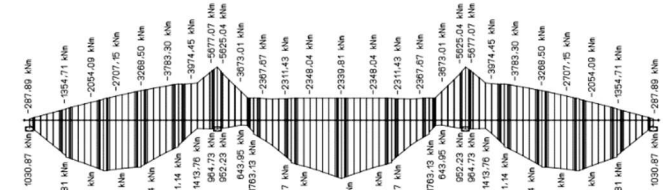
HNK P-LM71 P- My [kNm]



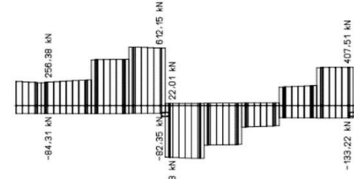
HNK P-LM71 P- Vz [kN]



HNK P-LM71 L My [kNm]

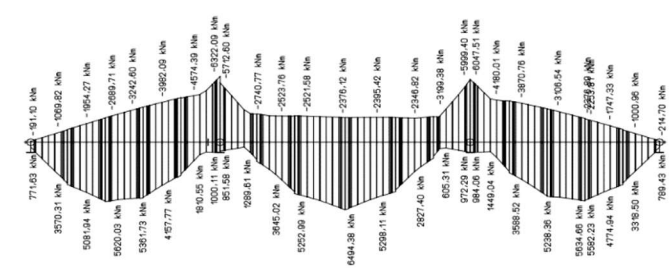


HNK P-LM71 L Vz [kN]

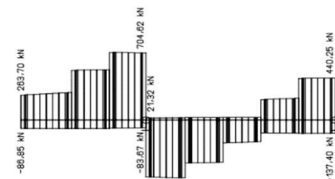


Obrázek 28 - LM71 - HNK P

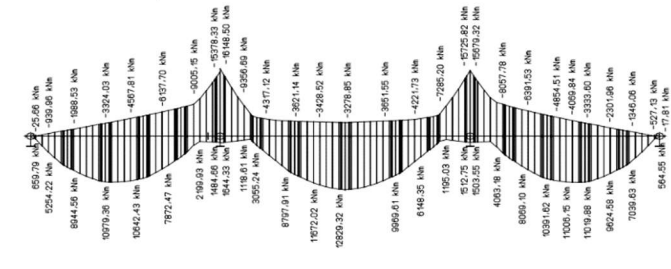
HNK L-LM71 P-My [kNm]



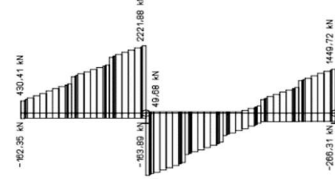
HNK L-LM71 P-Vz [kN]



HNK L-LM71 L-My [kNm]



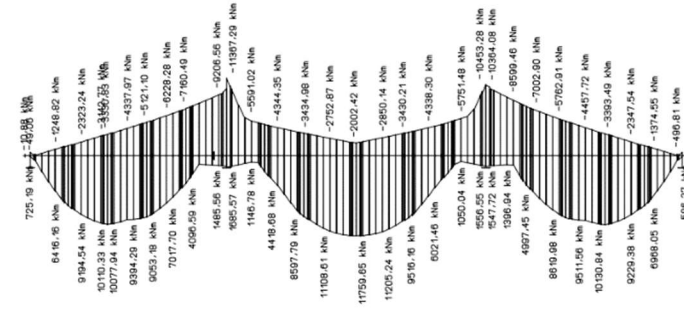
HNK L-LM71 L-Vz [kN]



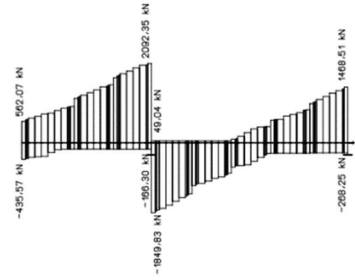
Obrázek 29 - LM71 - HNK L

### 6.1.3.2 Model zatížení SW/O

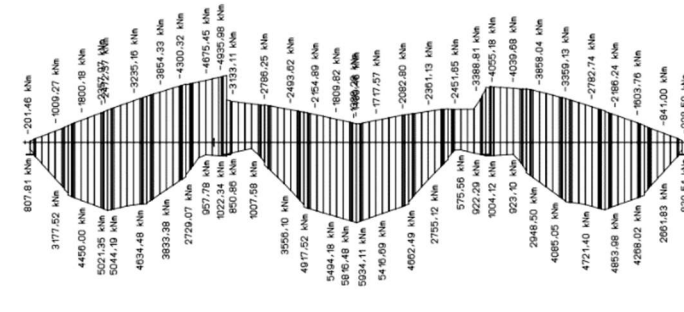
HNK P-SW/O P My [kNm]



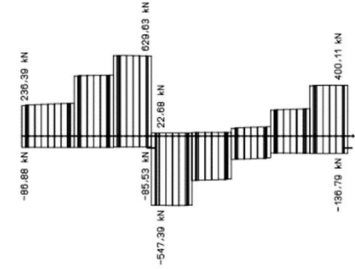
HNK P-SW/O P Vz [kN]



HNK P-SW/O L My [kNm]

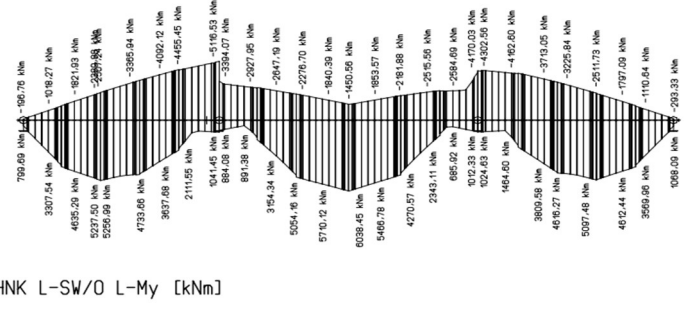


HNK P-SW/O L Vz [kN]

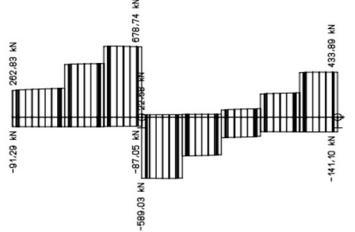


Obrázek 30-SW/O-HNK P

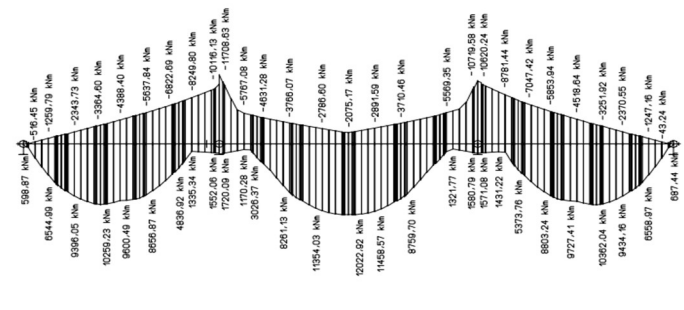
HNK L-SW/O P-My [kNm]



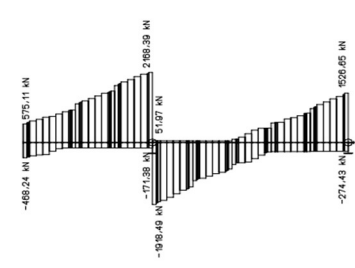
HNK L-SW/O P-Vz [kN]



HNK L-SW/O L-My [kNm]



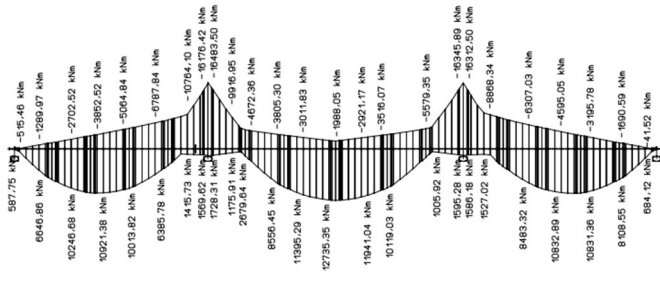
HNK P-SW/O P-Vz [kN]



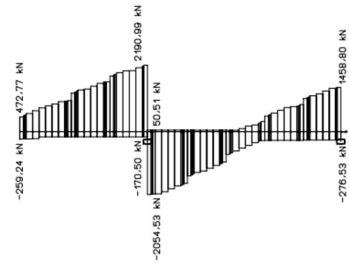
Obrázek 31-SW/O-HNK L

### 6.1.3.3 Model zatížení SW/2

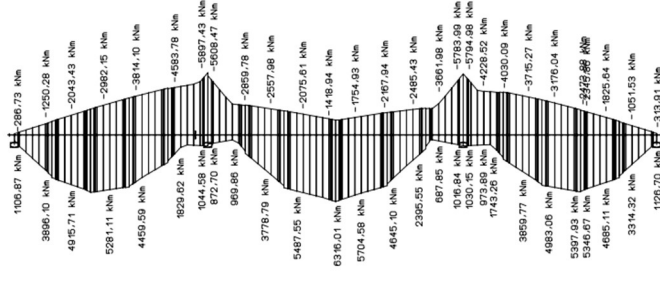
HNK P-SW/2 P My [kNm]



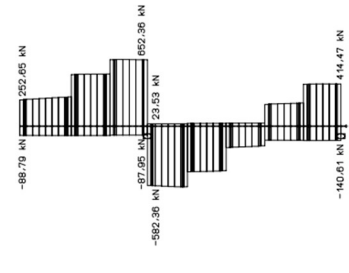
HNK P-SW/2 P Vz [kN]



HNK P-SW/2 L My [kNm]

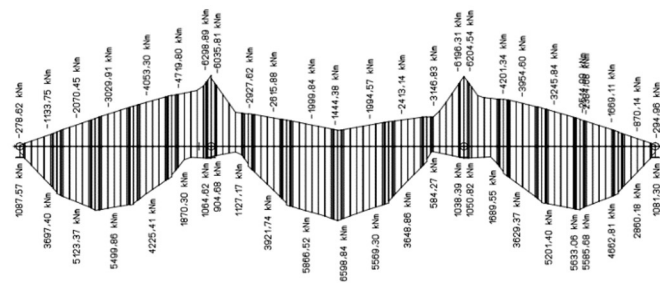


HNK P-SW/2 L-Vz [kN]

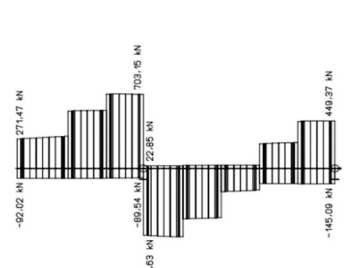


Obrázek 32 - SW/2-HNK P

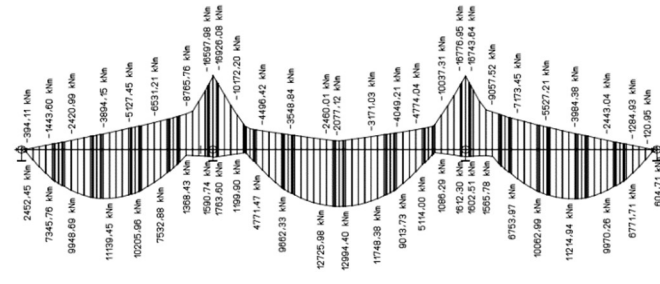
HNK L-SW2 P-My [kNm]



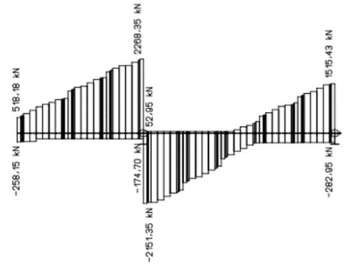
HNK L-SW2 P-Vz [kN]



HNK L-SW2 L-My [kNm]

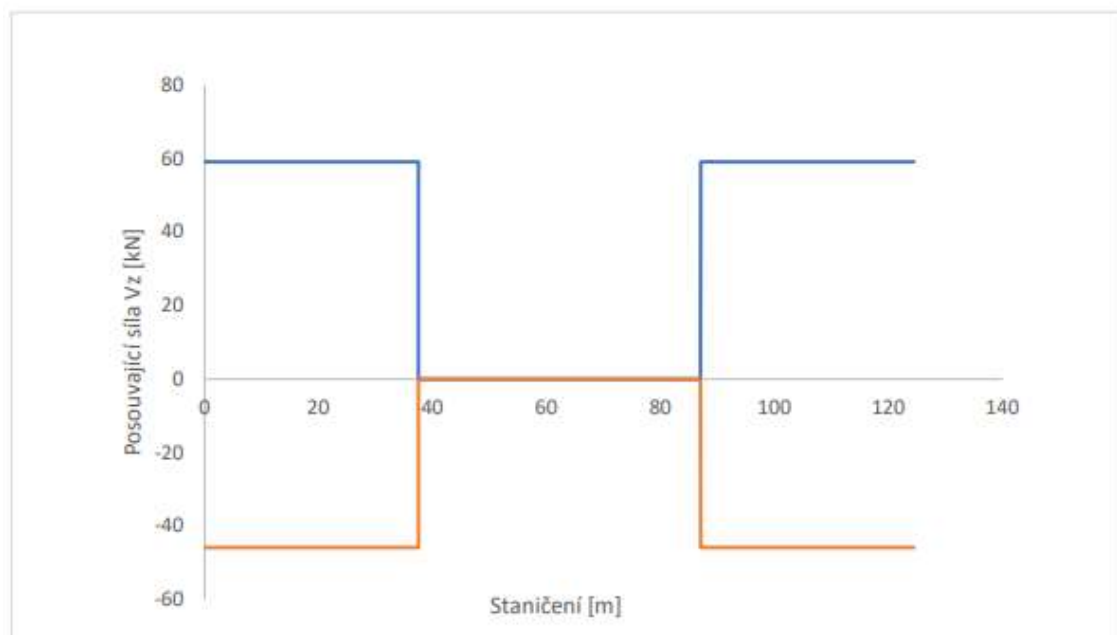
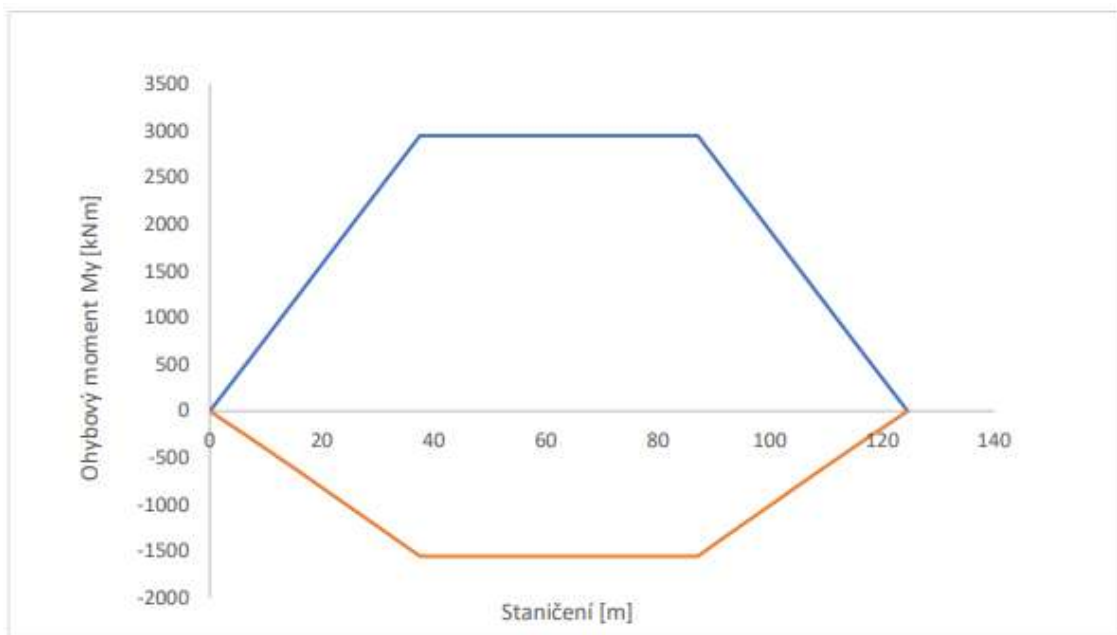


HNK L-SW2 L-Vz [kN]



Obrázek 33 - SW/2 - HNK L

### 6.1.3.4 Zatížení teplotními změnami



Obrázek 34 - Zatížení teplotními změnami (bez  $k_{sur}$ )

# 7 Kombinace zatížení

## 7.1 Úvod

Kombinace jednotlivých vnitřních sil jsou sestaveny podle normy ČSN EN 1990. Po sestavení jednotlivých kombinací pomocí tabulek v Microsoft Excel a výpočetního programu SCIA Engineer byly vytaženy obálky vnitřních sil od daných kombinací.

Kombinace byly vytvořeny pro posouzení MSP a MSÚ. Dále byly rozděleny na kombinace pro dokončený most a stavební stavby. Hlavní proměnné zatížení pro dokončený most bylo uvažováno zatížení dopravou (LM71, SW/0 nebo SW/2) a zatížení teplotními změnami. Pro stavební stavby bylo uvažováno jako hlavní proměnné zatížení zatížení staveništní a zatížení teplotními změnami. U teplotních změn byl koeficient  $k_{sur}$  zadávám přímo v rámci zatěžovacích stavů při výpočtu konstrukce. Dynamický součinitel byl uvažován u všech typů pohyblivých zatížení (LM71, SW/0 a SW/2).

V této bakalářské práci jsou uvažovány sestavy zatížení pro železniční mosty-jednokolejné a dvoukolejné. Uvažuje se pouze svislé pohyblivé zatížení a z toho důvodu jsou vytvořeny sestavy zatížení dopravou gr11, gr21 a gr26.

U gr11 je zatěžována vždy buďto pouze první nebo pouze druhá kolej zatížením "1.21. LM71" nebo "1.21. SW/0". Celkem vznikají 4 různé případy zatížení,

Při sestavě zatížení dopravou gr21 budou zatěžovány obě koleje současně různou kombinací zatížení "1.21. LM71" nebo "1.21. SW/0".

U gr26 bude použito zatížení "SW/2" vždy pouze v jedné nebo druhé koleji a zároveň druhá kolej bude zatížena pohyblivým zatížením "1.21. LM71" nebo "1.21. SW/0".



## 7.2 Rovnice a součinitele užitych kombinací

Rovnice pro kombinace MSP:

Pro posouzení MSP byly sestaveny charakteristické a kvazistálé kombinace zatížení.

Charakteristická kombinace zatížení:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} " + " P " + " Q_{k,1} " + " \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Kvazistálá kombinace zatížení:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} " + " P " + " \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Rovnice pro kombinace MSÚ

Pro posouzení MSÚ byly sestaveny kombinace podle vztahů (6.10a) a (6.10b), uvedených v ČSN EN 1990.

Rovnice 6.10a podle ČSN EN 1990:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} " + " \gamma_P P " + " \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} " + " \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Rovnice 6.10b podle ČSN EN 1990:

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} " + " \gamma_P P " + " \gamma_{Q,1} Q_{k,1} " + " \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

## Kombinační součinitele

Tabulka 4 - Kombinační součinitele

Zatížení		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$	
Jednotlivé složky zatížení dopravou	LM71	0,8	<sup>1)</sup>	0,0	
	SW/0	0,8	<sup>1)</sup>	0,0	
	SW/2	0,0	1,0	0,0	
Nejúčinnější zatížení dopravou (sestavy zatížení)	gr11 (LM71 + SW/0)	Max. svislé 1 a max. podélné	0,8	0,8	0,0
	gr21 (LM71 + SW/0)	Max. svislé 1 a max. podélné	0,8	0,7	0,0
	gr26 (SW/2)	SW/2 a max. podélné	0,8	0,7	0,0
Zatížení teplotou	$T_k$	0,6	0,6	0,5	
Staveništní zatížení	$Q_c$	1,0	-	1,0	

<sup>1)</sup> 0,8 pro zatížení pouze jedné koleje  
0,7 pro současně zatížené dvě koleje

## Dílčí součinitele

Tabulka 5 - Součinitele zatížení

Zatížení	Nepříznivé účinky	Příznivé účinky
Stálá zatížení	$\gamma_{G,sup} = 1,35$	$\gamma_{G,inf} = 1,00$
Předpětí- -MSÚ příznivé účinky -MSÚ stabilita tvaru s vnějším předpětím -lokální účinky	- $\gamma_{p,unfav} = 1,30$ $\gamma_{p,unfav} = 1,20$	$\gamma_{p,fav} = 1,00$ - -
Nerovnoměrné poklesy podpor-pružná lineární analýza	$\gamma_{G,set} = 1,20$	$\gamma_{G,set} = 0,0$
Zatížení dopravou-železniční mosty		
Skupiny zatížení gr.11 a gr. 21	$\gamma_{Q,set} = 1,45$	$\gamma_{Q,set} = 0,0$
Skupiny zatížení gr. 26	$\gamma_{Q,set} = 1,20$	$\gamma_{Q,set} = 0,0$
Ostatní zatížení dopravou a další proměnná zatížení	$\gamma_{Q,set} = 1,50$	$\gamma_{Q,set} = 0,0$
Redukční součinitel $\xi$	$\xi=0,85$	

## 7.3 Sestavení jednotlivých kombinací

Pro sestavení kombinací byly v programu Microsoft Excel vytvořeny jednoduché tabulky obsahující jednotlivé zatížení a k nim odpovídající součinitele. Pro jednotlivé sestavy zatížení bylo tedy třeba vytvořit celkově 4 tabulky s rozdílnými výslednými součiniteli podle toho, o jakou kombinaci se jedná. Z důvodu rozdílu mezi dolní a horní charakteristickou hodnotou bylo nakonec nutno vytvořit celkově tabulek 8. Po získání všech potřebných hodnot pro vytvoření kombinací, se ve výpočetním programu SCIA Engineer vytvořily jednotlivé kombinace ze zatěžovacích stavů, kterým se přiřadily právě tyto získané součinitele. Rozdělením jednotlivých typů kombinací do skupin výsledků jsme získali potřebné hodnoty, které byly vytaženy do programu Microsoft Excel pro další použití a do programu Allplan kvůli lepší čitelnosti hodnot vnitřních sil vykreslených programem SCIA Engineer.

V následujících kapitolách jsou uvedeny výpočty výsledných hodnot součinitelů kombinací pro jednotlivé případy zatížení uvažovaného jako Qk1.

## 7.3.1 Teplotní změny

Tabulka 6 - Součinitele - teplotní změny

### TEPLOTNÍ ZMĚNY-HORNÍ CHAR. HODNOTA-Qk1-teplota

1 Kvizitální kombinace		$\Sigma G_{k1} + P + P^{*} + \Sigma V_{1,2} Q_{k1}$						
Koeficienty		sup/inf	Sestava	$k_{ex}$	$\Phi_i$	$V_{1,1}$	$V_{1,2}$	
1	Vlastní tíha n.k.	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2	Zabradlí	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3	Rímky	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
4	Kolejové lože	1,300	=	1,30	1,00	1,00	1,00	1,00
5	Izolace s ochranou	1,200	=	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00
6	Kolejnice	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
7	Betonové pražce	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
8	(LM71 nebo SW/0) - 1	0,000	=	1,00	1,00	1,00	1,02	0,00
9	(LM71 nebo SW/0) - 2	0,000	=	1,00	1,00	1,00	1,02	0,00
12	SW/2-1	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,02	0,00
13	SW/2-2	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,02	0,00
14	Teplota	0,500	=	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00
15	Poklesy	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

### TEPLOTNÍ ZMĚNY-SPODNÍ CHAR. HODNOTA

1 Kvizitální kombinace		$\Sigma G_{k1} + P + P^{*} + \Sigma V_{1,2} Q_{k1}$						
Koeficienty		sup/inf	Sestava	$k_{ex}$	$\Phi_i$	$V_{1,1}$	$V_{1,2}$	
1	Vlastní tíha n.k.	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2	Zabradlí	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3	Rímky	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
4	Kolejové lože	0,700	=	0,70	1,00	1,00	1,00	1,00
5	Izolace s ochranou	0,800	=	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00
6	Kolejnice	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
7	Betonové pražce	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
8	(LM71 nebo SW/0) - 1	0,000	=	1,00	1,00	1,00	1,02	0,00
9	(LM71 nebo SW/0) - 2	0,000	=	1,00	1,00	1,00	1,02	0,00
12	SW/2-1	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,02	0,00
13	SW/2-2	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,02	0,00
14	Teplota	0,500	=	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00
15	Poklesy	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

### 2 Charakteristická kombinace

2 Charakteristická kombinace		$\Sigma G_{k1} + P + P^{*} + Q_{k1} + P^{*} + \Sigma V_{1,2} Q_{k1}$						
Koeficienty		sup/inf	Sestava	$k_{ex}$	$\Phi_i$	$V_{1,1}$	$V_{1,2}$	
1	Vlastní tíha n.k.	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2	Zabradlí	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3	Rímky	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
4	Kolejové lože	1,300	=	1,30	1,00	1,00	1,00	1,00
5	Izolace s ochranou	1,200	=	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00
6	Kolejnice	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
7	Betonové pražce	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
8	(LM71 nebo SW/0) - 1	0,8117	=	1,00	1,00	1,00	1,02	0,80
9	(LM71 nebo SW/0) - 2	0,8117	=	1,00	1,00	1,00	1,02	0,80
12	SW/2-1	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,02	0,00
13	SW/2-2	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,02	0,00
14	Teplota	1,000	=	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00
15	Poklesy	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

### 2 Charakteristická kombinace

2 Charakteristická kombinace		$\Sigma G_{k1} + P + P^{*} + Q_{k1} + P^{*} + \Sigma V_{1,2} Q_{k1}$						
Koeficienty		sup/inf	Sestava	$k_{ex}$	$\Phi_i$	$V_{1,1}$	$V_{1,2}$	
1	Vlastní tíha n.k.	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2	Zabradlí	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3	Rímky	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
4	Kolejové lože	0,700	=	0,70	1,00	1,00	1,00	1,00
5	Izolace s ochranou	0,800	=	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00
6	Kolejnice	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
7	Betonové pražce	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
8	(LM71 nebo SW/0) - 1	0,8117	=	1,00	1,00	1,00	1,02	0,80
9	(LM71 nebo SW/0) - 2	0,8117	=	1,00	1,00	1,00	1,02	0,80
12	SW/2-1	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,02	0,00
13	SW/2-2	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,02	0,00
14	Teplota	1,000	=	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00
15	Poklesy	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

### 3 6.10a

3 6.10a		$\Sigma V_{1,2} G_{k1} + P + P^{*} + \Sigma V_{1,2} Q_{k1} + P^{*} + \Sigma V_{1,2} V_{1,2} Q_{k1}$ (výraz 6.10a)						
Koeficienty		sup/inf	Sestava	$k_{ex}$	$\Phi_i$	$V_{1,1}$	$V_{1,2}$	
1	Vlastní tíha n.k.	1,350	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,35
2	Zabradlí	1,350	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,35
3	Rímky	1,350	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,35
4	Kolejové lože	1,755	=	1,30	1,00	1,00	1,00	1,35
5	Izolace s ochranou	1,620	=	1,20	1,00	1,00	1,00	1,35
6	Kolejnice	1,350	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,35
7	Betonové pražce	1,350	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,35
8	(LM71 nebo SW/0) - 1	1,197	=	1,00	1,00	1,00	1,03	0,80
9	(LM71 nebo SW/0) - 2	1,197	=	1,00	1,00	1,00	1,03	0,80
12	SW/2-1	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,03	0,00
13	SW/2-2	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,03	0,00
14	Teplota	0,600	=	1,00	1,00	1,00	0,60	1,50
15	Poklesy	1,200	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,20

### 3 6.10a

3 6.10a		$\Sigma V_{1,2} G_{k1} + P + P^{*} + \Sigma V_{1,2} Q_{k1} + P^{*} + \Sigma V_{1,2} V_{1,2} Q_{k1}$ (výraz 6.10a)						
Koeficienty		sup/inf	Sestava	$k_{ex}$	$\Phi_i$	$V_{1,1}$	$V_{1,2}$	
1	Vlastní tíha n.k.	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2	Zabradlí	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3	Rímky	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
4	Kolejové lože	0,700	=	0,70	1,00	1,00	1,00	1,00
5	Izolace s ochranou	0,800	=	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00
6	Kolejnice	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
7	Betonové pražce	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
8	(LM71 nebo SW/0) - 1	1,197	=	1,00	1,00	1,00	1,03	0,80
9	(LM71 nebo SW/0) - 2	1,197	=	1,00	1,00	1,00	1,03	0,80
12	SW/2-1	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,03	0,00
13	SW/2-2	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,03	0,00
14	Teplota	0,600	=	1,00	1,00	1,00	0,60	1,50
15	Poklesy	1,200	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,20

### 4 6.10b

4 6.10b		$\Sigma V_{1,2} G_{k1} + P + P^{*} + \Sigma V_{1,2} Q_{k1} + P^{*} + \Sigma V_{1,2} V_{1,2} Q_{k1}$ (výraz 6.10b)						
Koeficienty		sup/inf	Sestava	$k_{ex}$	$\Phi_i$	$V_{1,1}$	$V_{1,2}$	
1	Vlastní tíha n.k.	1,148	=	1,00	0,85	1,00	1,00	1,35
2	Zabradlí	1,148	=	1,00	0,85	1,00	1,00	1,35
3	Rímky	1,148	=	1,00	0,85	1,00	1,00	1,35
4	Kolejové lože	1,490	=	1,30	0,85	1,00	1,00	1,35
5	Izolace s ochranou	1,377	=	1,20	0,85	1,00	1,00	1,35
6	Kolejnice	1,148	=	1,00	0,85	1,00	1,00	1,35
7	Betonové pražce	1,148	=	1,00	0,85	1,00	1,00	1,35
8	(LM71 nebo SW/0) - 1	1,197	=	1,00	1,00	1,00	1,03	0,80
9	(LM71 nebo SW/0) - 2	1,197	=	1,00	1,00	1,00	1,03	0,80
12	SW/2-1	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,03	0,00
13	SW/2-2	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,03	0,00
14	Teplota	1,500	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,50
15	Poklesy	1,020	=	1,00	0,85	1,00	1,00	1,20

### 4 6.10b

4 6.10b		$\Sigma V_{1,2} G_{k1} + P + P^{*} + \Sigma V_{1,2} Q_{k1} + P^{*} + \Sigma V_{1,2} V_{1,2} Q_{k1}$ (výraz 6.10b)						
Koeficienty		sup/inf	Sestava	$k_{ex}$	$\Phi_i$	$V_{1,1}$	$V_{1,2}$	
1	Vlastní tíha n.k.	0,850	=	1,00	0,85	1,00	1,00	1,00
2	Zabradlí	0,850	=	1,00	0,85	1,00	1,00	1,00
3	Rímky	0,850	=	1,00	0,85	1,00	1,00	1,00
4	Kolejové lože	0,995	=	0,70	0,85	1,00	1,00	1,00
5	Izolace s ochranou	0,980	=	0,80	0,85	1,00	1,00	1,00
6	Kolejnice	0,850	=	1,00	0,85	1,00	1,00	1,00
7	Betonové pražce	0,850	=	1,00	0,85	1,00	1,00	1,00
8	(LM71 nebo SW/0) - 1	1,197	=	1,00	1,00	1,00	1,03	0,80
9	(LM71 nebo SW/0) - 2	1,197	=	1,00	1,00	1,00	1,03	0,80
12	SW/2-1	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,03	0,00
13	SW/2-2	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,03	0,00
14	Teplota	1,500	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,50
15	Poklesy	1,020	=	1,00	0,85	1,00	1,00	1,20

# 7.3.2 Sestava gr11 + gr21

Tabulka 7 – Součinitele - sestava gr11 + gr21

## ZATÍŽENÍ DOPRAVOU-HORNÍ HODNOTA gr.21+11-LM71/SW/0

**1 Kvizitální kombinace**  $\sum G_{ki} \cdot P \cdot \Sigma \gamma_{i,j} \cdot Q_{ki}$

Koeficienty	sup/inf	Sestava	$R_{sup}$	$\phi_i$	$\gamma_i$	$\gamma_i$
1 Vlastní tíha n.k.	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00
2 Zábradlí	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00
3 Římsy	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00
4 Kolejové lože	1,300	=	1,30	1,00	1,00	1,00
5 Izolace s ochranou	1,200	=	1,20	1,00	1,00	1,00
6 Kolejnice	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00
7 Betonové pražce	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00
8 (LM71 nebo SW/0) - 1	0,000	=	1,00	1,00	1,00	1,02
9 (LM71 nebo SW/0) - 2	0,000	=	1,00	1,00	1,00	1,02
12 SW/2-1	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,02
13 SW/2-2	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,02
14 Teplota	0,500	=	1,00	1,00	1,00	0,50
15 Poklesy	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00

**2 Charakteristická kombinace**  $\sum G_{ki} \cdot P \cdot \Sigma \gamma_{i,j} \cdot Q_{ki} \cdot \Sigma \gamma_{i,j} \cdot Q_{ki}$

Koeficienty	sup/inf	Sestava	$R_{sup}$	$\phi_i$	$\gamma_i$	$\gamma_i$
1 Vlastní tíha n.k.	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00
2 Zábradlí	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00
3 Římsy	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00
4 Kolejové lože	1,300	=	1,30	1,00	1,00	1,00
5 Izolace s ochranou	1,200	=	1,20	1,00	1,00	1,00
6 Kolejnice	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00
7 Betonové pražce	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00
8 (LM71 nebo SW/0) - 1	1,022	=	1,00	1,00	1,00	1,02
9 (LM71 nebo SW/0) - 2	1,022	=	1,00	1,00	1,00	1,02
12 SW/2-1	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,02
13 SW/2-2	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,02
14 Teplota	0,500	=	1,00	1,00	1,00	0,50
15 Poklesy	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00

**3 6.10a**  $\Sigma \gamma_{i,j} \cdot G_{ki} \cdot P \cdot \Sigma \gamma_{i,j} \cdot P \cdot \Sigma \gamma_{i,j} \cdot Q_{ki} \cdot \Sigma \gamma_{i,j} \cdot Q_{ki}$  (výraz 6.10a)

Koeficienty	sup/inf	Sestava	$R_{sup}$	$\phi_i$	$\gamma_i$	$\gamma_i$
1 Vlastní tíha n.k.	1,350	=	1,00	1,00	1,00	1,35
2 Zábradlí	1,350	=	1,00	1,00	1,00	1,35
3 Římsy	1,350	=	1,00	1,00	1,00	1,35
4 Kolejové lože	1,755	=	1,30	1,00	1,00	1,35
5 Izolace s ochranou	1,620	=	1,20	1,00	1,00	1,35
6 Kolejnice	1,350	=	1,00	1,00	1,00	1,35
7 Betonové pražce	1,350	=	1,00	1,00	1,00	1,35
8 (LM71 nebo SW/0) - 1	1,187	=	1,00	1,00	1,00	1,03
9 (LM71 nebo SW/0) - 2	1,187	=	1,00	1,00	1,00	1,03
12 SW/2-1	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,03
13 SW/2-2	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,03
14 Teplota	0,900	=	1,00	1,00	1,00	0,60
15 Poklesy	1,200	=	1,00	1,00	1,00	1,20

**4 6.10b**  $\Sigma \gamma_{i,j} \cdot G_{ki} \cdot P \cdot \Sigma \gamma_{i,j} \cdot P \cdot \Sigma \gamma_{i,j} \cdot Q_{ki} \cdot \Sigma \gamma_{i,j} \cdot P \cdot \Sigma \gamma_{i,j} \cdot Q_{ki}$  (výraz 6.10b)

Koeficienty	sup/inf	Sestava	$R_{sup}$	$\phi_i$	$\gamma_i$	$\gamma_i$
1 Vlastní tíha n.k.	1,148	=	1,00	0,85	1,00	1,00
2 Zábradlí	1,148	=	1,00	0,85	1,00	1,00
3 Římsy	1,148	=	1,00	0,85	1,00	1,00
4 Kolejové lože	1,492	=	1,30	0,85	1,00	1,00
5 Izolace s ochranou	1,377	=	1,20	0,85	1,00	1,00
6 Kolejnice	1,148	=	1,00	0,85	1,00	1,00
7 Betonové pražce	1,148	=	1,00	0,85	1,00	1,00
8 (LM71 nebo SW/0) - 1	1,497	=	1,00	1,00	1,00	1,03
9 (LM71 nebo SW/0) - 2	1,497	=	1,00	1,00	1,00	1,03
12 SW/2-1	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,03
13 SW/2-2	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,03
14 Teplota	0,900	=	1,00	1,00	1,00	0,60
15 Poklesy	1,020	=	1,00	0,85	1,00	1,00

## ZATÍŽENÍ DOPRAVOU-SPODNÍ HODNOTA

**1 Kvizitální kombinace**  $\sum G_{ki} \cdot P \cdot \Sigma \gamma_{i,j} \cdot Q_{ki}$

Koeficienty	sup/inf	Sestava	$R_{sup}$	$\phi_i$	$\gamma_i$	$\gamma_i$
1 Vlastní tíha n.k.	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00
2 Zábradlí	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00
3 Římsy	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00
4 Kolejové lože	0,700	=	0,70	1,00	1,00	1,00
5 Izolace s ochranou	0,800	=	0,80	1,00	1,00	1,00
6 Kolejnice	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00
7 Betonové pražce	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00
8 (LM71 nebo SW/0) - 1	0,000	=	1,00	1,00	1,00	1,02
9 (LM71 nebo SW/0) - 2	0,000	=	1,00	1,00	1,00	1,02
12 SW/2-1	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,02
13 SW/2-2	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,02
14 Teplota	0,500	=	1,00	1,00	1,00	0,50
15 Poklesy	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00

**2 Charakteristická kombinace**  $\sum G_{ki} \cdot P \cdot \Sigma \gamma_{i,j} \cdot Q_{ki} \cdot \Sigma \gamma_{i,j} \cdot Q_{ki}$

Koeficienty	sup/inf	Sestava	$R_{sup}$	$\phi_i$	$\gamma_i$	$\gamma_i$
1 Vlastní tíha n.k.	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00
2 Zábradlí	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00
3 Římsy	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00
4 Kolejové lože	0,700	=	0,70	1,00	1,00	1,00
5 Izolace s ochranou	0,800	=	0,80	1,00	1,00	1,00
6 Kolejnice	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00
7 Betonové pražce	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00
8 (LM71 nebo SW/0) - 1	1,022	=	1,00	1,00	1,00	1,02
9 (LM71 nebo SW/0) - 2	1,022	=	1,00	1,00	1,00	1,02
12 SW/2-1	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,02
13 SW/2-2	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,02
14 Teplota	0,500	=	1,00	1,00	1,00	0,50
15 Poklesy	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00

**3 6.10a**  $\Sigma \gamma_{i,j} \cdot G_{ki} \cdot P \cdot \Sigma \gamma_{i,j} \cdot P \cdot \Sigma \gamma_{i,j} \cdot Q_{ki} \cdot \Sigma \gamma_{i,j} \cdot Q_{ki}$  (výraz 6.10a)

Koeficienty	sup/inf	Sestava	$R_{sup}$	$\phi_i$	$\gamma_i$	$\gamma_i$
1 Vlastní tíha n.k.	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00
2 Zábradlí	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00
3 Římsy	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00
4 Kolejové lože	0,700	=	0,70	1,00	1,00	1,00
5 Izolace s ochranou	0,800	=	0,80	1,00	1,00	1,00
6 Kolejnice	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00
7 Betonové pražce	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00
8 (LM71 nebo SW/0) - 1	1,197	=	1,00	1,00	1,00	1,03
9 (LM71 nebo SW/0) - 2	1,197	=	1,00	1,00	1,00	1,03
12 SW/2-1	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,03
13 SW/2-2	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,03
14 Teplota	0,900	=	1,00	1,00	1,00	0,60
15 Poklesy	1,200	=	1,00	1,00	1,00	1,20

**4 6.10b**  $\Sigma \gamma_{i,j} \cdot G_{ki} \cdot P \cdot \Sigma \gamma_{i,j} \cdot P \cdot \Sigma \gamma_{i,j} \cdot Q_{ki} \cdot \Sigma \gamma_{i,j} \cdot P \cdot \Sigma \gamma_{i,j} \cdot Q_{ki}$  (výraz 6.10b)

Koeficienty	sup/inf	Sestava	$R_{sup}$	$\phi_i$	$\gamma_i$	$\gamma_i$
1 Vlastní tíha n.k.	0,850	=	1,00	0,85	1,00	1,00
2 Zábradlí	0,850	=	1,00	0,85	1,00	1,00
3 Římsy	0,850	=	1,00	0,85	1,00	1,00
4 Kolejové lože	0,595	=	0,70	0,85	1,00	1,00
5 Izolace s ochranou	0,680	=	0,80	0,85	1,00	1,00
6 Kolejnice	0,850	=	1,00	0,85	1,00	1,00
7 Betonové pražce	0,850	=	1,00	0,85	1,00	1,00
8 (LM71 nebo SW/0) - 1	1,497	=	1,00	1,00	1,00	1,03
9 (LM71 nebo SW/0) - 2	1,497	=	1,00	1,00	1,00	1,03
12 SW/2-1	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,03
13 SW/2-2	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,03
14 Teplota	0,900	=	1,00	1,00	1,00	0,60
15 Poklesy	1,020	=	1,00	0,85	1,00	1,00



### 7.3.3 Sestava gr26 – Pravá kolej

Tabulka 8 - Součinitele - gr26 Pravá kolej

#### ZATÍŽENÍ DOPRAVOU-HORNÍ HODNOTA gr.26- SW/2-Pravá kolej

**1 Kvizistální kombinace**  $\Sigma G_{k1} \cdot \gamma_P \cdot P + \Sigma \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1}$

	Koeficienty	suplínf	Sestava	$k_{sup}$	$\phi_1$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	
1 Vlastní tíha n.k.	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
2 Zábřadíl	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
3 Římsy	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
4 Kolejové lože	1,300	=	1,30	1,00	1,00	1,00	1,00	
5 Izolace s ochranou	1,200	=	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00	
6 Kolejnice	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
7 Betonové pražce	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
8 (LM71 nebo SW0) - 1	0,000	=	1,00	1,00	1,02	0,00	1,00	
9 (LM71 nebo SW0) - 2	0,000	=	1,00	1,00	1,02	0,00	1,00	
12 SW/2-1	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,02	0,00	1,00
13 SW/2-2	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,02	0,00	1,00
14 Teplota	0,500	=	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00
15 Poklesy	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

#### ZATÍŽENÍ DOPRAVOU-SPODNÍ HODNOTA

**1 Kvizistální kombinace**  $\Sigma G_{k1} \cdot \gamma_P \cdot P + \Sigma \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1}$

	Koeficienty	suplínf	Sestava	$k_{sup}$	$\phi_1$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	
1 Vlastní tíha n.k.	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
2 Zábřadíl	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
3 Římsy	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
4 Kolejové lože	0,700	=	0,70	1,00	1,00	1,00	1,00	
5 Izolace s ochranou	0,800	=	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	
6 Kolejnice	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
7 Betonové pražce	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
8 (LM71 nebo SW0) - 1	0,000	=	1,00	1,00	1,00	1,02	0,00	1,00
9 (LM71 nebo SW0) - 2	0,000	=	1,00	1,00	1,00	1,02	0,00	1,00
12 SW/2-1	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,02	0,00	1,00
13 SW/2-2	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,02	0,00	1,00
14 Teplota	0,500	=	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00
15 Poklesy	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

#### 2 Charakteristická kombinace

$\Sigma G_{k1} \cdot \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \Sigma \gamma_{Q2} \cdot Q_{k2}$

	Koeficienty	suplínf	Sestava	$k_{sup}$	$\phi_1$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	
1 Vlastní tíha n.k.	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
2 Zábřadíl	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
3 Římsy	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
4 Kolejové lože	1,300	=	1,30	1,00	1,00	1,00	1,00	
5 Izolace s ochranou	1,200	=	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00	
6 Kolejnice	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
7 Betonové pražce	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
8 (LM71 nebo SW0) - 1	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,02	1,00	1,00
9 (LM71 nebo SW0) - 2	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,02	1,00	1,00
12 SW/2-1	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,02	0,00	1,00
13 SW/2-2	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,02	0,00	1,00
14 Teplota	0,500	=	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	1,00
15 Poklesy	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

#### 2 Charakteristická kombinace

$\Sigma G_{k1} \cdot \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \Sigma \gamma_{Q2} \cdot Q_{k2}$

	Koeficienty	suplínf	Sestava	$k_{sup}$	$\phi_1$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	
1 Vlastní tíha n.k.	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
2 Zábřadíl	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
3 Římsy	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
4 Kolejové lože	0,700	=	0,70	1,00	1,00	1,00	1,00	
5 Izolace s ochranou	0,800	=	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	
6 Kolejnice	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
7 Betonové pražce	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
8 (LM71 nebo SW0) - 1	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,02	1,00	1,00
9 (LM71 nebo SW0) - 2	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,02	1,00	1,00
12 SW/2-1	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,02	0,00	1,00
13 SW/2-2	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,02	0,00	1,00
14 Teplota	0,500	=	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	1,00
15 Poklesy	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

#### 3 6.10a

$\Sigma \gamma_{G1} \cdot G_{k1} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \Sigma \gamma_{Q2} \cdot Q_{k2}$  (výraz 6.10a)

	Koeficienty	suplínf	Sestava	$k_{sup}$	$\phi_1$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	
1 Vlastní tíha n.k.	1,350	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,35	
2 Zábřadíl	1,350	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,35	
3 Římsy	1,350	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,35	
4 Kolejové lože	1,755	=	1,30	1,00	1,00	1,00	1,35	
5 Izolace s ochranou	1,820	=	1,20	1,00	1,00	1,00	1,35	
6 Kolejnice	1,350	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,35	
7 Betonové pražce	1,350	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,35	
8 (LM71 nebo SW0) - 1	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,03	1,45	
9 (LM71 nebo SW0) - 2	1,197	=	1,00	1,00	1,00	1,03	0,80	1,45
12 SW/2-1	0,000	=	1,00	1,00	1,03	0,00	1,20	
13 SW/2-2	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,03	0,00	1,20
14 Teplota	0,900	=	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	1,50
15 Poklesy	1,300	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,20	

#### 3 6.10a

$\Sigma \gamma_{G1} \cdot G_{k1} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \Sigma \gamma_{Q2} \cdot Q_{k2}$  (výraz 6.10a)

	Koeficienty	suplínf	Sestava	$k_{sup}$	$\phi_1$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	
1 Vlastní tíha n.k.	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
2 Zábřadíl	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
3 Římsy	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
4 Kolejové lože	0,700	=	0,70	1,00	1,00	1,00	1,00	
5 Izolace s ochranou	0,800	=	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	
6 Kolejnice	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
7 Betonové pražce	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
8 (LM71 nebo SW0) - 1	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,03	1,45	
9 (LM71 nebo SW0) - 2	1,197	=	1,00	1,00	1,00	1,03	0,80	1,45
12 SW/2-1	0,000	=	1,00	1,00	1,00	1,03	0,00	1,20
13 SW/2-2	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,03	0,00	1,20
14 Teplota	0,900	=	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	1,50
15 Poklesy	1,200	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,20	

#### 4 6.10b

$\Sigma \gamma_{G1} \cdot G_{k1} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \Sigma \gamma_{Q2} \cdot Q_{k2}$  (výraz 6.10b)

	Koeficienty	suplínf	Sestava	$k_{sup}$	$\phi_1$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	
1 Vlastní tíha n.k.	1,148	=	1,00	0,85	1,00	1,00	1,35	
2 Zábřadíl	1,148	=	1,00	0,85	1,00	1,00	1,35	
3 Římsy	1,148	=	1,00	0,85	1,00	1,00	1,35	
4 Kolejové lože	1,492	=	1,30	0,85	1,00	1,00	1,35	
5 Izolace s ochranou	1,377	=	1,20	0,85	1,00	1,00	1,35	
6 Kolejnice	1,148	=	1,00	0,85	1,00	1,00	1,35	
7 Betonové pražce	1,148	=	1,00	0,85	1,00	1,00	1,35	
8 (LM71 nebo SW0) - 1	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,03	1,45	
9 (LM71 nebo SW0) - 2	1,497	=	1,00	1,00	1,00	1,03	1,00	1,45
12 SW/2-1	0,000	=	1,00	1,00	1,00	1,03	0,00	1,20
13 SW/2-2	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,03	0,00	1,20
14 Teplota	0,900	=	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	1,50
15 Poklesy	1,020	=	1,00	0,85	1,00	1,00	1,20	

#### 4 6.10b

$\Sigma \gamma_{G1} \cdot G_{k1} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \Sigma \gamma_{Q2} \cdot Q_{k2}$  (výraz 6.10b)

	Koeficienty	suplínf	Sestava	$k_{sup}$	$\phi_1$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	
1 Vlastní tíha n.k.	0,850	=	1,00	0,85	1,00	1,00	1,00	
2 Zábřadíl	0,850	=	1,00	0,85	1,00	1,00	1,00	
3 Římsy	0,850	=	1,00	0,85	1,00	1,00	1,00	
4 Kolejové lože	0,595	=	0,70	0,85	1,00	1,00	1,00	
5 Izolace s ochranou	0,680	=	0,80	0,85	1,00	1,00	1,00	
6 Kolejnice	0,850	=	1,00	0,85	1,00	1,00	1,00	
7 Betonové pražce	0,850	=	1,00	0,85	1,00	1,00	1,00	
8 (LM71 nebo SW0) - 1	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,03	1,45	
9 (LM71 nebo SW0) - 2	1,497	=	1,00	1,00	1,00	1,03	1,00	1,45
12 SW/2-1	0,000	=	1,00	1,00	1,00	1,03	0,00	1,20
13 SW/2-2	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,03	0,00	1,20
14 Teplota	0,900	=	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	1,50
15 Poklesy	1,020	=	1,00	0,85	1,00	1,00	1,20	

## 7.3.4 Sestava gr26 – Levá kolej

Tabulka 9 - Součinitele - gr26 Levá kolej

### ZATÍŽENÍ DOPRAVOU-HORNÍ HODNOTA gr.26- SW/2-Levá kolej

1 Kvantilová kombinace		$\Sigma G_{k1} \cdot \psi_k \cdot P \cdot \psi_k \cdot Q_{k1} \cdot \psi_k \cdot \Sigma \psi_{j1} \cdot Q_{k1}$						
	Koeficienty	sup/inf	Sestava	$k_{sup}$	$\phi_k$	$\psi_{k1}$	$\psi_{j1}$	
1	Vlastní tíha n.k.	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2	Zábradlí	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3	Rímky	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
4	Kolejové lože	1,300	=	1,30	1,00	1,00	1,00	1,00
5	Izolace s ochrannou	1,200	=	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00
6	Kolejnice	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
7	Betonové pražce	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
8	(LM71 nebo SW/0) - 1	0,000	=	1,00	1,00	1,00	1,02	0,90
9	(LM71 nebo SW/0) - 2	0,000	=	1,00	1,00	1,00	1,02	0,90
12	SW/2-1	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,02	0,90
13	SW/2-2	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,02	0,90
14	Teplota	0,500	=	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50
15	Poklesy	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

2 Charakteristická kombinace		$\Sigma G_{k1} \cdot \psi_k \cdot P \cdot \psi_k \cdot Q_{k1} \cdot \psi_k \cdot \Sigma \psi_{j1} \cdot Q_{k1}$						
	Koeficienty	sup/inf	Sestava	$k_{sup}$	$\phi_k$	$\psi_{k1}$	$\psi_{j1}$	
1	Vlastní tíha n.k.	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2	Zábradlí	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3	Rímky	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
4	Kolejové lože	1,300	=	1,30	1,00	1,00	1,00	1,00
5	Izolace s ochrannou	1,200	=	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00
6	Kolejnice	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
7	Betonové pražce	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
8	(LM71 nebo SW/0) - 1	1,022	=	1,00	1,00	1,00	1,02	1,00
9	(LM71 nebo SW/0) - 2	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,02	1,00
12	SW/2-1	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,02	1,00
13	SW/2-2	1,022	=	1,00	1,00	1,00	1,02	1,00
14	Teplota	1,600	=	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60
15	Poklesy	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

3 6.10a		$\Sigma \gamma_{G1} \cdot G_{k1} \cdot \psi_k \cdot P \cdot \psi_k \cdot \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} \cdot \psi_k \cdot \Sigma \gamma_{Qj1} \cdot Q_{k1}$ (výraz 6.10a)						
	Koeficienty	sup/inf	Sestava	$k_{sup}$	$\phi_k$	$\psi_{k1}$	$\psi_{j1}$	
1	Vlastní tíha n.k.	1,350	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,35
2	Zábradlí	1,350	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,35
3	Rímky	1,350	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,35
4	Kolejové lože	1,755	=	1,30	1,00	1,00	1,00	1,35
5	Izolace s ochrannou	1,520	=	1,20	1,00	1,00	1,00	1,35
6	Kolejnice	1,350	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,35
7	Betonové pražce	1,350	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,35
8	(LM71 nebo SW/0) - 1	1,197	=	1,00	1,00	1,00	1,03	0,80
9	(LM71 nebo SW/0) - 2	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,03	0,80
12	SW/2-1	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,03	0,80
13	SW/2-2	0,000	=	1,00	1,00	1,00	1,03	0,80
14	Teplota	0,900	=	1,00	1,00	1,00	1,00	0,90
15	Poklesy	1,200	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,20

4 6.10b		$\Sigma \gamma_{G1} \cdot G_{k1} \cdot \psi_k \cdot P \cdot \psi_k \cdot \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} \cdot \psi_k \cdot \Sigma \gamma_{Qj1} \cdot Q_{k1}$ (výraz 6.10b)						
	Koeficienty	sup/inf	Sestava	$k_{sup}$	$\phi_k$	$\psi_{k1}$	$\psi_{j1}$	
1	Vlastní tíha n.k.	1,148	=	1,00	0,85	1,00	1,00	1,35
2	Zábradlí	1,148	=	1,00	0,85	1,00	1,00	1,35
3	Rímky	1,148	=	1,00	0,85	1,00	1,00	1,35
4	Kolejové lože	1,493	=	1,30	0,85	1,00	1,00	1,35
5	Izolace s ochrannou	1,377	=	1,20	0,85	1,00	1,00	1,35
6	Kolejnice	1,148	=	1,00	0,85	1,00	1,00	1,35
7	Betonové pražce	1,148	=	1,00	0,85	1,00	1,00	1,35
8	(LM71 nebo SW/0) - 1	1,497	=	1,00	1,00	1,00	1,03	1,00
9	(LM71 nebo SW/0) - 2	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,03	1,00
12	SW/2-1	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,03	1,00
13	SW/2-2	1,239	=	1,00	1,00	1,00	1,03	1,00
14	Teplota	0,900	=	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60
15	Poklesy	1,020	=	1,00	0,85	1,00	1,00	1,20

### ZATÍŽENÍ DOPRAVOU-SPODNÍ HODNOTA

1 Kvantilová kombinace		$\Sigma G_{k1} \cdot \psi_k \cdot P \cdot \psi_k \cdot Q_{k1} \cdot \psi_k \cdot \Sigma \psi_{j1} \cdot Q_{k1}$						
	Koeficienty	sup/inf	Sestava	$k_{sup}$	$\phi_k$	$\psi_{k1}$	$\psi_{j1}$	
1	Vlastní tíha n.k.	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2	Zábradlí	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3	Rímky	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
4	Kolejové lože	0,700	=	0,70	1,00	1,00	1,00	1,00
5	Izolace s ochrannou	0,800	=	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00
6	Kolejnice	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
7	Betonové pražce	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
8	(LM71 nebo SW/0) - 1	0,000	=	1,00	1,00	1,00	1,02	0,90
9	(LM71 nebo SW/0) - 2	0,000	=	1,00	1,00	1,00	1,02	0,90
12	SW/2-1	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,02	0,90
13	SW/2-2	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,02	0,90
14	Teplota	0,500	=	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50
15	Poklesy	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

2 Charakteristická kombinace		$\Sigma G_{k1} \cdot \psi_k \cdot P \cdot \psi_k \cdot Q_{k1} \cdot \psi_k \cdot \Sigma \psi_{j1} \cdot Q_{k1}$						
	Koeficienty	sup/inf	Sestava	$k_{sup}$	$\phi_k$	$\psi_{k1}$	$\psi_{j1}$	
1	Vlastní tíha n.k.	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2	Zábradlí	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3	Rímky	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
4	Kolejové lože	0,700	=	0,70	1,00	1,00	1,00	1,00
5	Izolace s ochrannou	0,800	=	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00
6	Kolejnice	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
7	Betonové pražce	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
8	(LM71 nebo SW/0) - 1	1,022	=	1,00	1,00	1,00	1,02	1,00
9	(LM71 nebo SW/0) - 2	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,02	1,00
12	SW/2-1	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,02	1,00
13	SW/2-2	1,022	=	1,00	1,00	1,00	1,02	1,00
14	Teplota	1,600	=	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60
15	Poklesy	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

3 6.10a		$\Sigma \gamma_{G1} \cdot G_{k1} \cdot \psi_k \cdot P \cdot \psi_k \cdot \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} \cdot \psi_k \cdot \Sigma \gamma_{Qj1} \cdot Q_{k1}$ (výraz 6.10a)						
	Koeficienty	sup/inf	Sestava	$k_{sup}$	$\phi_k$	$\psi_{k1}$	$\psi_{j1}$	
1	Vlastní tíha n.k.	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2	Zábradlí	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3	Rímky	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
4	Kolejové lože	0,700	=	0,70	1,00	1,00	1,00	1,00
5	Izolace s ochrannou	0,800	=	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00
6	Kolejnice	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
7	Betonové pražce	1,000	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
8	(LM71 nebo SW/0) - 1	1,197	=	1,00	1,00	1,00	1,03	0,80
9	(LM71 nebo SW/0) - 2	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,03	0,80
12	SW/2-1	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,03	0,80
13	SW/2-2	0,000	=	1,00	1,00	1,00	1,03	0,80
14	Teplota	0,900	=	1,00	1,00	1,00	1,00	0,90
15	Poklesy	1,200	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,20

4 6.10b		$\Sigma \gamma_{G1} \cdot G_{k1} \cdot \psi_k \cdot P \cdot \psi_k \cdot \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} \cdot \psi_k \cdot \Sigma \gamma_{Qj1} \cdot Q_{k1}$ (výraz 6.10b)						
	Koeficienty	sup/inf	Sestava	$k_{sup}$	$\phi_k$	$\psi_{k1}$	$\psi_{j1}$	
1	Vlastní tíha n.k.	0,850	=	1,00	0,85	1,00	1,00	1,00
2	Zábradlí	0,850	=	1,00	0,85	1,00	1,00	1,00
3	Rímky	0,850	=	1,00	0,85	1,00	1,00	1,00
4	Kolejové lože	0,595	=	0,70	0,85	1,00	1,00	1,00
5	Izolace s ochrannou	0,680	=	0,80	0,85	1,00	1,00	1,00
6	Kolejnice	0,850	=	1,00	0,85	1,00	1,00	1,00
7	Betonové pražce	0,850	=	1,00	0,85	1,00	1,00	1,00
8	(LM71 nebo SW/0) - 1	0,997	=	1,00	1,00	1,00	1,03	1,00
9	(LM71 nebo SW/0) - 2	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,03	1,00
12	SW/2-1	0,000	=	1,00	0,00	1,00	1,03	1,00
13	SW/2-2	1,239	=	1,00	1,00	1,00	1,03	1,00
14	Teplota	0,900	=	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60
15	Poklesy	1,020	=	1,00	0,85	1,00	1,00	1,20



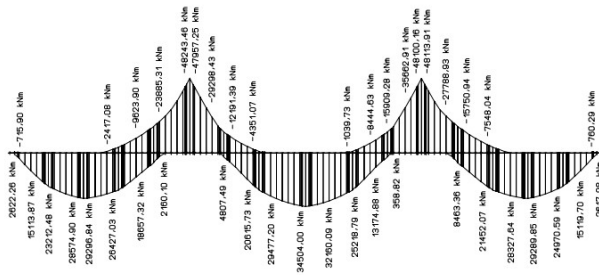


## 7.4 Výsledné hodnoty kombinací vnitřních sil

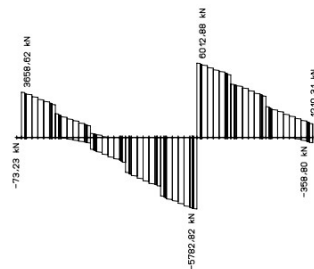
Výsledné hodnoty vnitřních sil jsou zde pouze ukázány pro celkový přehled. Z důvodu velké členitosti konstrukce bylo nutno hodnoty na modelu velmi promazat, aby hodnoty byly čitelné a přehledné. Pro další výpočty v této práci jsou používané kompletní vnitřní síly převedené do programu Microsoft Excel.

### 7.4.1 Charakteristická kombinace – levá kolej

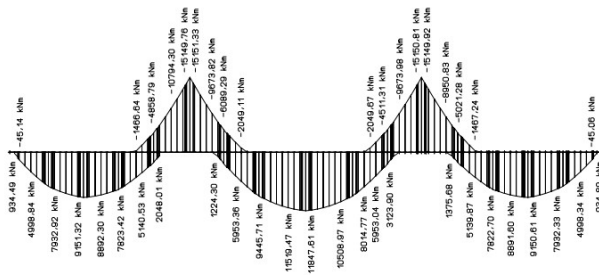
CHARAKTERISTICKÁ KOMBINACE-DOKONČENÝ MOST-L-My



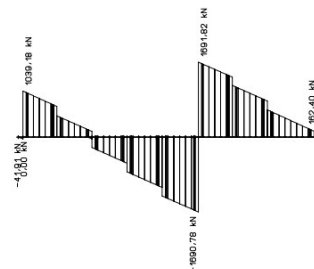
CHARAKTERISTICKÁ KOMBINACE-DOKONČENÝ MOST-L-Vz



CHARAKTERISTICKÁ KOMBINACE-STAVEBNÍ STAV-L-My



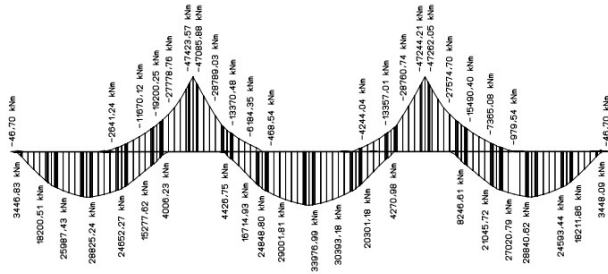
CHARAKTERISTICKÁ KOMBINACE-STAVEBNÍ STAV-L-Vz



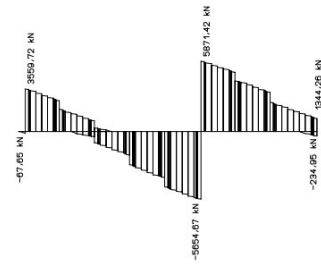
Obrázek 35 - Charakteristická kombinace - levá kolej

## 7.4.2 Charakteristická kombinace – pravá kolej

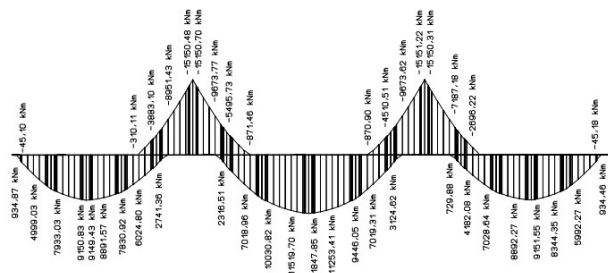
CHARAKTERISTICKÁ KOMBINACE-DOKONČENÝ MOST-P-My



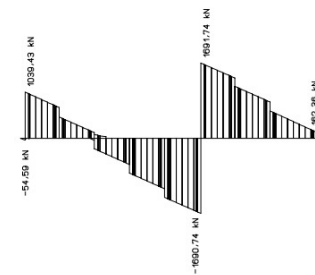
CHARAKTERISTICKÁ KOMBINACE-DOKONČENÝ MOST-P-Vz



CHARAKTERISTICKÁ KOMBINACE-STAVEBNÍ STAV-P-My



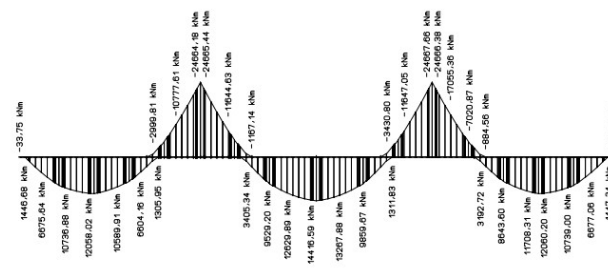
CHARAKTERISTICKÁ KOMBINACE-STAVEBNÍ STAV-P-Vz



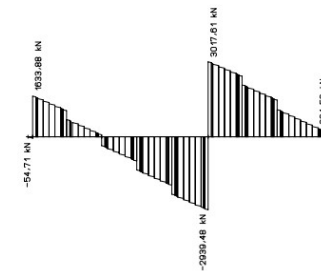
Obrázek 36 - Charakteristická kombinace - pravá kolej

## 7.4.3 Kvazistálá kombinace – levá kolej

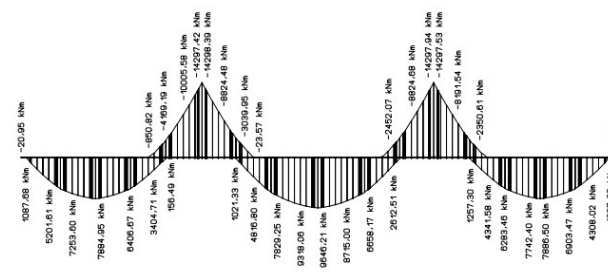
KVAZISTÁLÁ KOMBINACE-DOKONČENÝ MOST-L-My



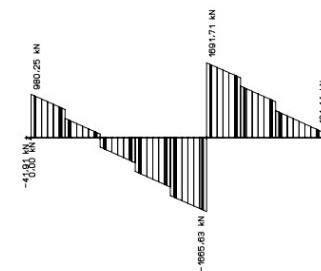
KVAZISTÁLÁ KOMBINACE-DOKONČENÝ MOST-L-Vz



KVAZISTÁLÁ KOMBINACE-STAVEBNÍ STAV-L-My



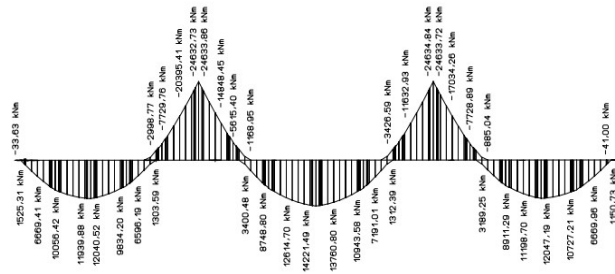
KVAZISTÁLÁ KOMBINACE-STAVEBNÍ STAV-L-Vz



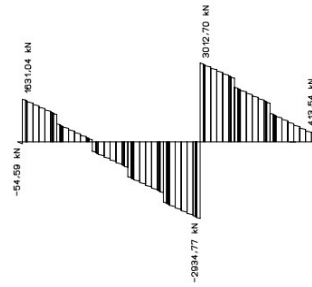
Obrázek 37 - Kvazistálá kombinace - levá kolej

## 7.4.4 Kvizistálá kombinace – pravá kolej

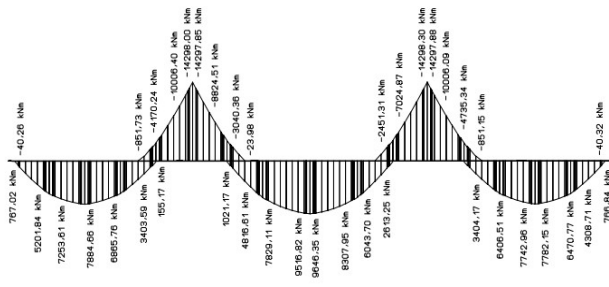
KVAZISTÁLÁ KOMBINACE-DOKONČENÝ MOST-P-My



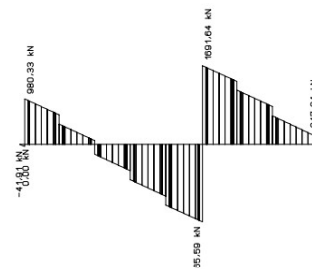
KVAZISTÁLÁ KOMBINACE-DOKONČENÝ MOST-P-Vz



KVAZISTÁLÁ KOMBINACE-STAVEBNÍ STAV-P-My



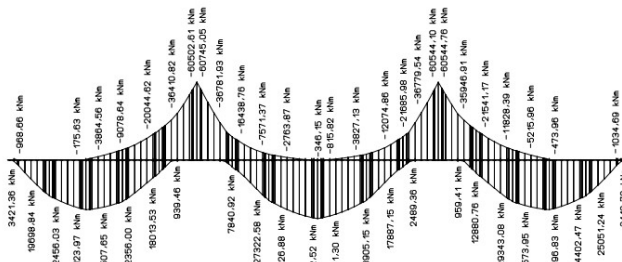
KVAZISTÁLÁ KOMBINACE-STAVEBNÍ STAV-P-Vz



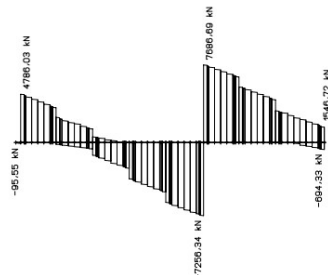
Obrázek 38 - Kvizistálá kombinace - pravá kolej

## 7.4.5 Návrhová kombinace – levá kolej

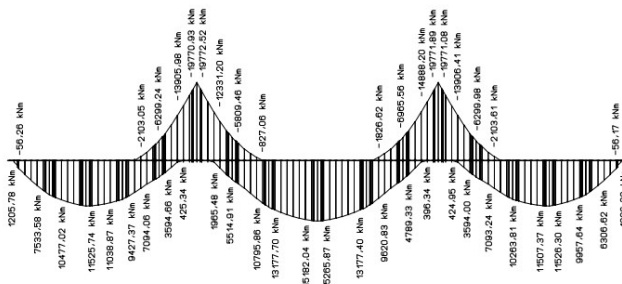
NÁVRHOVÁ KOMBINACE-DOKONČENÝ MOST-L-My



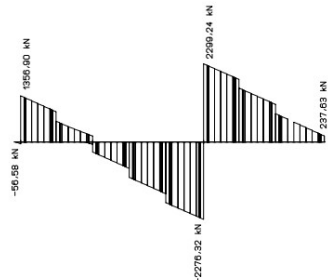
NÁVRHOVÁ KOMBINACE-DOKONČENÝ MOST-L-Vz



NÁVRHOVÁ KOMBINACE-STAVEBNÍ STAV-L-My



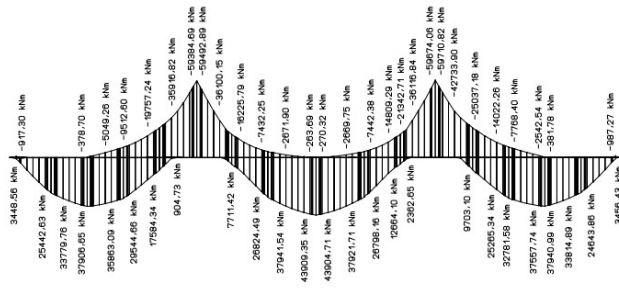
NÁVRHOVÁ KOMBINACE-STAVEBNÍ STAV-L-Vz



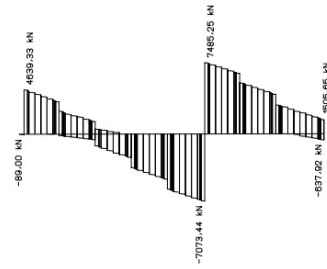
Obrázek 39 - Návrhová kombinace - levá kolej

## 7.4.6 Návrhová kombinace – pravá kolej

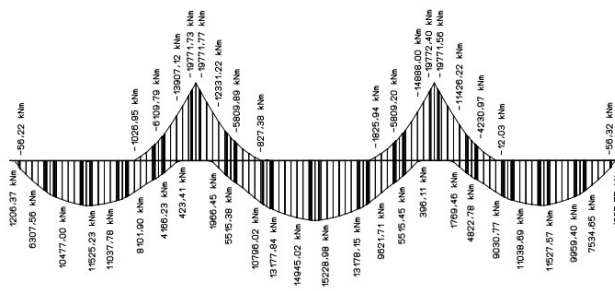
NÁVRHOVÁ KOMBINACE-DOKONČENÝ MOST-P-My



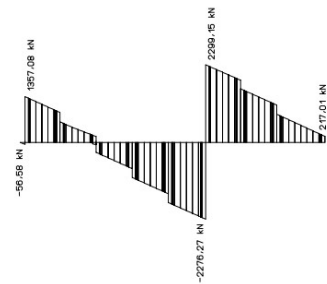
NÁVRHOVÁ KOMBINACE-DOKONČENÝ MOST-P-Vz



NÁVRHOVÁ KOMBINACE-STAVEBNÍ STAV-P-My



NÁVRHOVÁ KOMBINACE-STAVEBNÍ STAV-P-Vz



Obrázek 40 - Návrhová kombinace - pravá kolej

# 8 Návrh předpětí

## 8.1 Úvod

Hlavní nosná konstrukce je předepnuta pomocí průběžných zvedaných (polygonálních) volných kabelů vedených po délce celé nosné konstrukce. Všechny kabely se nacházejí uvnitř komorového průřezu hlavních nosníků. Předpínací výztuž byla modelována ve výpočetním programu SCIA Engineer pomocí lomených ocelových prutů, představujících 100 předpínacích lan. Tyto pruty byly následně zkráceny o hodnotu 7,5 mm na délce jednoho metru, aby došlo k vyvození napětí odpovídajícího vnesenému předpětí a tím došlo k vnesení předpětí do konstrukce.

Výpočet zkrácení kabelu:

$$E = 195 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$$

$$\varepsilon = \frac{1470}{210000} = 0,0075 \text{ m/m} = 7,5 \text{ mm/m}$$

U segmentových konstrukcí nesmí docházet k tahovým napětím ve všech spárách mezi segmenty po celé délce konstrukce. Konstrukce byla proto posouzena z hlediska dekomprese při charakteristické kombinaci zatížení. V dané kombinaci nadále nesmí vzniknout ani tlaková napětí přesahující hodnotu:

$$0,6 f_{ck} = 0,6 * 175 = 105 \text{ MPa}$$

Pro kvazistálou kombinaci zatížení platí, že v konstrukci nesmí vzniknou tlakové napětí větší než:

$$0,45 * f_{ck} = 0,45 * 175 = 78,75 \text{ MPa}$$

Z výpočetního programu SCIA Engineer byly získány hodnoty napětí pro stavební stavy i pro dokončenou konstrukci v jednotlivých spárách mezi segmenty hlavní nosné konstrukce od daných typů kombinací a od předpětí. Pro charakteristikou kombinaci a předpínací kabel byly vytaženy rovněž hodnoty ohybových momentů  $M_y$ .

Výsledné hodnoty se dále převedly do programu Microsoft Excel, kde došlo k postupným úpravám uvažovaného počtu lan, aby byly splněny jednotlivé podmínky uvedené výše. Během návrhu předpětí se uvažovalo se dvěma variantami. První varianta uvažovala 4 různé kabely po délce konstrukce. Druhá uvažovaná varianta představovala pouze jeden průběžný kabel vedený po celé délce konstrukce. Obě varianty byly důkladně prozkoumány a byla vybrána druhá varianta z důvodu menší spotřeby předpínací výztuže.

## 8.2 Napětí v předpínací výztuži

Maximální napětí v předpínací výztuži při napínání:

$$\begin{aligned}\sigma_{max} &= \min(0,8f_{pk}; 0,9f_{pk0,1}) = \min(0,8 * 1860; 0,9 * 1636,8) = \\ &= \min(1488; 1473) = 1473 \text{ MPa}\end{aligned}$$

## 8.3 Ztráty předpětí

Ztráty předpětí byly odhadnuty pro jednotlivé posuzované časové etapy. Uvažované ztráty předpětí jsou 5 % při vnesení předpětí, 15 % při uvedení do provozu a 25 % na konci životnosti. V dalším výpočtu jsou ztráty počítány pomocí tabulek vytvořených v programu Microsoft Excel.

## 8.4 Napětí pro MSP a ohybové momenty pro MSÚ od kombinací- bez předpětí

Hodnoty získané z výpočetního modelu byly převedeny do tabulek a následně vykresleny pomocí grafů v programu Microsoft Excel. Pro obě varianty návrhu předpětí jsou tyto hodnoty shodné. Z tohoto důvodu jsou uváděny samostatně.

V tabulce 11 jsou uvedeny napětí a ohybové momenty získané z výpočetního modelu od stavebního stavu. U návrhové kombinace jsou vyexportovány pouze minima a maxima ohybových momentů vzniklých při této kombinaci zatížení. Pro charakteristickou a kvazistálou kombinaci zatížení bylo vyexportováno napětí v horních a spodních vláknech. Pro každý typ vláken byla vždy určena minimální a maximální hodnota napětí v daném staničení po délce konstrukce. Na svislé ose se nachází staničení, které v těchto tabulkách odpovídá spárám mezi jednotlivými segmenty konstrukce.

Stejným způsobem byly vytvořeny i další tabulky pro stavební stav a dokončený most uváděné v této práci. Následující grafy vykreslují jednotlivé hodnoty z těchto tabulek.

Tabulka 11 - Hodnoty napětí a ohybových momentů - stavební stav

stav kombinace vlákna staničení	stavební									
	charakteristická				kvazistálá				návrhová	
	spodní		horní		spodní		horní		MOMENT	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0,8	1	-1,5	-0,3	0,8	1	-0,9	-0,3	0	2020
4,5	2,6	3,4	-3	-1,4	2,8	3,2	-2,3	-1,4	0	4961
7	4,2	5,5	-4,4	-2,2	4,3	5,2	-3,5	-2,2	0	7533
9,5	5	6,7	-5,2	-2,6	5,3	6,3	-4,1	-2,7	0	9351
12	5,5	7,7	-5,8	-3	5,9	7,1	-4,6	-3,1	0	10477
14,5	5,7	8,3	-6,1	-3,1	6,2	7,6	-4,9	-3,3	0	11255
17	5,4	8,4	-6,2	-3	5,9	7,6	-4,9	-3,2	0	11455
19,5	4,5	8	-6	-2,5	5	7,1	-4,7	-2,6	0	11038
22	3,3	7,3	-5,8	-1,7	3,9	6,3	-4,3	-2	0	10264
24,5	1,6	6	-5,3	-1,1	2,2	4,9	-3,8	-1,4	0	9031
27	-0,7	4,1	-4,2	0,1	0	2,9	-2,6	-0,2	-1026	7094
29,5	-3,3	2,1	-3,2	1,7	-2,5	0,7	-1,6	1,3	-3542	5052
32	-6,2	-0,3	-2,1	3	-5,4	-1,8	-0,4	2,7	-6788	3044
34,5	-9,8	-3,5	-0,4	4,8	-8,9	-5,1	1,4	4,5	-11425	425
37	-13,7	-7,1	1,9	7	-12,7	-8,9	3,8	6,6	-16502	0
39,5	-14,6	-7,6	2,3	7,7	-13,6	-9,5	4,2	7,3	-17565	0
42	-10,6	-3,7	-0,2	5,5	-9,6	-5,5	1,7	5,1	-9885	1965
44,5	-6,9	-0,1	-2,2	3,6	-6	-1,9	-0,4	3,1	-7661	3462
47	-3,7	3	-3,5	2,2	-2,7	1,1	-1,6	1,6	-4386	5890
49,5	-1,3	5	-4,7	0,4	-0,3	3,3	-2,8	0	-1826	8364
52	1	7,3	-6	-0,8	2	5,5	-4,2	-1,2	0	10795
54,5	2,8	9	-6,6	-1,5	3,8	7,2	-4,8	-1,9	0	12485
57	4	10,1	-7,1	-2,2	5	8,3	-5,3	-2,6	0	13744
59,5	5	10,8	-7,5	-2,7	5,5	8,7	-5,7	-3,1	0	14627
62	5,6	11,3	-7,7	-3,1	6,6	9,6	-5,9	-3,5	0	15182
64,5	5,6	11,3	-7,7	-3,1	6,6	9,6	-5,9	-3,5	0	15182
67	5	10,8	-7,5	-2,7	5,5	8,7	-5,7	-3,1	0	14627
69,5	4	10,1	-7,1	-2,2	5	8,3	-5,3	-2,6	0	13744
72	2,8	9	-6,6	-1,5	3,8	7,2	-4,8	-1,9	0	12485
74,5	1	7,3	-6	-0,8	2	5,5	-4,2	-1,2	0	10795
77	-1,3	5	-4,7	0,4	-0,3	3,3	-2,8	0	-1826	8364
79,5	-3,7	3	-3,5	2,2	-2,7	1,1	-1,6	1,6	-4386	5890
82	-6,9	-0,1	-2,2	3,6	-6	-1,9	-0,4	3,1	-7661	3462
84,5	-10,6	-3,7	-0,2	5,5	-9,6	-5,5	1,7	5,1	-9885	1965
87	-14,6	-7,6	2,3	7,7	-13,6	-9,5	4,2	7,3	-17565	0
89,5	-13,7	-7,1	1,9	7	-12,7	-8,9	3,8	6,6	-16502	0
92	-9,8	-3,5	-0,4	4,8	-8,9	-5,1	1,4	4,5	-11425	425
94,5	-6,2	-0,3	-2,1	3	-5,4	-1,8	-0,4	2,7	-6788	3044
97	-3,3	2,1	-3,2	1,7	-2,5	0,7	-1,6	1,3	-3542	5052
99,5	-0,7	4,1	-4,2	0,1	0	2,9	-2,6	-0,2	-1026	7094
102	1,6	6	-5,3	-1,1	2,2	4,9	-3,8	-1,4	0	9031
104,5	3,3	7,3	-5,8	-1,7	3,9	6,3	-4,3	-2	0	10264
107	4,5	8	-6	-2,5	5	7,1	-4,7	-2,6	0	11038
109,5	5,4	8,4	-6,2	-3	5,9	7,6	-4,9	-3,2	0	11455
112	5,7	8,3	-6,1	-3,1	6,2	7,6	-4,9	-3,3	0	11255
114,5	5,5	7,7	-5,8	-3	5,9	7,1	-4,6	-3,1	0	10477
117	5	6,7	-5,2	-2,6	5,3	6,3	-4,1	-2,7	0	9351
119,5	4,2	5,5	-4,4	-2,2	4,3	5,2	-3,5	-2,2	0	7533
122	2,6	3,4	-3	-1,4	2,8	3,2	-2,3	-1,4	0	4961
124,5	0,8	1	-1,5	-0,3	0,8	1	-0,9	-0,3	0	2020
126,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

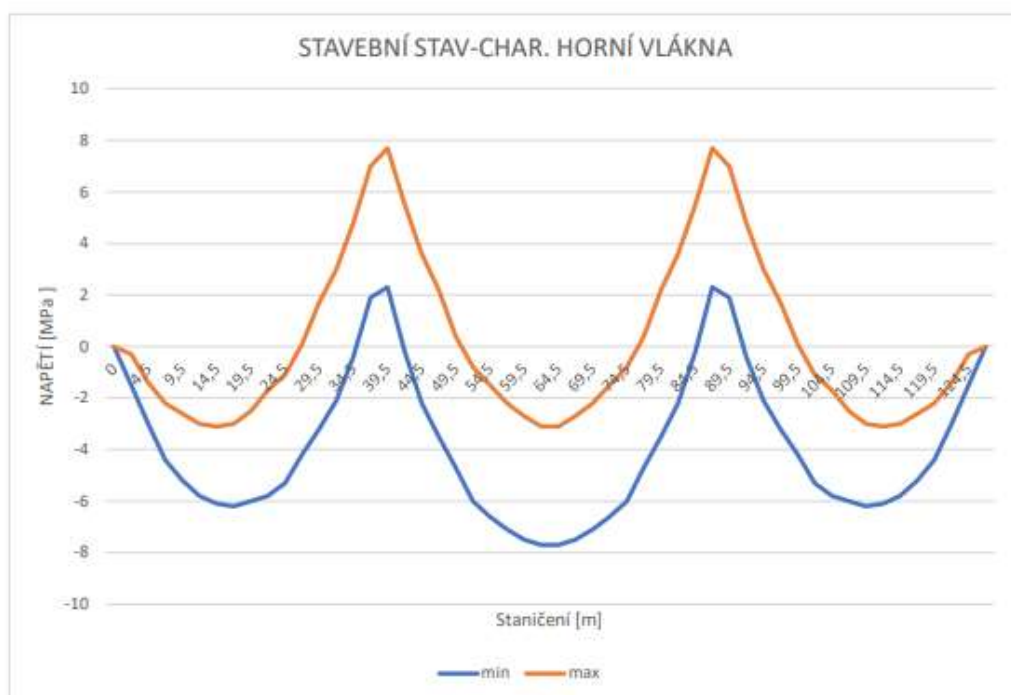
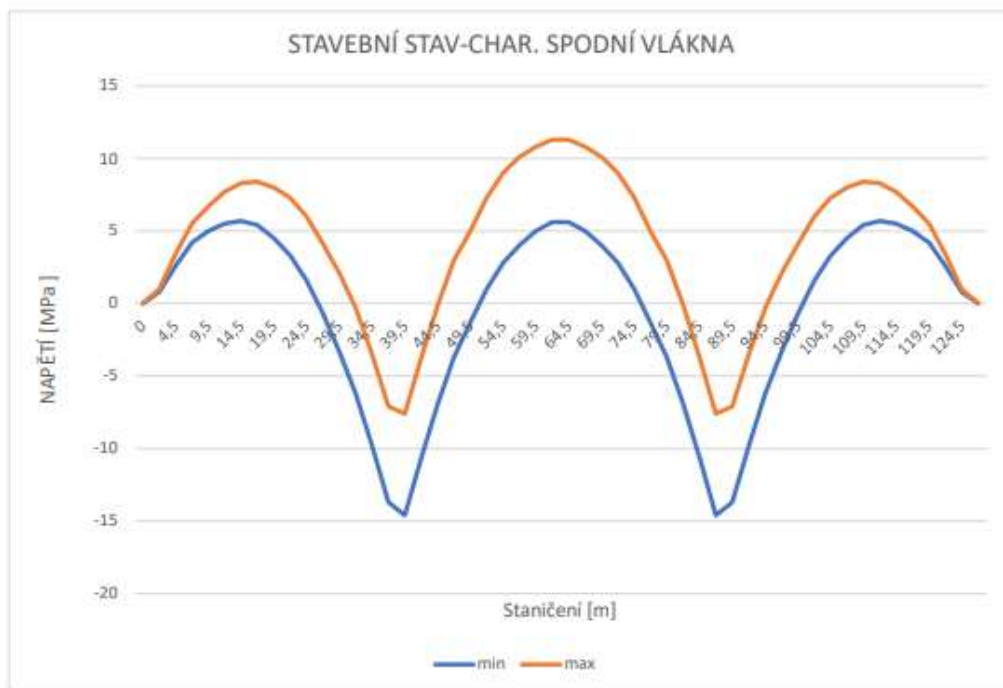
[m] [MPa] [MPa] [MPa] [MPa] [MPa] [MPa] [MPa] [MPa] [kNm] [kNm]



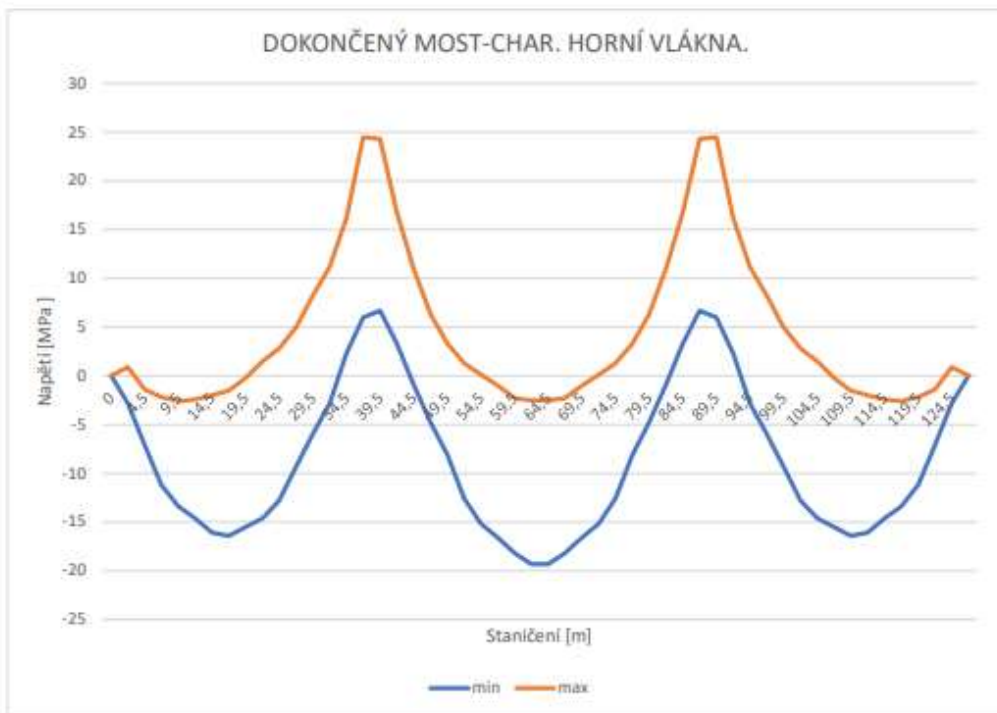
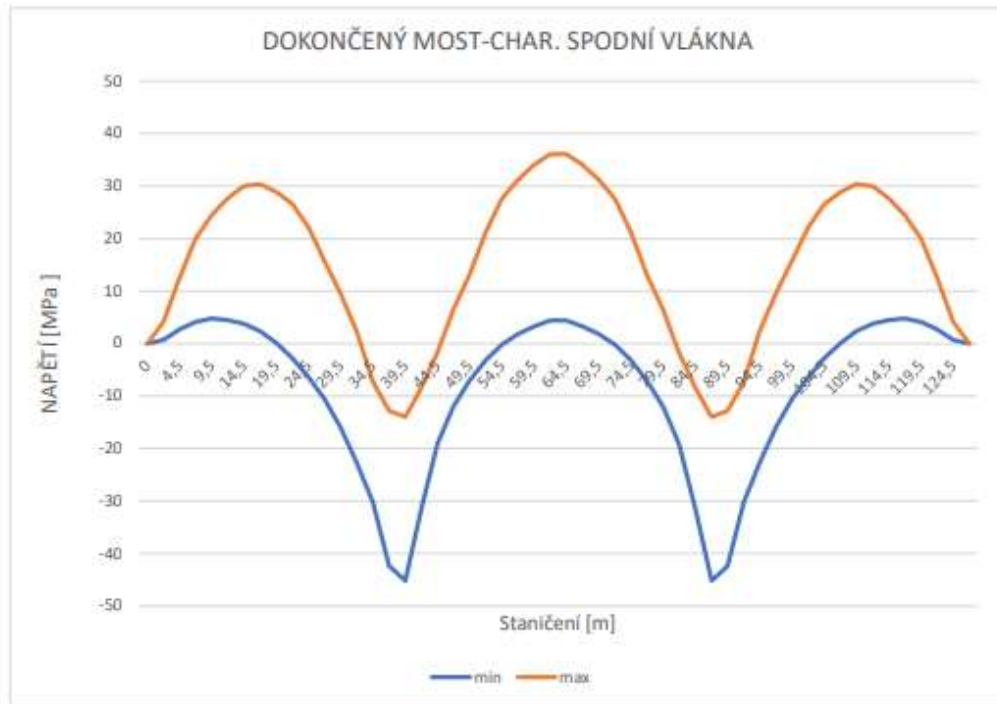
Tabulka 12 - Hodnoty napětí a ohybových momentů - dokončený most

stav kombinace vlákna staničení	dokončený									
	charakteristická				kvazistálá				návrhová	
	spodní		horní		spodní		horní		MOMENT	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0,7	4,1	-2,8	0,9	1,3	1,7	-0,8	-0,4	0	4458
4,5	2,7	12,6	-7,1	-1,4	4,2	5,5	-3,1	-2,1	0	15037,35
7	4,1	20	-11,2	-2,2	6,6	8,7	-5	-3,4	0	24019,17
9,5	4,8	24,5	-13,4	-2,6	8,1	10,5	-5,9	-4,1	0	30136,57
12	4,5	27,7	-14,6	-2,4	9	11,8	-6,5	-4,6	0	34434,69
14,5	3,8	30	-16,1	-2	9,5	12,4	-6,9	-5	0	37562
17	2,4	30,4	-16,4	-1,5	9,1	12,2	-6,8	-4,8	-31,24	37562,72
19,5	0,1	28,9	-15,5	-0,2	7,9	11	-6,2	-4,1	-3864	36601
22	-2,8	26,6	-14,6	1,5	6,2	9,4	-5,5	-3,1	-6587	33900
24,5	-6,4	22,2	-12,8	2,8	3,7	6,6	-4,5	-2,2	-9687	29354
27	-10,6	15,8	-9,3	5	0,5	2,8	-2,2	-0,4	-14290	22009
29,5	-16	9,5	-6	8,2	-3,7	-0,8	-0,4	2,1	-20044	13880
32	-22,7	2,3	-2,8	11,2	-8,8	-4,8	1,4	4,4	-26857	5485
34,5	-30,3	-7,3	2,3	16,2	-15	-9,9	4,3	7,6	-36410	0
37	-42,4	-12,8	6	24,5	-21,8	-15,7	7,9	11,4	-50834	0
39,5	-45,2	-14	6,7	24,3	-23,2	-16,7	8,5	12,4	-53671	0
42	-31,6	-8,5	3,3	16,8	-16,1	-10,7	4,8	8,5	-36781	0
44,5	-19,1	-1,7	-0,9	11	-9	-5,2	1,6	5	-22297	1441
47	-12	6,5	-4,8	6,3	-3,8	-0,6	-0,3	2,3	-15040	8716
49,5	-7,1	13,1	-8,1	3,3	0,3	3,1	-2,4	-0,3	-9531	17882
52	-3,1	21,3	-12,6	1,3	3,7	7,3	-4,9	-2,1	-5853	27322
54,5	-0,2	27,6	-15,2	0,1	6,5	10,5	-6	-3,2	-3603	33890
57	1,8	31,2	-16,6	-1	8,3	12,5	-7	-4,2	-2018	38626
59,5	3,3	34,1	-18,2	-2,3	9,7	14	-7,7	-5	-811	42206
62	4,4	36,1	-19,3	-2,5	10,7	15	-8,2	-5,6	0	44692
64,5	4,4	36,1	-19,3	-2,5	10,7	15	-8,2	-5,6	0	44692
67	3,3	34,1	-18,2	-2,3	9,7	14	-7,7	-5	-811	42206
69,5	1,8	31,2	-16,6	-1	8,3	12,5	-7	-4,2	-2018	38626
72	-0,2	27,6	-15,2	0,1	6,5	10,5	-6	-3,2	-3603	33890
74,5	-3,1	21,3	-12,6	1,3	3,7	7,3	-4,9	-2,1	-5853	27322
77	-7,1	13,1	-8,1	3,3	0,3	3,1	-2,4	-0,3	-9531	17882
79,5	-12	6,5	-4,8	6,3	-3,8	-0,6	-0,3	2,3	-15040	8716
82	-19,1	-1,7	-0,9	11	-9	-5,2	1,6	5	-22297	1441
84,5	-31,6	-8,5	3,3	16,8	-16,1	-10,7	4,8	8,5	-36781	0
87	-45,2	-14	6,7	24,3	-23,2	-16,7	8,5	12,4	-53671	0
89,5	-42,4	-12,8	6	24,5	-21,8	-15,7	7,9	11,4	-50834	0
92	-30,3	-7,3	2,3	16,2	-15	-9,9	4,3	7,6	-36410	0
94,5	-22,7	2,3	-2,8	11,2	-8,8	-4,8	1,4	4,4	-26857	5485
97	-16	9,5	-6	8,2	-3,7	-0,8	-0,4	2,1	-20044	13880
99,5	-10,6	15,8	-9,3	5	0,5	2,8	-2,2	-0,4	-14290	22009
102	-6,4	22,2	-12,8	2,8	3,7	6,6	-4,5	-2,2	-9687	29354
104,5	-2,8	26,6	-14,6	1,5	6,2	9,4	-5,5	-3,1	-6587	33900
107	0,1	28,9	-15,5	-0,2	7,9	11	-6,2	-4,1	-3864	36601
109,5	2,4	30,4	-16,4	-1,5	9,1	12,2	-6,8	-4,8	-31,24	37562,72
112	3,8	30	-16,1	-2	9,5	12,4	-6,9	-5	0	37562
114,5	4,5	27,7	-14,6	-2,4	9	11,8	-6,5	-4,6	0	34434,69
117	4,8	24,5	-13,4	-2,6	8,1	10,5	-5,9	-4,1	0	30136,57
119,5	4,1	20	-11,2	-2,2	6,6	8,7	-5	-3,4	0	24019,17
122	2,7	12,6	-7,1	-1,4	4,2	5,5	-3,1	-2,1	0	15037,35
124,5	0,7	4,1	-2,8	0,9	1,3	1,7	-0,8	-0,4	0	4458
126,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

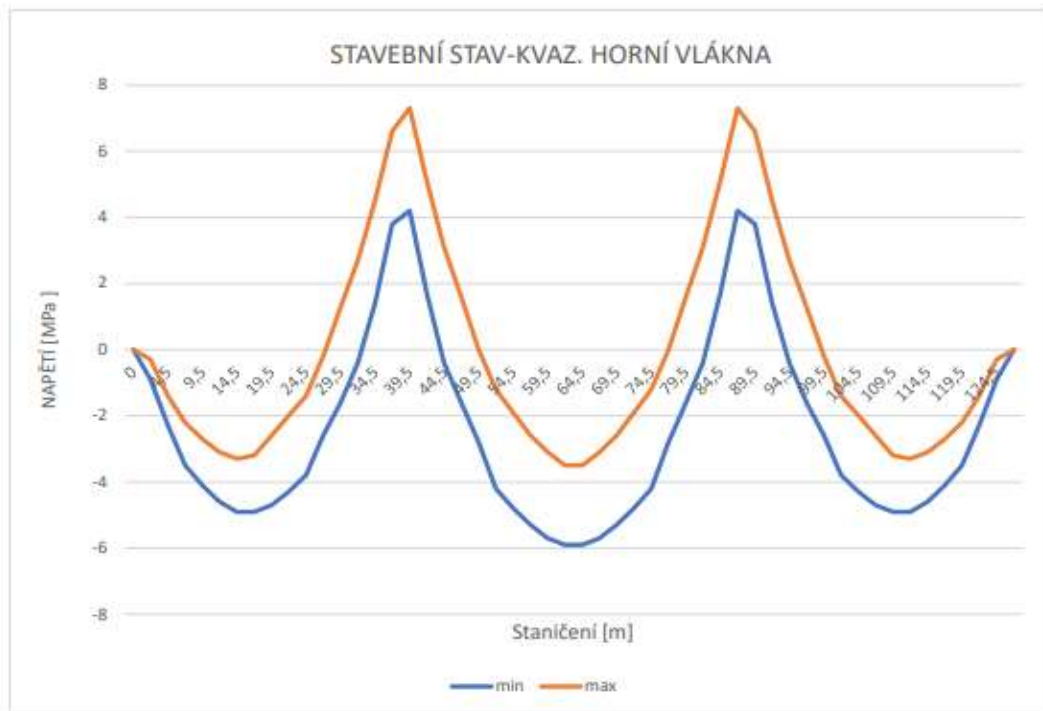
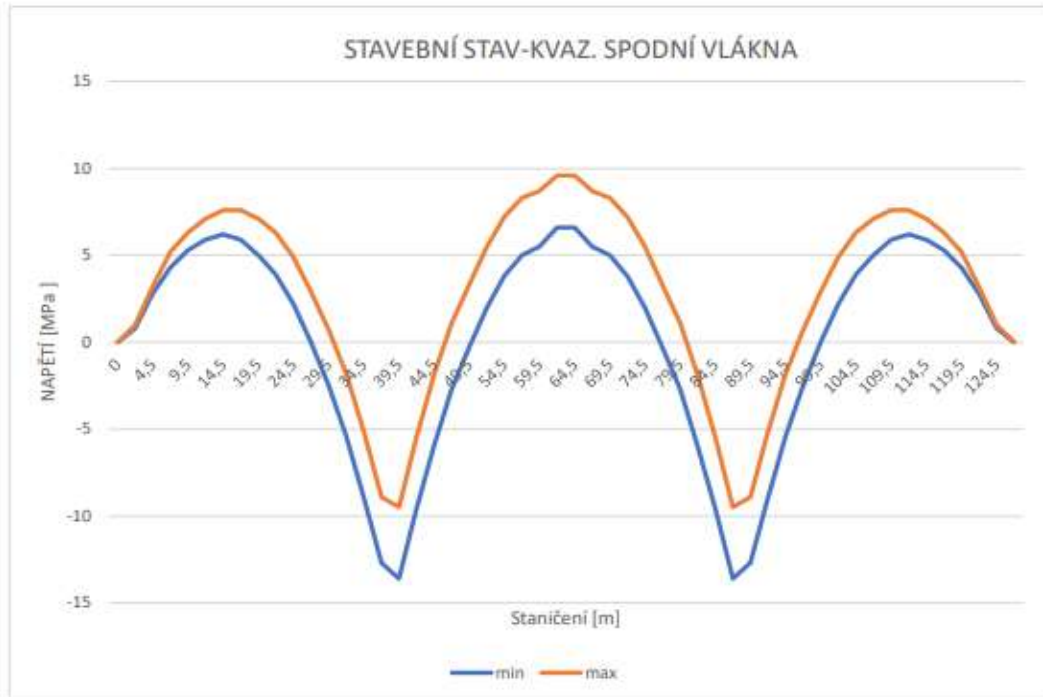
[m] [MPa] [MPa] [MPa] [MPa] [MPa] [MPa] [MPa] [MPa] [kNm] [kNm]



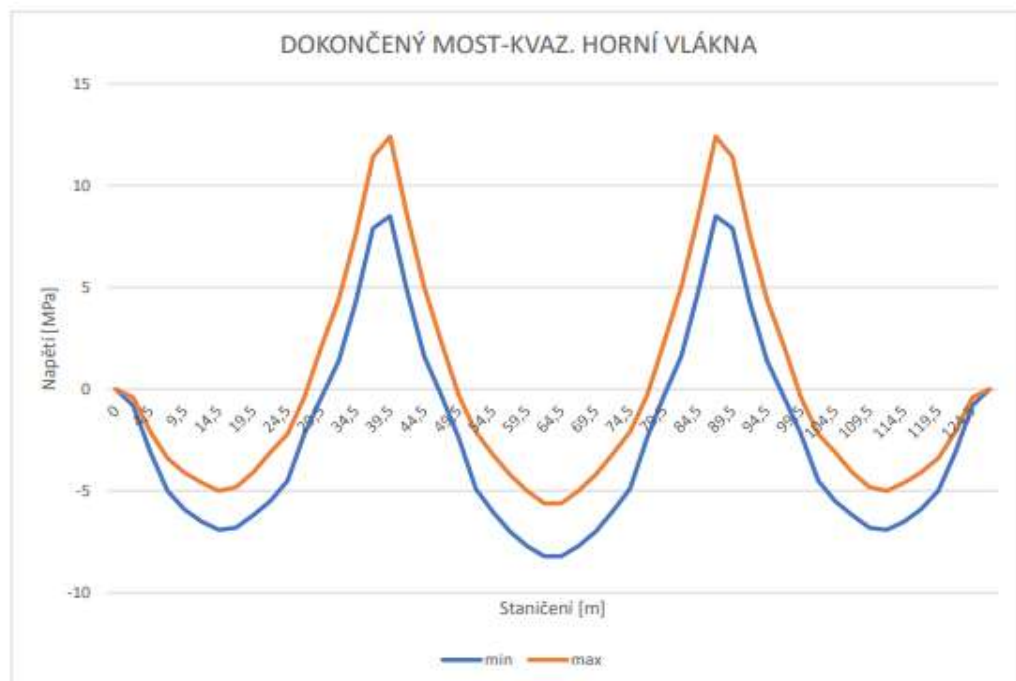
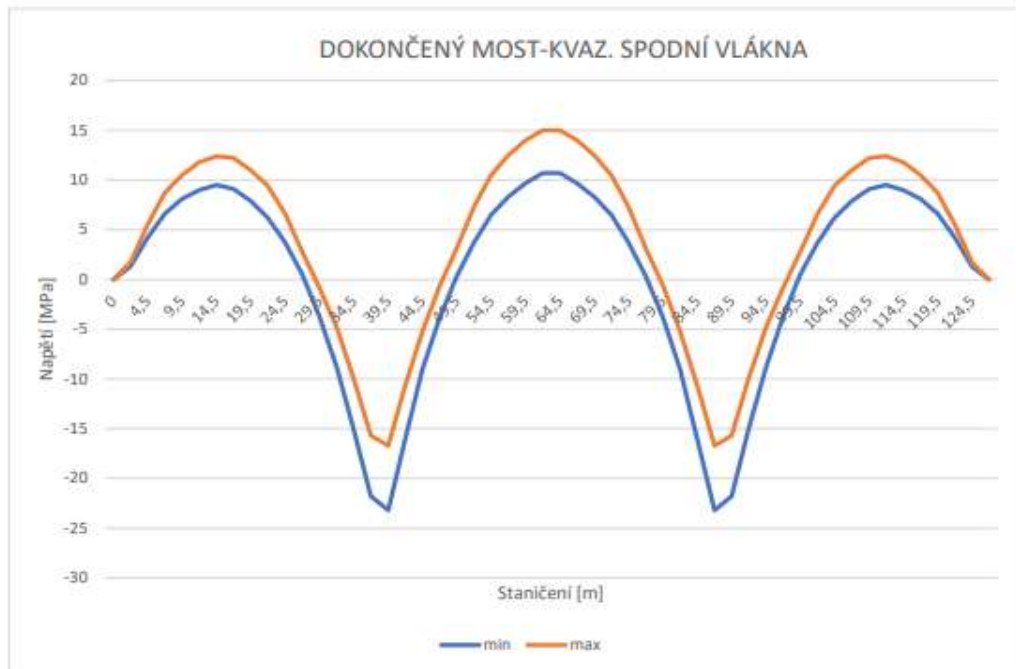
Obrázek 41 - Průběh napětí - stavební stav - charakteristická kombinace – bez předpětí



Obrázek 42 - Průběh napětí - dokončený most - charakteristická kombinace – bez předpětí

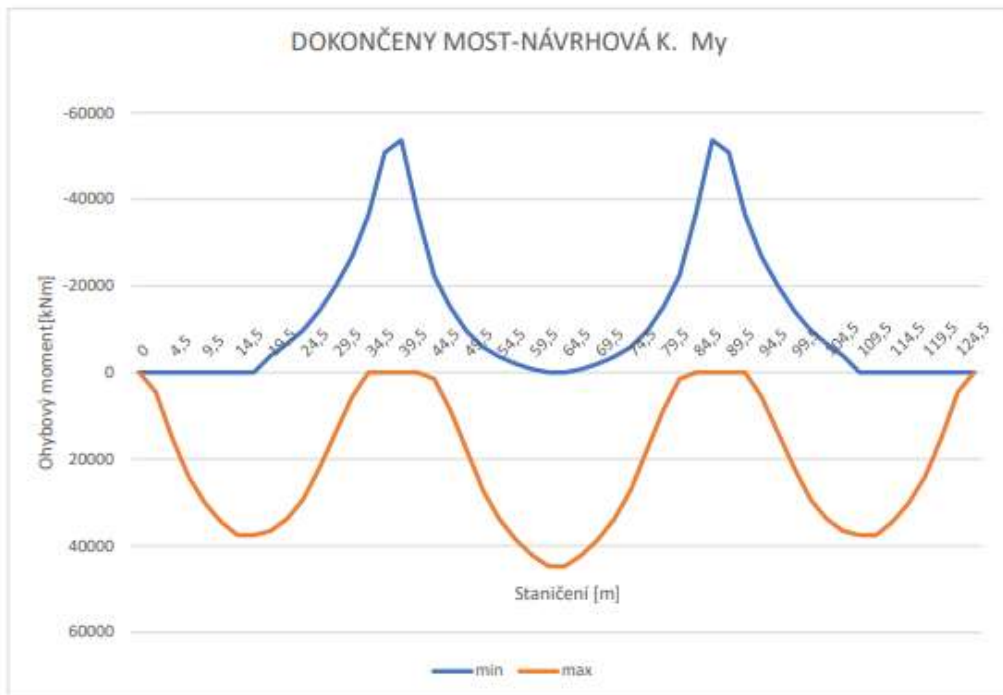
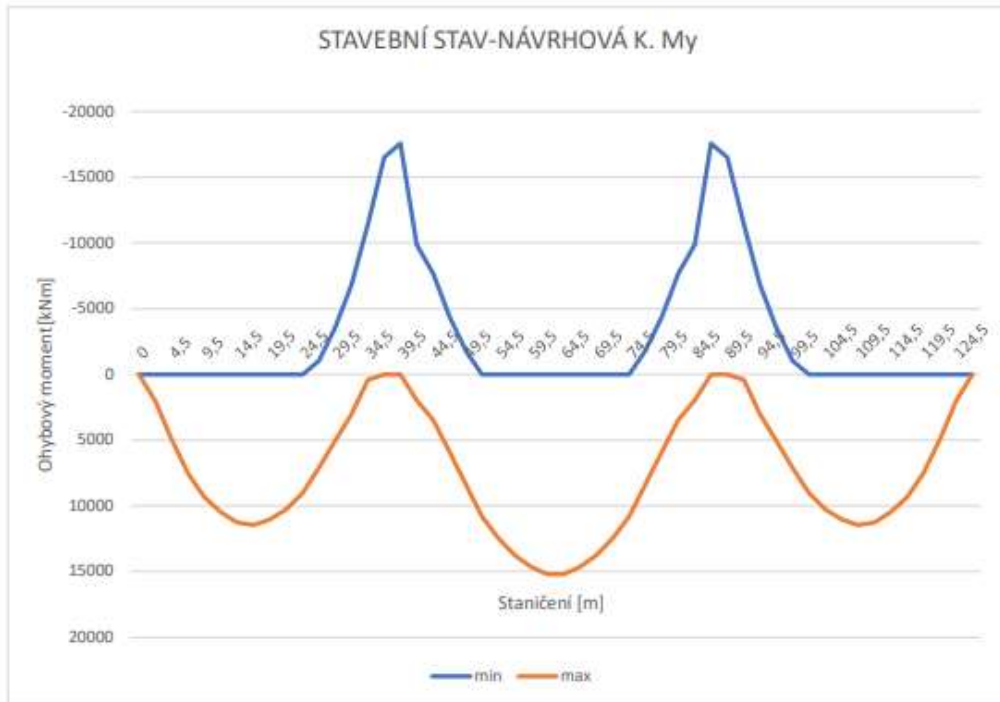


Obrázek 43 - Průběh napětí - stavební stav - kvazistálá kombinace – bez předpětí



Obrázek 44 - Průběh napětí - dokončený most - kvazistálá kombinace – bez předpětí





Obrázek 45 - Návrhová kombinace - ohybové momenty – bez předpětí

## 8.5 Předpětí nosné konstrukce – varianta 1

Tato varianta uvažovala předpětí konstrukce pomocí 4 typů předpínacích kabelů. Jednalo se o 2 druhy zvedaných kabelů a 2 druhy kladných kabelů. V krajním poli byl uvažován zvedaný kabel přecházející z krajního pole až na druhý příčník pole středního. Excentricita tohoto kabelu v krajním poli byla -719 mm a nad podporou 331 mm. Kladný kabel v obou polích byl uvažován s excentricitou -1074 mm. Lomený kabel v poli středním byl veden se stejnými excentricitami a přesahem jako lomený kabel v polích krajních. Ve výpočetním programu SCIA Engineer se vymodelovaly jednotlivé kabely, které odpovídaly 100 předpínacím lanům.



Obrázek 46 - Předpínací kabely ve výpočetním modelu (ideální kabely)

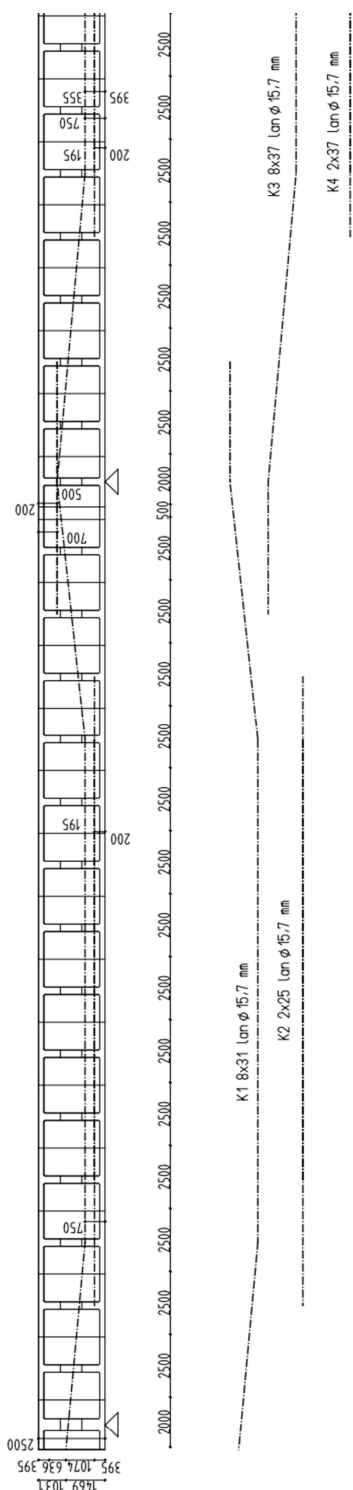
Po výpočtu se získané hodnoty od předpětí převedly do tabulkové podoby a sestavily se tabulky spojené s koeficienty. Změnou hodnot daných koeficientů bylo možno měnit uvažované počty jednotlivých kabelů a dostat tak potřebný počet kabelů. Pro představu o jednotlivých průbězích napětí a ohybových momentů po délce průřezu se vytvořily grafy jak pro předpětí samotné, tak i celkový součet s hodnotami od kombinací.

Po úpravě koeficientů se získali následující počty lan:

Tabulka 13 - Potřebný počet předpínacích lan - varianta 1

TYP KABELU	UMÍSTĚNÍ KABELU	POČET LAN
LOMENÝ KABEL	VEDLEJŠÍ POLE	248
KLADNÝ KABEL	VEDLEJŠÍ POLE	50
LOMENÝ KABEL	HLAVNÍ POLE	296
KLADNÝ KABEL	HLAVNÍ POLE	74

Z důvodu velkého množství kabelů potřebného k předpětí konstrukce, bylo po konzultaci s vedoucím práce rozhodnuto, že se vypracuje druhá varianta předpětí, která se pokusí tento problém eliminovat.



Obrázek 47 - Schéma předpínacích kabelů - varianta 1  
(ideální kabely)



Tabulka „14“ je rozdělena do 4 hlavních sloupců podle jednotlivých typů předpínacích kabelů. Ke každému kabelu byly přiřazeny hodnoty napětí u spodních a horních vláken a také ohybový moment  $M_y$ . Hodnoty byly získány pro jednotlivé staničení a vyplněny do daných sloupců. Následně byly jednotlivé sloupce propojeny s koeficienty, které jsou označeny žlutě v řádku „Násobitel“. Díky této funkci, bylo možné měnit jednotlivé počty kabelů (tím i hodnoty) nezávisle na sobě

V tabulce „15“ se nachází již výsledné síly od předpětí v daném staničení. Hodnoty jsou nadále přenásobeny koeficientem ztrát předpětí, které jsou taktéž označeny žlutou barvou. Tímto způsobem byly tedy získány hodnoty v předpětí v časech VP, UP a KZ.

V kapitole 8.5.2 (popřípadě 8.6.2) jsou zobrazeny pomocí tabulek a grafů již celkové účinky napětí a ohybových momentů na konstrukci. Tabulky jsou rozděleny stejným způsobem jako ostatní tabulky v tomto tématu. Tedy staničení na svislé ose vlevo, hodnoty napětí (min/max) pro jednotlivá vlákna (spodní/horní) a hodnoty ohybových momentů v následujících sloupcích.

Výsledné hodnoty jsou vždy vykresleny pro časy:

stavební stav – vnesení předpětí

dokončený most – uvedení do provozu

dokončený most – konec životnosti

## 8.5.1 Hodnoty napětí a ohybových momentů od předpětí var. 1

Tabulka 14 - Předpětí - Koefficienty pro množství kabelů

vlákna staničení	NÁSOBITEL 2,48			0,5			2,96			0,74		
	LOM KAB-VEDEJŠÍ			VEDEJŠÍ PŘÍMÍ			LOM KAB-STŘEDNÍ			STŘEDNÍ PŘÍMÍ		
	SPODNÍ	HORNÍ	My	SPODNÍ	HORNÍ	My	SPODNÍ	HORNÍ	My	SPODNÍ	HORNÍ	My
0	-32,488	-30,752	-4158,96	0,25	0,25	-34	0	0	-2,664	-0,074	-0,074	-6,1346
2	-42,904	-19,096	-14473,3	0,45	0	-157	0,592	-0,296	488,4	0,148	-0,074	107,3
4,5	-53,072	-12,152	-24760,3	0,9	-0,15	-583,5	2,368	-1,184	2000,96	0,666	-0,37	528,36
7	-57,784	-5,952	-31235,6	-15,2	0,95	-9825,5	2,96	-2,072	2960	0,592	-0,592	799,94
9,5	-62,248	-2,48	-35878,2	-14,85	0,85	-9549	4,44	-2,664	4324,56	1,184	-0,74	1188,44
12	-61,256	-3,472	-34898,6	-14,55	0,8	-9331,5	6,216	-3,552	5908,16	1,702	-1,036	1642,06
14,5	-60,264	-4,216	-33971	-14,3	0,65	-9098	7,992	-4,44	7408,88	1,998	-1,258	2077,92
17	-59,024	-4,464	-33184,9	-14,05	0,6	-8907,5	9,472	-4,736	8669,84	2,664	-1,48	2470,12
19,5	-58,032	-5,208	-32207,8	-13,8	0,5	-8768	11,248	-5,624	10493,2	3,108	-1,702	2923
22	-57,288	1,984	-31312,5	-13,55	0,35	-8446,5	12,728	-6,808	11632,8	3,626	-1,998	3357,38
24,5	-56,048	2,728	-30724,7	-13,35	0,25	-8232,5	14,504	-7,104	12476,4	4,07	-2,146	3750,32
27	-55,304	2,48	-29933,6	-13,15	0,1	-8033,5	15,984	-8,8208	14409,28	4,588	-2,368	4203,2
29,5	-47,12	-5,208	-22825,9	-13	-0,05	-7897,5	16,872	-8,584	14832,56	5,032	-2,664	4649,42
32	-39,432	-5,952	-13835,9	3,5	-1,4	2923,5	18,352	-7,4	14267,2	5,624	-2,886	5239,2
34,5	-24,8	-5,456	-746,48	3,6	-1,4	3017	0,888	-48,84	30405,12	6,29	-3,108	5706,14
37	-10,416	-5,704	12610,8	3,5	-1,45	3111,5	2,368	-48,248	30813,6	6,808	-3,33	6169,38
39,5	-2,728	-10,664	21714,88	3,5	-1,8	3283	-2,96	-44,4	27335,6	7,326	-3,108	6290
42	-2,976	-17,112	22029,84	3,5	-1,75	3254,5	-16,28	-36,704	13006,24	7,4	-3,182	6432,82
44,5	16,616	-23,56	10468,08	3,5	-1,8	3242,5	-29,6	-30,488	988,64	7,548	-3,256	6523,1
47	15,872	-31,248	12524	3,5	-1,25	3242,5	-41,44	-23,68	-10931,3	7,77	-3,182	6660
49,5	14,384	-38,44	11916,4	3,25	-1,7	3219,5	-48,84	-15,984	-19870,5	-17,094	-1,258	-9668,84
52	13,888	-40,672	12276	3,25	-1,7	3001,5	-55,056	-12,432	-26068,7	-16,872	-1,48	-9335,84
54,5	13,888	-5,456	12687,68	3,25	-1,7	3001,5	-55,056	-13,024	-25559,6	-16,798	-1,406	-9357,3
57	13,888	-6,944	12754,64	3,25	-1,7	3001,5	-55,056	-13,32	-25467,8	-16,798	-1,406	-9373,58
59,5	13,888	-6,944	12799,28	3,25	-1,7	3001,5	-55,056	-13,32	-25390,9	-16,798	-1,332	-9391,34
62	13,888	-6,944	12804,24	3,25	-1,7	3001,5	-55,056	-13,32	-25349,4	-16,798	-1,332	-9402,44
64,5	13,888	-6,944	12804,24	3,25	-1,7	3001,5	-55,056	-13,32	-25349,4	-16,798	-1,332	-9402,44
67	13,888	-6,944	12799,28	3,25	-1,7	3001,5	-55,056	-13,32	-25390,9	-16,798	-1,332	-9391,34
69,5	13,888	-6,944	12754,64	3,25	-1,7	3001,5	-55,056	-13,32	-25467,8	-16,798	-1,406	-9373,58
72	13,888	-5,456	12687,68	3,25	-1,7	3001,5	-55,056	-13,024	-25559,6	-16,798	-1,406	-9357,3
74,5	13,888	-40,672	12276	3,25	-1,7	3001,5	-55,056	-12,432	-26068,7	-16,872	-1,48	-9335,84
77	14,384	-38,44	11916,4	3,25	-1,7	3219,5	-48,84	-15,984	-19870,5	-17,094	-1,258	-9668,84
79,5	15,872	-31,248	12524	3,5	-1,25	3242,5	-41,44	-23,68	-10931,3	7,77	-3,182	6660
82	16,616	-23,56	10468,08	3,5	-1,8	3242,5	-29,6	-30,488	988,64	7,548	-3,256	6523,1
84,5	-2,976	-17,112	22029,84	3,5	-1,75	3254,5	-16,28	-36,704	13006,24	7,4	-3,182	6432,82
87	-2,728	-10,664	21714,88	3,5	-1,8	3283	-2,96	-44,4	27335,6	7,326	-3,108	6290
89,5	-10,416	-5,704	12610,8	3,5	-1,45	3111,5	2,368	-48,248	30813,6	6,808	-3,33	6169,38
92	-24,8	-5,456	-746,48	3,6	-1,4	3017	0,888	-48,84	30405,12	6,29	-3,108	5706,14
94,5	-39,432	-5,952	-13835,9	3,5	-1,4	2923,5	18,352	-7,4	14267,2	5,624	-2,886	5239,2
97	-47,12	-5,208	-22825,9	-13	-0,05	-7897,5	16,872	-8,584	14832,56	5,032	-2,664	4649,42
99,5	-55,304	2,48	-29933,6	-13,15	0,1	-8033,5	15,984	-8,8208	14409,28	4,588	-2,368	4203,2
102	-56,048	2,728	-30724,7	-13,35	0,25	-8232,5	14,504	-7,104	12476,4	4,07	-2,146	3750,32
104,5	-57,288	1,984	-31312,5	-13,55	0,35	-8446,5	12,728	-6,808	11632,8	3,626	-1,998	3357,38
107	-58,032	-5,208	-32207,8	-13,8	0,5	-8768	11,248	-5,624	10493,2	3,108	-1,702	2923
109,5	-59,024	-4,464	-33184,9	-14,05	0,6	-8907,5	9,472	-4,736	8669,84	2,664	-1,48	2470,12
112	-60,264	-4,216	-33971	-14,3	0,65	-9098	7,992	-4,44	7408,88	1,998	-1,258	2077,92
114,5	-61,256	-3,472	-34898,6	-14,55	0,8	-9331,5	6,216	-3,552	5908,16	1,702	-1,036	1642,06
117	-62,248	-2,48	-35878,2	-14,85	0,85	-9549	4,44	-2,664	4324,56	1,184	-0,74	1188,44
119,5	-57,784	-5,952	-31235,6	-15,2	0,95	-9825,5	2,96	-2,072	2960	0,592	-0,592	799,94
122	-53,072	-12,152	-24760,3	0,9	-0,15	-583,5	2,368	-1,184	2000,96	0,666	-0,37	528,36
124,5	-42,904	-19,096	-14473,3	0,45	0	-157	0,592	-0,296	488,4	0,148	-0,074	107,3
126,5	-32,488	-30,752	-4158,96	0,25	0,25	-34	0	0	-2,664	-0,074	-0,074	-6,1346

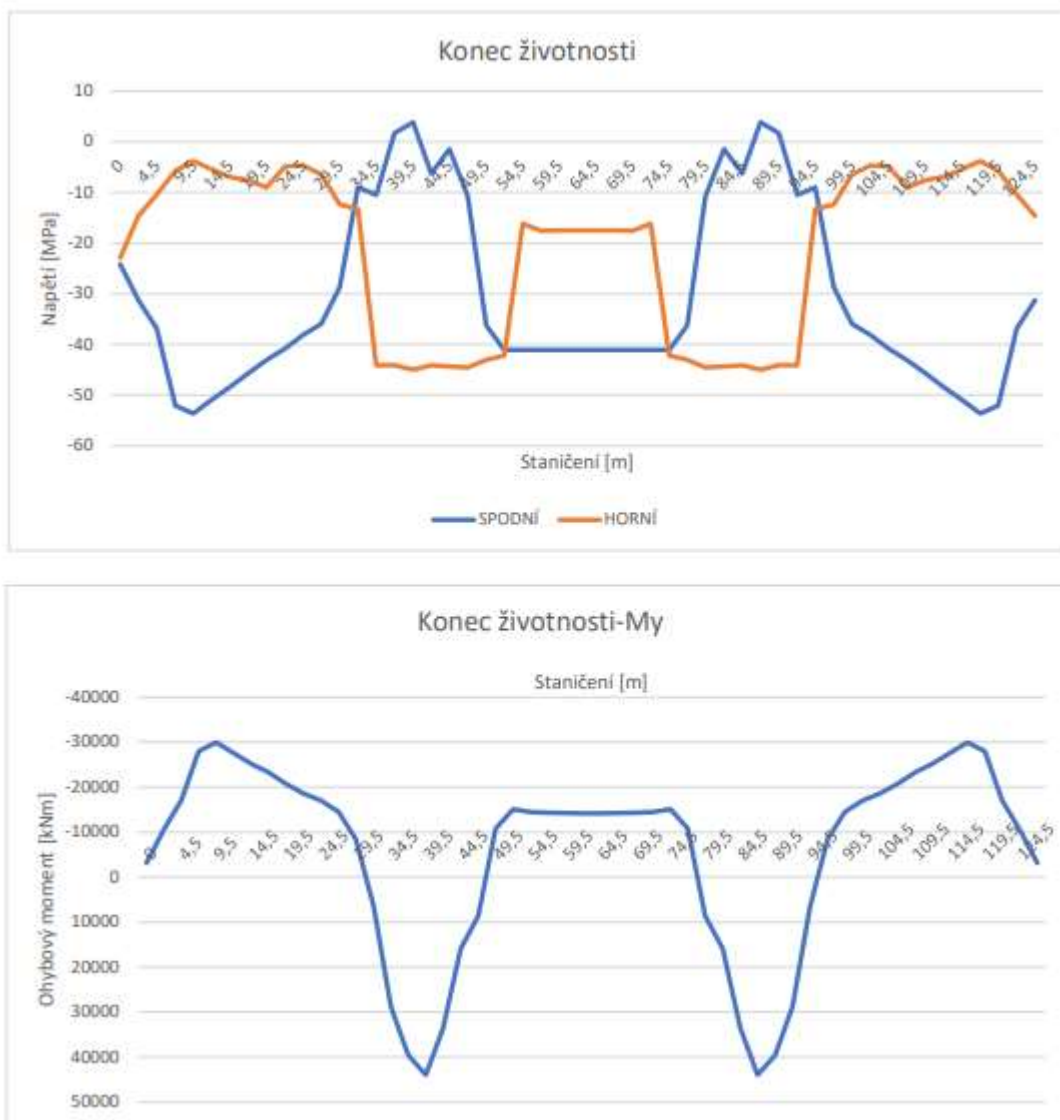
[m] [MPa] [MPa] [kNm] [MPa] [MPa] [kNm] [MPa] [MPa] [kNm] [MPa] [MPa] [kNm]

Tabulka 15 - Ztráty předpětím - Varianta 1

0,95			0,85			0,75		
VNESENÍ PŘEDPĚTÍ			UVEDENÍ DO PROVOZU			KONEC ŽIVOTNOSTI		
SPODNÍ	HORNÍ	My	SPODNÍ	HORNÍ	My	SPODNÍ	HORNÍ	My
-30,6964	-29,0472	-3991,6707	-27,4652	-25,9896	-3571,49	-24,234	-22,932	-3151,32
-39,6283	-18,4927	-13332,851	-35,4569	-16,5461	-11929,4	-31,2855	-14,5995	-10525,9
-46,6811	-13,1632	-21673,775	-41,7673	-11,7776	-19392,3	-36,8535	-10,392	-17110,9
-65,9604	-7,2827	-35436,102	-59,0172	-6,5161	-31706	-52,074	-5,7495	-27975,9
-67,9003	-4,7823	-37918,452	-60,7529	-4,2789	-33927	-53,6055	-3,7755	-29935,6
-64,4936	-6,897	-34845,848	-57,7048	-6,171	-31177,9	-50,916	-5,445	-27509,9
-61,3453	-8,8008	-31903,128	-54,8879	-7,8744	-28544,9	-48,4305	-6,948	-25186,7
-57,8911	-9,576	-29404,799	-51,7973	-8,568	-26309,6	-45,7035	-7,56	-23214,3
-54,6022	-11,4323	-26181,582	-48,8546	-10,2289	-23425,6	-43,107	-9,0255	-20669,7
-51,7598	-6,1484	-23530,36	-46,3114	-5,5012	-21053,5	-40,863	-4,854	-18576,6
-48,2828	-5,9584	-21593,975	-43,2004	-5,3312	-19320,9	-38,118	-4,704	-17047,9
-45,4879	-8,17836	-18386,889	-40,6997	-7,31748	-16451,4	-35,9115	-6,4566	-14516
-36,3052	-15,6807	-10679,368	-32,4836	-14,0301	-9555,22	-28,662	-12,3795	-8431,08
-11,3582	-16,7561	8164,281	-10,1626	-14,9923	7304,883	-8,967	-13,2285	6445,485
-13,3209	-55,8638	36462,691	-11,9187	-49,9834	32624,51	-10,5165	-44,103	28786,34
2,147	-55,7954	50070,016	1,921	-49,9222	44799,49	1,695	-44,049	39528,96
4,8811	-56,9734	55692,306	4,3673	-50,9762	49829,96	3,8535	-44,979	43967,61
-7,9382	-55,8106	42487,23	-7,1026	-49,9358	38014,89	-6,267	-44,061	33542,55
-1,8392	-56,1488	20161,204	-1,6456	-50,2384	18038,97	-1,452	-44,328	15916,74
-13,5831	-56,392	10920,459	-12,1533	-50,456	9770,937	-10,7235	-44,52	8621,415
-45,885	-54,5129	-13683,249	-41,055	-48,7747	-12242,9	-36,225	-43,0365	-10802,6
-52,0505	-53,4698	-19120,707	-46,5715	-47,8414	-17108	-41,0925	-42,213	-15095,3
-51,9802	-20,5067	-18266,334	-46,5086	-18,3481	-16343,6	-41,037	-16,1895	-14420,8
-51,9802	-22,2015	-18131,016	-46,5086	-19,8645	-16222,5	-41,037	-17,5275	-14314
-51,9802	-22,1312	-18032,368	-46,5086	-19,8016	-16134,2	-41,037	-17,472	-14236,1
-51,9802	-22,1312	-17998,833	-46,5086	-19,8016	-16104,2	-41,037	-17,472	-14209,6
-51,9802	-22,1312	-17998,833	-46,5086	-19,8016	-16104,2	-41,037	-17,472	-14209,6
-51,9802	-22,1312	-18032,368	-46,5086	-19,8016	-16134,2	-41,037	-17,472	-14236,1
-51,9802	-22,2015	-18131,016	-46,5086	-19,8645	-16222,5	-41,037	-17,5275	-14314
-51,9802	-20,5067	-18266,334	-46,5086	-18,3481	-16343,6	-41,037	-16,1895	-14420,8
-52,0505	-53,4698	-19120,707	-46,5715	-47,8414	-17108	-41,0925	-42,213	-15095,3
-45,885	-54,5129	-13683,249	-41,055	-48,7747	-12242,9	-36,225	-43,0365	-10802,6
-13,5831	-56,392	10920,459	-12,1533	-50,456	9770,937	-10,7235	-44,52	8621,415
-1,8392	-56,1488	20161,204	-1,6456	-50,2384	18038,97	-1,452	-44,328	15916,74
-7,9382	-55,8106	42487,23	-7,1026	-49,9358	38014,89	-6,267	-44,061	33542,55
4,8811	-56,9734	55692,306	4,3673	-50,9762	49829,96	3,8535	-44,979	43967,61
2,147	-55,7954	50070,016	1,921	-49,9222	44799,49	1,695	-44,049	39528,96
-13,3209	-55,8638	36462,691	-11,9187	-49,9834	32624,51	-10,5165	-44,103	28786,34
-11,3582	-16,7561	8164,281	-10,1626	-14,9923	7304,883	-8,967	-13,2285	6445,485
-36,3052	-15,6807	-10679,368	-32,4836	-14,0301	-9555,22	-28,662	-12,3795	-8431,08
-45,4879	-8,17836	-18386,889	-40,6997	-7,31748	-16451,4	-35,9115	-6,4566	-14516
-48,2828	-5,9584	-21593,975	-43,2004	-5,3312	-19320,9	-38,118	-4,704	-17047,9
-51,7598	-6,1484	-23530,36	-46,3114	-5,5012	-21053,5	-40,863	-4,854	-18576,6
-54,6022	-11,4323	-26181,582	-48,8546	-10,2289	-23425,6	-43,107	-9,0255	-20669,7
-57,8911	-9,576	-29404,799	-51,7973	-8,568	-26309,6	-45,7035	-7,56	-23214,3
-61,3453	-8,8008	-31903,128	-54,8879	-7,8744	-28544,9	-48,4305	-6,948	-25186,7
-64,4936	-6,897	-34845,848	-57,7048	-6,171	-31177,9	-50,916	-5,445	-27509,9
-67,9003	-4,7823	-37918,452	-60,7529	-4,2789	-33927	-53,6055	-3,7755	-29935,6
-65,9604	-7,2827	-35436,102	-59,0172	-6,5161	-31706	-52,074	-5,7495	-27975,9
-46,6811	-13,1632	-21673,775	-41,7673	-11,7776	-19392,3	-36,8535	-10,392	-17110,9
-39,6283	-18,4927	-13332,851	-35,4569	-16,5461	-11929,4	-31,2855	-14,5995	-10525,9
-30,6964	-29,0472	-3991,6707	-27,4652	-25,9896	-3571,49	-24,234	-22,932	-3151,32
[MPa]	[MPa]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[kNm]



U grafů s hodnotami napětí a ohybových momentů od předpětí jsou uváděny grafy pouze pro konec životnosti. Grafy v jednotlivých časech se od sebe tvarem neliší, pouze dochází k poklesu jednotlivých hodnot v čase vlivem ztrát předpětí.

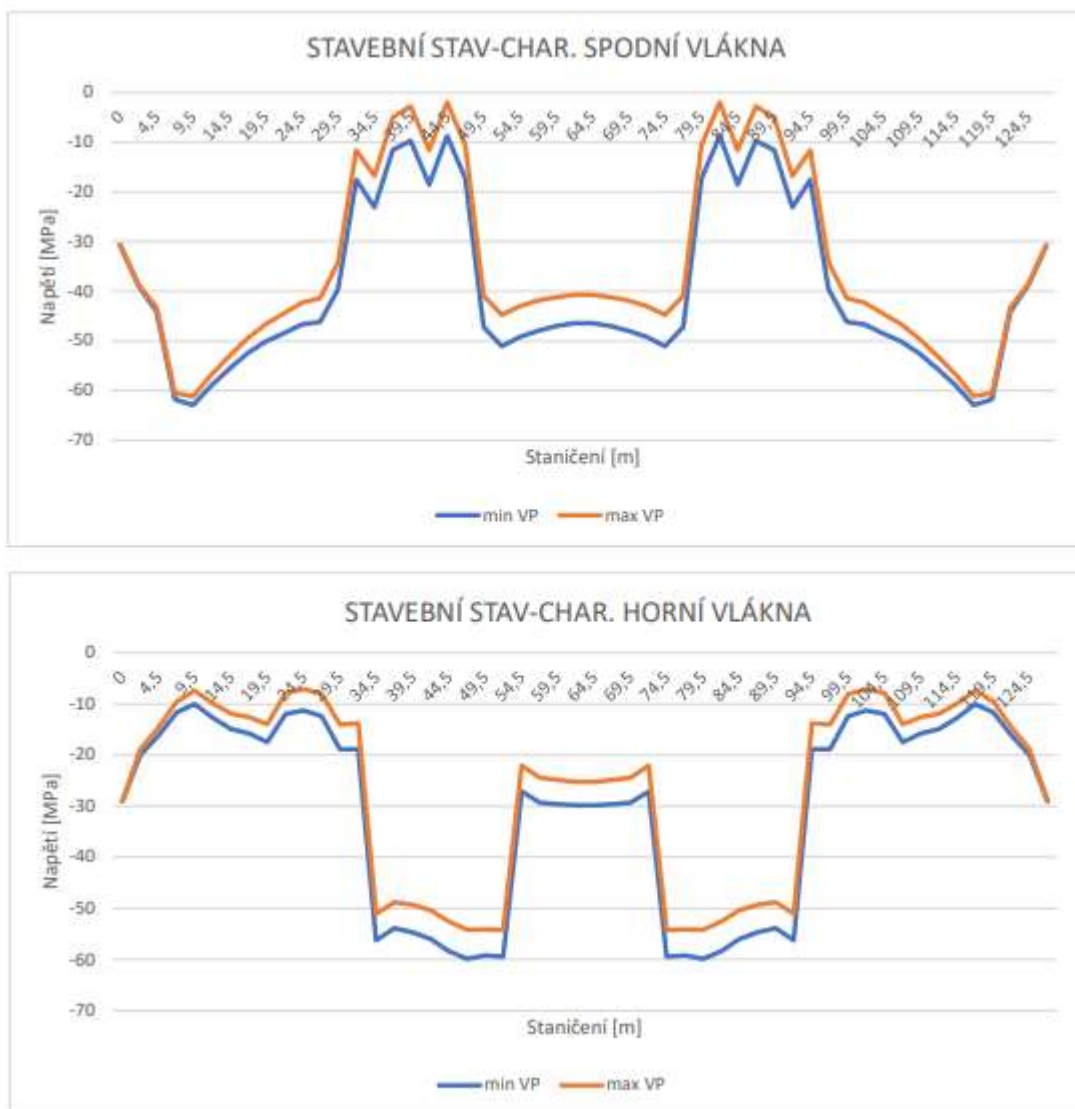


Obrázek 48 - Napětí a ohybový moment  $M_y$  na konci životnosti

## 8.5.2 Hodnoty napětí a ohybových momentů – celkové účinky var. 1

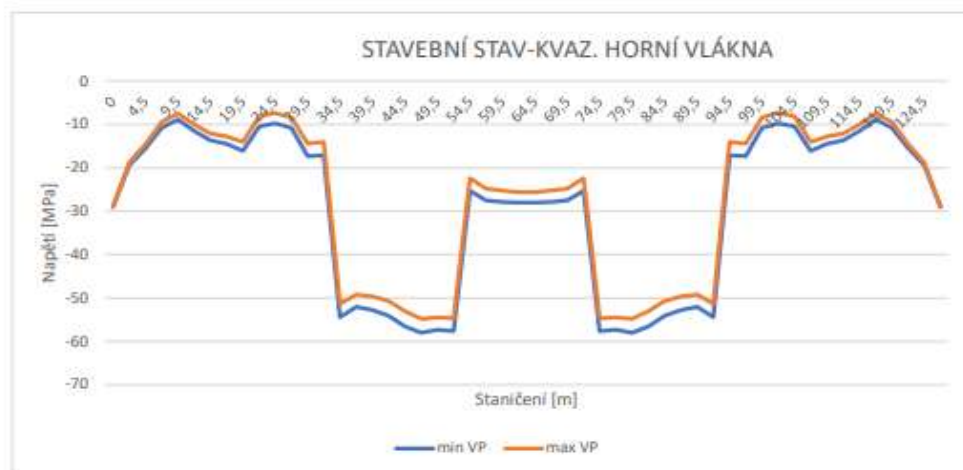
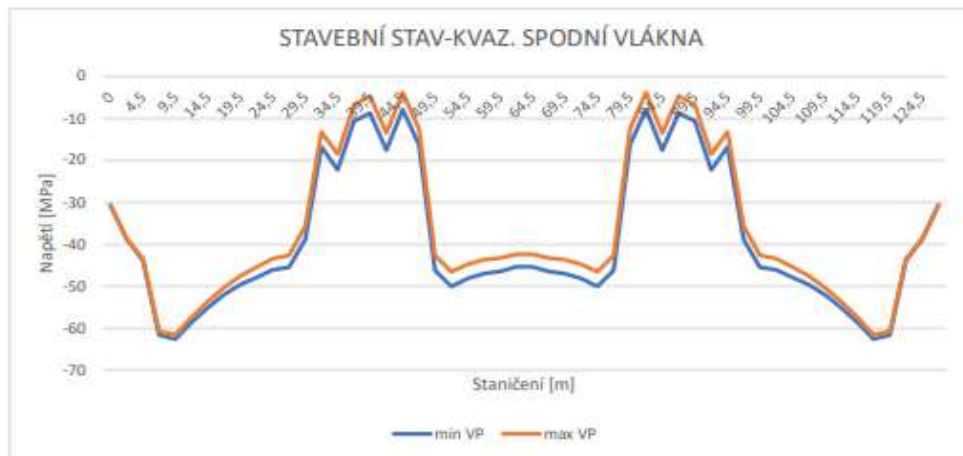
stav kombinace vlákna staničení	stavební stav-vnesení předpětí									
	char				kvazi				návrh	
	spodní		horní		spodní		horní		MOMENT	
	min VP	max VP	min VP	max VP	min VP	max VP	min VP	max VP	min VP	max VP
0	-30,6964	-30,6964	-29,0472	-29,0472	-30,6964	-30,6964	-29,0472	-29,0472	-3991,67	-3991,67
2	-38,8283	-38,6283	-19,9927	-18,7927	-38,8283	-38,6283	-19,3927	-18,7927	-13332,9	-11312,9
4,5	-44,0811	-43,2811	-16,1632	-14,5632	-43,8811	-43,4811	-15,4632	-14,5632	-21673,8	-16712,8
7	-61,7604	-60,4604	-11,6827	-9,4827	-61,6604	-60,7604	-10,7827	-9,4827	-35436,1	-27903,1
9,5	-62,9003	-61,2003	-9,9823	-7,3823	-62,6003	-61,6003	-8,8823	-7,4823	-37918,5	-28567,5
12	-58,9936	-56,7936	-12,697	-9,897	-58,5936	-57,3936	-11,497	-9,997	-34845,8	-24368,8
14,5	-55,6453	-53,0453	-14,9008	-11,9008	-55,1453	-53,7453	-13,7008	-12,1008	-31903,1	-20648,1
17	-52,4911	-49,4911	-15,776	-12,576	-51,9911	-50,2911	-14,476	-12,776	-29404,8	-17949,8
19,5	-50,1022	-46,6022	-17,4323	-13,9323	-49,6022	-47,5022	-16,1323	-14,0323	-26181,6	-15143,6
22	-48,4598	-44,4598	-11,9484	-7,8484	-47,8598	-45,4598	-10,4484	-8,1484	-23530,4	-13266,4
24,5	-46,6828	-42,2828	-11,2584	-7,0584	-46,0828	-43,3828	-9,7584	-7,3584	-21594	-12563
27	-46,1879	-41,3879	-12,3784	-8,07836	-45,4879	-42,5879	-10,7784	-8,37836	-19412,9	-11292,9
29,5	-39,6052	-34,2052	-18,8807	-13,9807	-38,8052	-35,6052	-17,2807	-14,3807	-14221,4	-5627,37
32	-17,5582	-11,6582	-18,8561	-13,7561	-16,7582	-13,1582	-17,1561	-14,0561	1376,281	11208,28
34,5	-23,1209	-16,8209	-56,2638	-51,0638	-22,2209	-18,4209	-54,4638	-51,3638	25037,69	36887,69
37	-11,553	-4,953	-53,8954	-48,7954	-10,553	-6,753	-51,9954	-49,1954	33568,02	50070,02
39,5	-9,7189	-2,7189	-54,6734	-49,2734	-8,7189	-4,6189	-52,7734	-49,6734	38127,31	55692,31
42	-18,5382	-11,6382	-56,0106	-50,3106	-17,5382	-13,4382	-54,1106	-50,7106	32602,23	44452,23
44,5	-8,7392	-1,9392	-58,3488	-52,5488	-7,8392	-3,7392	-56,5488	-53,0488	12500,2	23623,2
47	-17,2831	-10,5831	-59,892	-54,192	-16,2831	-12,4831	-57,992	-54,792	6534,459	16810,46
49,5	-47,185	-40,885	-59,2129	-54,1129	-46,185	-42,585	-57,3129	-54,5129	-15509,2	-5319,25
52	-51,0505	-44,7505	-59,4698	-54,2698	-50,0505	-46,5505	-57,6698	-54,6698	-19120,7	-8325,71
54,5	-49,1802	-42,9802	-27,1067	-22,0067	-48,1802	-44,7802	-25,3067	-22,4067	-18266,3	-5781,33
57	-47,9802	-41,8802	-29,3015	-24,4015	-46,9802	-43,6802	-27,5015	-24,8015	-18131	-4387,02
59,5	-46,9802	-41,1802	-29,6312	-24,8312	-46,4802	-43,2802	-27,8312	-25,2312	-18032,4	-3405,37
62	-46,3802	-40,6802	-29,8312	-25,2312	-45,3802	-42,3802	-28,0312	-25,6312	-17998,8	-2816,83
64,5	-46,3802	-40,6802	-29,8312	-25,2312	-45,3802	-42,3802	-28,0312	-25,6312	-17998,8	-2816,83
67	-46,9802	-41,1802	-29,6312	-24,8312	-46,4802	-43,2802	-27,8312	-25,2312	-18032,4	-3405,37
69,5	-47,9802	-41,8802	-29,3015	-24,4015	-46,9802	-43,6802	-27,5015	-24,8015	-18131	-4387,02
72	-49,1802	-42,9802	-27,1067	-22,0067	-48,1802	-44,7802	-25,3067	-22,4067	-18266,3	-5781,33
74,5	-51,0505	-44,7505	-59,4698	-54,2698	-50,0505	-46,5505	-57,6698	-54,6698	-19120,7	-8325,71
77	-47,185	-40,885	-59,2129	-54,1129	-46,185	-42,585	-57,3129	-54,5129	-15509,2	-5319,25
79,5	-17,2831	-10,5831	-59,892	-54,192	-16,2831	-12,4831	-57,992	-54,792	6534,459	16810,46
82	-8,7392	-1,9392	-58,3488	-52,5488	-7,8392	-3,7392	-56,5488	-53,0488	12500,2	23623,2
84,5	-18,5382	-11,6382	-56,0106	-50,3106	-17,5382	-13,4382	-54,1106	-50,7106	32602,23	44452,23
87	-9,7189	-2,7189	-54,6734	-49,2734	-8,7189	-4,6189	-52,7734	-49,6734	38127,31	55692,31
89,5	-11,553	-4,953	-53,8954	-48,7954	-10,553	-6,753	-51,9954	-49,1954	33568,02	50070,02
92	-23,1209	-16,8209	-56,2638	-51,0638	-22,2209	-18,4209	-54,4638	-51,3638	25037,69	36887,69
94,5	-17,5582	-11,6582	-18,8561	-13,7561	-16,7582	-13,1582	-17,1561	-14,0561	1376,281	11208,28
97	-39,6052	-34,2052	-18,8807	-13,9807	-38,8052	-35,6052	-17,2807	-14,3807	-14221,4	-5627,37
99,5	-46,1879	-41,3879	-12,3784	-8,07836	-45,4879	-42,5879	-10,7784	-8,37836	-19412,9	-11292,9
102	-46,6828	-42,2828	-11,2584	-7,0584	-46,0828	-43,3828	-9,7584	-7,3584	-21594	-12563
104,5	-48,4598	-44,4598	-11,9484	-7,8484	-47,8598	-45,4598	-10,4484	-8,1484	-23530,4	-13266,4
107	-50,1022	-46,6022	-17,4323	-13,9323	-49,6022	-47,5022	-16,1323	-14,0323	-26181,6	-15143,6
109,5	-52,4911	-49,4911	-15,776	-12,576	-51,9911	-50,2911	-14,476	-12,776	-29404,8	-17949,8
112	-55,6453	-53,0453	-14,9008	-11,9008	-55,1453	-53,7453	-13,7008	-12,1008	-31903,1	-20648,1
114,5	-58,9936	-56,7936	-12,697	-9,897	-58,5936	-57,3936	-11,497	-9,997	-34845,8	-24368,8
117	-62,9003	-61,2003	-9,9823	-7,3823	-62,6003	-61,6003	-8,8823	-7,4823	-37918,5	-28567,5
119,5	-61,7604	-60,4604	-11,6827	-9,4827	-61,6604	-60,7604	-10,7827	-9,4827	-35436,1	-27903,1
122	-44,0811	-43,2811	-16,1632	-14,5632	-43,8811	-43,4811	-15,4632	-14,5632	-21673,8	-16712,8
124,5	-38,8283	-38,6283	-19,9927	-18,7927	-38,8283	-38,6283	-19,3927	-18,7927	-13332,9	-11312,9
126,5	-30,6964	-30,6964	-29,0472	-29,0472	-30,6964	-30,6964	-29,0472	-29,0472	-3991,67	-3991,67
[m]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[kNm]	[kNm]

Obrázek 49 - Výsledné hodnoty napětí + My - Vnesení předpětí

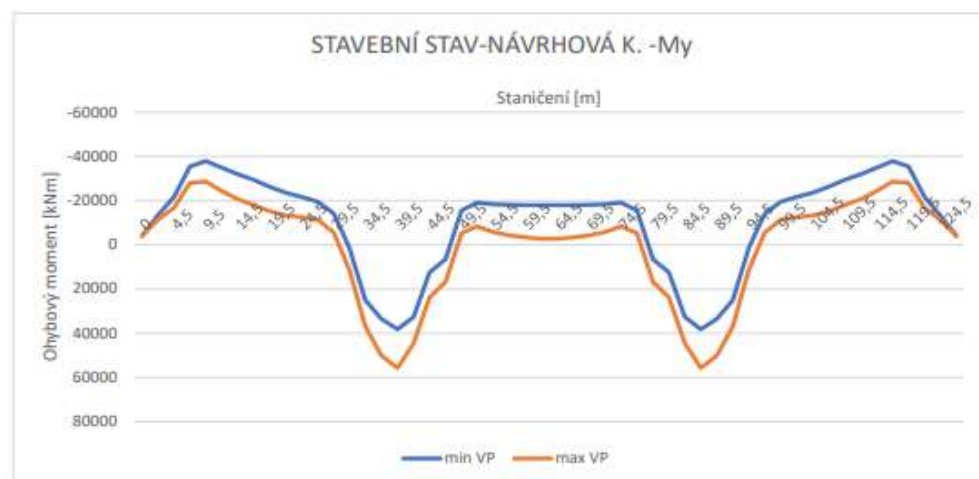


Obrázek 50 - Výsledné hodnoty napětí - charakteristická kombinace včetně předpětí (VP)





Obrázek 52 - Výsledné hodnoty - kvazistálá kombinace po vnesení předpětí (VP)



Obrázek 51 - Výsledné hodnoty ohybových momentů - návrhová kombinace včetně předpětí (VP)

stav kombinace vlákna staničení	dokončený most-vedení do provozu									
	char				kvazi				návrh	
	spodní		horní		spodní		horní		MOMENT	
	min UP	max UP	min UP	max UP	min UP	max UP	min UP	max UP	min UP	max UP
0	-27,4652	-27,4652	-25,9896	-25,9896	-27,4652	-27,4652	-25,9896	-25,9896	-3571,49	-3571,49
2	-34,7569	-31,3569	-19,3461	-15,6461	-34,1569	-33,7569	-17,3461	-16,9461	-11929,4	-7471,39
4,5	-39,0673	-29,1673	-18,8776	-13,1776	-37,5673	-36,2673	-14,8776	-13,8776	-19392,3	-4354,98
7	-54,9172	-39,0172	-17,7161	-8,7161	-52,4172	-50,3172	-11,5161	-9,9161	-31706	-7686,82
9,5	-55,9529	-36,2529	-17,6789	-6,8789	-52,6529	-50,2529	-10,1789	-8,3789	-33927	-3790,47
12	-53,2048	-30,0048	-20,771	-8,571	-48,7048	-45,9048	-12,671	-10,771	-31177,9	3256,826
14,5	-51,0879	-24,8879	-23,9744	-9,8744	-45,3879	-42,4879	-14,7744	-12,8744	-28544,9	9017,096
17	-49,3973	-21,3973	-24,968	-10,068	-42,6973	-39,5973	-15,368	-13,368	-26340,8	11253,16
19,5	-48,7546	-19,9546	-25,7289	-10,4289	-40,9546	-37,8546	-16,4289	-14,3289	-27289,6	13175,37
22	-49,1114	-19,7114	-20,1012	-4,0012	-40,1114	-36,9114	-11,0012	-8,6012	-27640,5	12846,52
24,5	-49,6004	-21,0004	-18,1312	-2,5312	-39,5004	-36,6004	-9,8312	-7,5312	-29007,9	10033,08
27	-51,2997	-24,8997	-16,6175	-2,31748	-40,1997	-37,8997	-9,51748	-7,71748	-30741,4	5557,573
29,5	-48,4836	-22,9836	-20,0301	-5,8301	-36,1836	-33,2836	-14,4301	-11,9301	-29599,2	4324,776
32	-32,8626	-7,8626	-17,7923	-3,7923	-18,9626	-14,9626	-13,5923	-10,5923	-19552,1	12789,88
34,5	-42,2187	-19,2187	-47,6834	-33,7834	-26,9187	-21,8187	-45,6834	-42,3834	-3785,49	32624,51
37	-40,479	-10,879	-43,9222	-25,4222	-19,879	-13,779	-42,0222	-38,5222	-6034,51	44799,49
39,5	-40,8327	-9,6327	-44,2762	-26,6762	-18,8327	-12,3327	-42,4762	-38,5762	-3841,04	49829,96
42	-38,7026	-15,6026	-46,6358	-33,1358	-23,2026	-17,8026	-45,1358	-41,4358	1233,89	38014,89
44,5	-20,7456	-3,3456	-51,1384	-39,2384	-10,6456	-6,8456	-48,6384	-45,2384	-4258,03	19479,97
47	-24,1533	-5,6533	-55,256	-44,156	-15,9533	-12,7533	-50,756	-48,156	-5269,06	18486,94
49,5	-48,155	-27,955	-56,8747	-45,4747	-40,755	-37,955	-51,1747	-49,0747	-21773,9	5639,093
52	-49,6715	-25,2715	-60,4414	-46,5414	-42,8715	-39,2715	-52,7414	-49,9414	-22961	10214
54,5	-46,7086	-18,9086	-33,5481	-18,2481	-40,0086	-36,0086	-24,3481	-21,5481	-19946,6	17546,44
57	-44,7086	-15,3086	-36,4645	-20,8645	-38,2086	-34,0086	-26,8645	-24,0645	-18240,5	22403,51
59,5	-43,2086	-12,4086	-38,0016	-22,1016	-36,8086	-32,5086	-27,5016	-24,8016	-16945,2	26071,78
62	-42,1086	-10,4086	-39,1016	-22,3016	-35,8086	-31,5086	-28,0016	-25,4016	-16104,2	28587,78
64,5	-42,1086	-10,4086	-39,1016	-22,3016	-35,8086	-31,5086	-28,0016	-25,4016	-16104,2	28587,78
67	-43,2086	-12,4086	-38,0016	-22,1016	-36,8086	-32,5086	-27,5016	-24,8016	-16945,2	26071,78
69,5	-44,7086	-15,3086	-36,4645	-20,8645	-38,2086	-34,0086	-26,8645	-24,0645	-18240,5	22403,51
72	-46,7086	-18,9086	-33,5481	-18,2481	-40,0086	-36,0086	-24,3481	-21,5481	-19946,6	17546,44
74,5	-49,6715	-25,2715	-60,4414	-46,5414	-42,8715	-39,2715	-52,7414	-49,9414	-22961	10214
77	-48,155	-27,955	-56,8747	-45,4747	-40,755	-37,955	-51,1747	-49,0747	-21773,9	5639,093
79,5	-24,1533	-5,6533	-55,256	-44,156	-15,9533	-12,7533	-50,756	-48,156	-5269,06	18486,94
82	-20,7456	-3,3456	-51,1384	-39,2384	-10,6456	-6,8456	-48,6384	-45,2384	-4258,03	19479,97
84,5	-38,7026	-15,6026	-46,6358	-33,1358	-23,2026	-17,8026	-45,1358	-41,4358	1233,89	38014,89
87	-40,8327	-9,6327	-44,2762	-26,6762	-18,8327	-12,3327	-42,4762	-38,5762	-3841,04	49829,96
89,5	-40,479	-10,879	-43,9222	-25,4222	-19,879	-13,779	-42,0222	-38,5222	-6034,51	44799,49
92	-42,2187	-19,2187	-47,6834	-33,7834	-26,9187	-21,8187	-45,6834	-42,3834	-3785,49	32624,51
94,5	-32,8626	-7,8626	-17,7923	-3,7923	-18,9626	-14,9626	-13,5923	-10,5923	-19552,1	12789,88
97	-48,4836	-22,9836	-20,0301	-5,8301	-36,1836	-33,2836	-14,4301	-11,9301	-29599,2	4324,776
99,5	-51,2997	-24,8997	-16,6175	-2,31748	-40,1997	-37,8997	-9,51748	-7,71748	-30741,4	5557,573
102	-49,6004	-21,0004	-18,1312	-2,5312	-39,5004	-36,6004	-9,8312	-7,5312	-29007,9	10033,08
104,5	-49,1114	-19,7114	-20,1012	-4,0012	-40,1114	-36,9114	-11,0012	-8,6012	-27640,5	12846,52
107	-48,7546	-19,9546	-25,7289	-10,4289	-40,9546	-37,8546	-16,4289	-14,3289	-27289,6	13175,37
109,5	-49,3973	-21,3973	-24,968	-10,068	-42,6973	-39,5973	-15,368	-13,368	-26340,8	11253,16
112	-51,0879	-24,8879	-23,9744	-9,8744	-45,3879	-42,4879	-14,7744	-12,8744	-28544,9	9017,096
114,5	-53,2048	-30,0048	-20,771	-8,571	-48,7048	-45,9048	-12,671	-10,771	-31177,9	3256,826
117	-55,9529	-36,2529	-17,6789	-6,8789	-52,6529	-50,2529	-10,1789	-8,3789	-33927	-3790,47
119,5	-54,9172	-39,0172	-17,7161	-8,7161	-52,4172	-50,3172	-11,5161	-9,9161	-31706	-7686,82
122	-39,0673	-29,1673	-18,8776	-13,1776	-37,5673	-36,2673	-14,8776	-13,8776	-19392,3	-4354,98
124,5	-34,7569	-31,3569	-19,3461	-15,6461	-34,1569	-33,7569	-17,3461	-16,9461	-11929,4	-7471,39
126,5	-27,4652	-27,4652	-25,9896	-25,9896	-27,4652	-27,4652	-25,9896	-25,9896	-3571,49	-3571,49

[m]

[MPa]

[MPa]

[MPa]

[MPa]

[MPa]

[MPa]

[MPa]

[MPa]

[MPa]

[MPa]

[MPa]

[kNm]

[kNm]

Obrázek 53 - Výsledné hodnoty napětí + My - Uvedení do provozu



		<b>dokončený most-konec životnosti</b>									
stav											
kombinace vlákna staničení	char				kvazi				návrh		
	spodní		horní		spodní		horní		MOMENT		
	min KZ	max KZ	min KZ	max KZ	min KZ	max KZ	min KZ	max KZ	min KZ	max KZ	
0	-24,234	-24,234	-22,932	-22,932	-24,234	-24,234	-22,932	-22,932	-3151,32	-3151,32	
2	-30,5855	-27,1855	-17,3995	-13,6995	-29,9855	-29,5855	-15,3995	-14,9995	-10525,9	-6067,94	
4,5	-34,1535	-24,2535	-17,492	-11,792	-32,6535	-31,3535	-13,492	-12,492	-17110,9	-2073,53	
7	-47,974	-32,074	-16,9495	-7,9495	-45,474	-43,374	-10,7495	-9,1495	-27975,9	-3956,7	
9,5	-48,8055	-29,1055	-17,1755	-6,3755	-45,5055	-43,1055	-9,6755	-7,8755	-29935,6	200,95	
12	-46,416	-23,216	-20,045	-7,845	-41,916	-39,116	-11,945	-10,045	-27509,9	6924,81	
14,5	-44,6305	-18,4305	-23,048	-8,948	-38,9305	-36,0305	-13,848	-11,948	-25186,7	12375,32	
17	-43,3035	-15,3035	-23,96	-9,06	-36,6035	-33,5035	-14,36	-12,36	-23245,6	14348,41	
19,5	-43,007	-14,207	-24,5255	-9,2255	-35,207	-32,107	-15,2255	-13,1255	-24533,7	15931,33	
22	-43,663	-14,263	-19,454	-3,354	-34,663	-31,463	-10,354	-7,954	-25163,6	15323,4	
24,5	-44,518	-15,918	-17,504	-1,904	-34,418	-31,518	-9,204	-6,904	-26734,9	12306,13	
27	-46,5115	-20,1115	-15,7566	-1,4566	-35,4115	-33,1115	-8,6566	-6,8566	-28806	7493,035	
29,5	-44,662	-19,162	-18,3795	-4,1795	-32,362	-29,462	-12,7795	-10,2795	-28475,1	5448,92	
32	-31,667	-6,667	-16,0285	-2,0285	-17,767	-13,767	-11,8285	-8,8285	-20411,5	11930,49	
34,5	-40,8165	-17,8165	-41,803	-27,903	-25,5165	-20,4165	-39,803	-36,503	-7623,67	28786,34	
37	-40,705	-11,105	-38,049	-19,549	-20,105	-14,005	-36,149	-32,649	-11305	39528,96	
39,5	-41,3465	-10,1465	-38,279	-20,679	-19,3465	-12,8465	-36,479	-32,579	-9703,39	43967,61	
42	-37,867	-14,767	-40,761	-27,261	-22,367	-16,967	-39,261	-35,561	-3238,45	33542,55	
44,5	-20,552	-3,152	-45,228	-33,328	-10,452	-6,652	-42,728	-39,328	-6380,26	17357,74	
47	-22,7235	-4,2235	-49,32	-38,22	-14,5235	-11,3235	-44,82	-42,22	-6418,59	17337,42	
49,5	-43,325	-23,125	-51,1365	-39,7365	-35,925	-33,125	-45,4365	-43,3365	-20333,6	7079,435	
52	-44,1925	-19,7925	-54,813	-40,913	-37,3925	-33,7925	-47,113	-44,313	-20948,3	12226,71	
54,5	-41,237	-13,437	-31,3895	-16,0895	-34,537	-30,537	-22,1895	-19,3895	-18023,8	19469,21	
57	-39,237	-9,837	-34,1275	-18,5275	-32,737	-28,537	-24,5275	-21,7275	-16332	24312,04	
59,5	-37,737	-6,937	-35,672	-19,772	-31,337	-27,037	-25,172	-22,472	-15047,1	27969,92	
62	-36,637	-4,937	-36,772	-19,972	-30,337	-26,037	-25,672	-23,072	-14209,6	30482,4	
64,5	-36,637	-4,937	-36,772	-19,972	-30,337	-26,037	-25,672	-23,072	-14209,6	30482,4	
67	-37,737	-6,937	-35,672	-19,772	-31,337	-27,037	-25,172	-22,472	-15047,1	27969,92	
69,5	-39,237	-9,837	-34,1275	-18,5275	-32,737	-28,537	-24,5275	-21,7275	-16332	24312,04	
72	-41,237	-13,437	-31,3895	-16,0895	-34,537	-30,537	-22,1895	-19,3895	-18023,8	19469,21	
74,5	-44,1925	-19,7925	-54,813	-40,913	-37,3925	-33,7925	-47,113	-44,313	-20948,3	12226,71	
77	-43,325	-23,125	-51,1365	-39,7365	-35,925	-33,125	-45,4365	-43,3365	-20333,6	7079,435	
79,5	-22,7235	-4,2235	-49,32	-38,22	-14,5235	-11,3235	-44,82	-42,22	-6418,59	17337,42	
82	-20,552	-3,152	-45,228	-33,328	-10,452	-6,652	-42,728	-39,328	-6380,26	17357,74	
84,5	-37,867	-14,767	-40,761	-27,261	-22,367	-16,967	-39,261	-35,561	-3238,45	33542,55	
87	-41,3465	-10,1465	-38,279	-20,679	-19,3465	-12,8465	-36,479	-32,579	-9703,39	43967,61	
89,5	-40,705	-11,105	-38,049	-19,549	-20,105	-14,005	-36,149	-32,649	-11305	39528,96	
92	-40,8165	-17,8165	-41,803	-27,903	-25,5165	-20,4165	-39,803	-36,503	-7623,67	28786,34	
94,5	-31,667	-6,667	-16,0285	-2,0285	-17,767	-13,767	-11,8285	-8,8285	-20411,5	11930,49	
97	-44,662	-19,162	-18,3795	-4,1795	-32,362	-29,462	-12,7795	-10,2795	-28475,1	5448,92	
99,5	-46,5115	-20,1115	-15,7566	-1,4566	-35,4115	-33,1115	-8,6566	-6,8566	-28806	7493,035	
102	-44,518	-15,918	-17,504	-1,904	-34,418	-31,518	-9,204	-6,904	-26734,9	12306,13	
104,5	-43,663	-14,263	-19,454	-3,354	-34,663	-31,463	-10,354	-7,954	-25163,6	15323,4	
107	-43,007	-14,207	-24,5255	-9,2255	-35,207	-32,107	-15,2255	-13,1255	-24533,7	15931,33	
109,5	-43,3035	-15,3035	-23,96	-9,06	-36,6035	-33,5035	-14,36	-12,36	-23245,6	14348,41	
112	-44,6305	-18,4305	-23,048	-8,948	-38,9305	-36,0305	-13,848	-11,948	-25186,7	12375,32	
114,5	-46,416	-23,216	-20,045	-7,845	-41,916	-39,116	-11,945	-10,045	-27509,9	6924,81	
117	-48,8055	-29,1055	-17,1755	-6,3755	-45,5055	-43,1055	-9,6755	-7,8755	-29935,6	200,95	
119,5	-47,974	-32,074	-16,9495	-7,9495	-45,474	-43,374	-10,7495	-9,1495	-27975,9	-3956,7	
122	-34,1535	-24,2535	-17,492	-11,792	-32,6535	-31,3535	-13,492	-12,492	-17110,9	-2073,53	
124,5	-30,5855	-27,1855	-17,3995	-13,6995	-29,9855	-29,5855	-15,3995	-14,9995	-10525,9	-6067,94	
126,5	-24,234	-24,234	-22,932	-22,932	-24,234	-24,234	-22,932	-22,932	-3151,32	-3151,32	

[m]

[MPa]

[MPa]

[MPa]

[MPa]

[MPa]

[MPa]

[MPa]

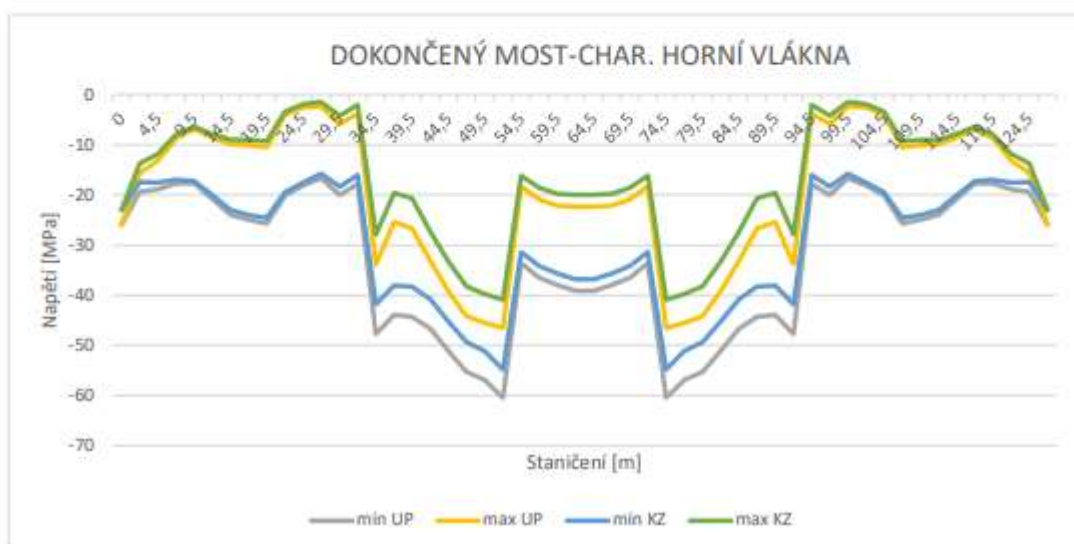
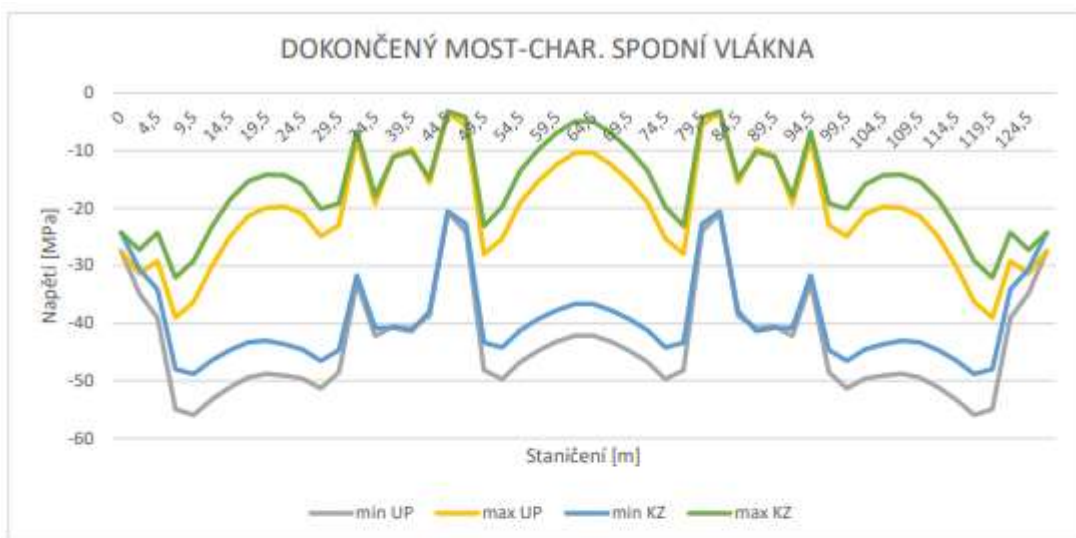
[MPa]

[MPa]

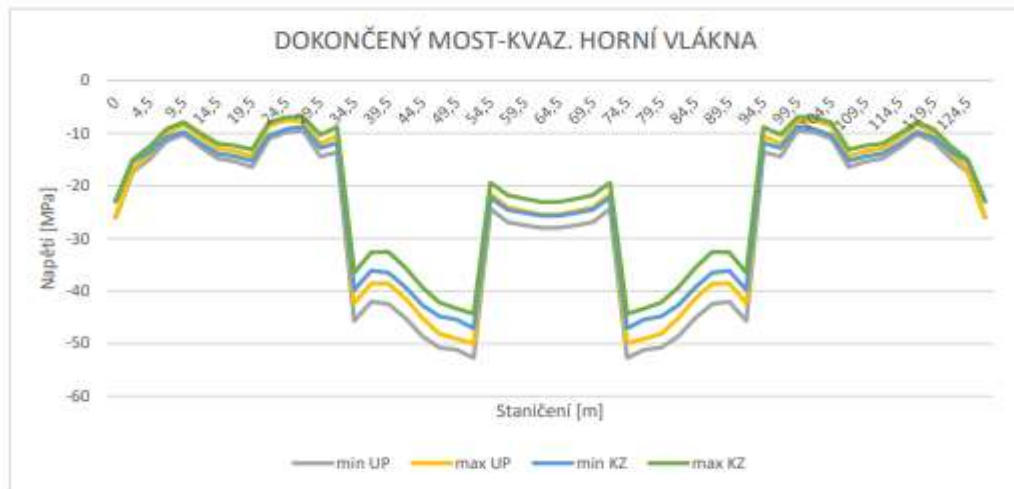
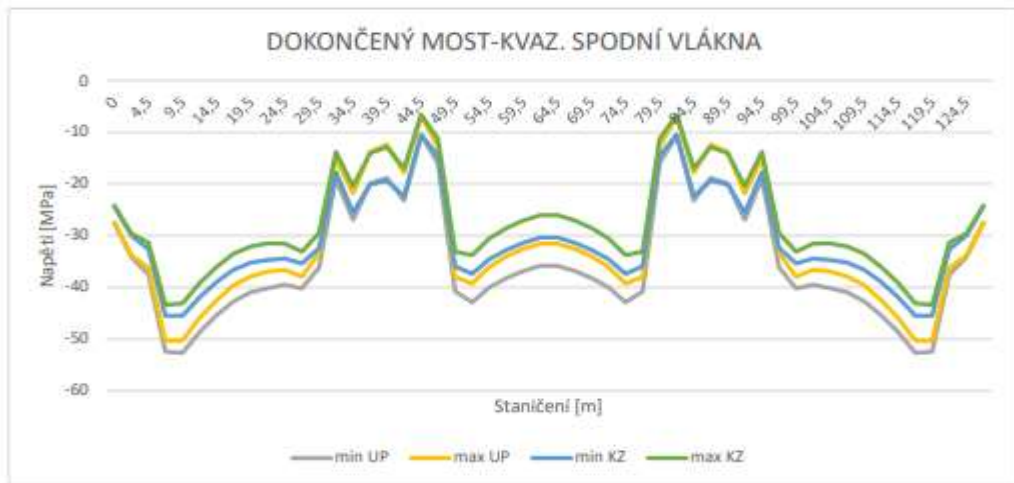
[kNm]

[kNm]

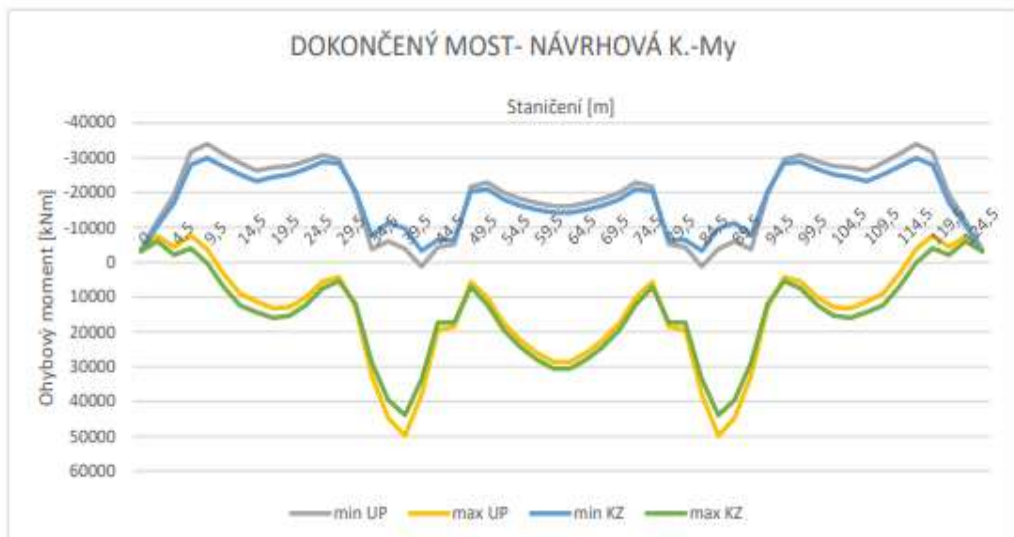
Obrázek 54 - Výsledné hodnoty napětí + My - Konec životnosti



Obrázek 55 - Výsledné hodnoty napětí - charakteristická kombinace včetně předpětí (UP,KZ)



Obrázek 57 - Výsledné hodnoty napětí - kvazistálá kombinace včetně předpětí (UP,KZ)



Obrázek 56 - Výsledné hodnoty ohybových momentů - návrhová kombinace včetně předpětí (UP,KZ)



## 8.6 Předpětí nosné konstrukce – varianta 2 (konečný návrh)

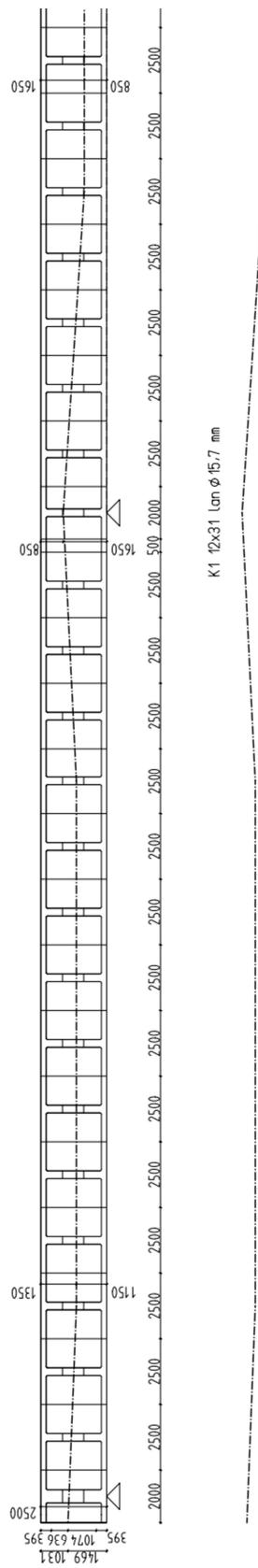
V první variantě se podařilo návrh předpětí provést, výsledné uspořádání a kotvení předpínací výztuže bylo však poměrně komplikované.

Proto byl ve variantě 2 navržen pouze jeden typ kabelů - průběžné lomené kabely od jednoho konce konstrukce k druhému. Bylo třeba změnit nejen typ kabelů, ale také excentricity v jednotlivých částech konstrukce. Po prvním navržení polohy kabelu bylo vidět, že výsledky vycházejí mnohem lépe než u varianty číslo 1. Postupnými úpravami excentricit bylo dosaženo konečné polohy kabelu. Excentricita lomeného kabelu v krajních polích je -319 mm. Ve středním poli bylo nutné excentricitu zvýšit na hodnotu -619 mm. Nad podporou byla kabelu udělena excentricita 181 mm.

Postup výpočtu a celkového ladění počtu předpínacích kabelů byl obdobný jako u varianty číslo 1. Konstrukce byla předepnuta pomocí 12 kabelů. Každý kabel je složen z 31 lan o jmenovitém průměru 15,7 mm. Plocha jednoho lana činí 150 mm<sup>2</sup>, tedy plocha celkového kabelu je 4650 mm<sup>2</sup>.



Obrázek 58 - Předpínací kabely ve výpočetním modelu - varianta 2



Obrázek 59 - Schéma předpínacích kabelů – varianta 2  
(ideální kabel)

## 8.6.1 Hodnoty napětí a ohybových momentů od předpětí

Tabulka 16 - Ztráty předpětí - Varianta 2

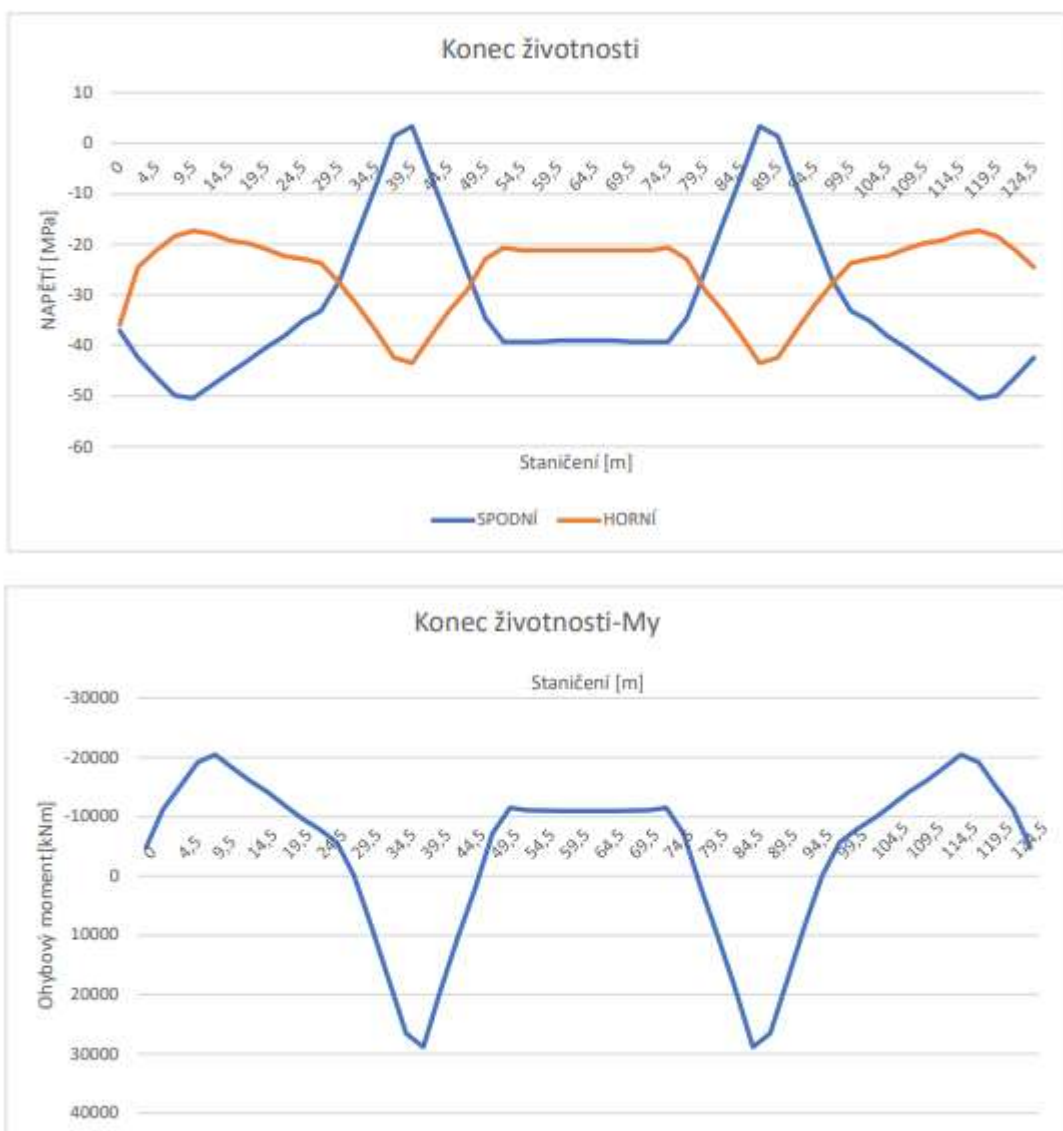
0,95			0,85			0,75		
VNESENÍ PŘEDPĚTÍ			UVEDENÍ DO PROVOZU			KONEC ŽIVOTNOSTI		
SPODNÍ	HORNÍ	My	SPODNÍ	HORNÍ	My	SPODNÍ	HORNÍ	My
-47,0022	-45,5886	-6029	-42,0546	-40,7898	-5394,37	-37,107	-35,991	-4759,74
-53,7168	-31,0992	-14277,4	-48,0624	-27,8256	-12774,5	-42,408	-24,552	-11271,6
-58,6644	-26,8584	-19203,8	-52,4892	-24,0312	-17182,3	-46,314	-21,204	-15160,9
-63,2586	-23,3244	-24324,5	-56,5998	-20,8692	-21764	-49,941	-18,414	-19203,6
-63,9654	-21,9108	-25982	-57,2322	-19,6044	-23247	-50,499	-17,298	-20512,1
-60,7848	-22,6176	-23087,6	-54,3864	-20,2368	-20657,3	-47,988	-17,856	-18227,1
-57,6042	-24,3846	-20377	-51,5406	-21,8178	-18232,1	-45,477	-19,251	-16087,1
-54,4236	-25,0914	-18023,4	-48,6948	-22,4502	-16126,2	-42,966	-19,809	-14229
-51,243	-26,505	-15097,2	-45,849	-23,715	-13508,1	-40,455	-20,925	-11918,9
-48,4158	-28,272	-12326,6	-43,3194	-25,296	-11029,1	-38,223	-22,32	-9731,52
-44,5284	-28,9788	-9990,62	-39,8412	-25,9284	-8938,97	-35,154	-22,878	-7887,33
-42,0546	-30,039	-7184,62	-37,6278	-26,877	-6428,35	-33,201	-23,715	-5672,07
-34,6332	-34,9866	-115,703	-30,9876	-31,3038	-103,524	-27,342	-27,621	-91,3446
-22,6176	-40,641	10619,67	-20,2368	-36,363	9501,81	-17,856	-32,085	8383,95
-10,602	-47,0022	22207,66	-9,486	-42,0546	19870,01	-8,37	-37,107	17532,36
1,767	-53,7168	33615,41	1,581	-48,0624	30076,94	1,395	-42,408	26538,48
4,2408	-55,1304	36583,97	3,7944	-49,3272	32733,02	3,348	-43,524	28882,08
-8,1282	-48,4158	24395,2	-7,2726	-43,3194	21827,29	-6,417	-38,223	19259,37
-20,1438	-42,0546	13097	-18,0234	-37,6278	11718,37	-15,903	-33,201	10339,74
-32,1594	-36,7536	2495,004	-28,7742	-32,8848	2232,372	-25,389	-29,016	1969,74
-43,8216	-28,9788	-9145,99	-39,2088	-25,9284	-8183,26	-34,596	-22,878	-7220,52
-49,8294	-26,1516	-14538,9	-44,5842	-23,3988	-13008,5	-39,339	-20,646	-11478,1
-49,8294	-26,8584	-14001,7	-44,5842	-24,0312	-12527,8	-39,339	-21,204	-11054
-49,8294	-26,8584	-13977	-44,5842	-24,0312	-12505,7	-39,339	-21,204	-11034,5
-49,476	-26,8584	-13909,8	-44,268	-24,0312	-12445,6	-39,06	-21,204	-10981,4
-49,476	-26,8584	-13878	-44,268	-24,0312	-12417,2	-39,06	-21,204	-10956,3
-49,476	-26,8584	-13909,8	-44,268	-24,0312	-12445,6	-39,06	-21,204	-10981,4
-49,8294	-26,8584	-13977	-44,5842	-24,0312	-12505,7	-39,339	-21,204	-11034,5
-49,8294	-26,8584	-14001,7	-44,5842	-24,0312	-12527,8	-39,339	-21,204	-11054
-49,8294	-26,1516	-14538,9	-44,5842	-23,3988	-13008,5	-39,339	-20,646	-11478,1
-43,8216	-28,9788	-9145,99	-39,2088	-25,9284	-8183,26	-34,596	-22,878	-7220,52
-32,1594	-36,7536	2495,004	-28,7742	-32,8848	2232,372	-25,389	-29,016	1969,74
-20,1438	-42,0546	13097	-18,0234	-37,6278	11718,37	-15,903	-33,201	10339,74
-8,1282	-48,4158	24395,2	-7,2726	-43,3194	21827,29	-6,417	-38,223	19259,37
4,2408	-55,1304	36583,97	3,7944	-49,3272	32733,02	3,348	-43,524	28882,08
1,767	-53,7168	33615,41	1,581	-48,0624	30076,94	1,395	-42,408	26538,48
-10,602	-47,0022	22207,66	-9,486	-42,0546	19870,01	-8,37	-37,107	17532,36
-22,6176	-40,641	10619,67	-20,2368	-36,363	9501,81	-17,856	-32,085	8383,95
-34,6332	-34,9866	-115,703	-30,9876	-31,3038	-103,524	-27,342	-27,621	-91,3446
-42,0546	-30,039	-7184,62	-37,6278	-26,877	-6428,35	-33,201	-23,715	-5672,07
-44,5284	-28,9788	-9990,62	-39,8412	-25,9284	-8938,97	-35,154	-22,878	-7887,33
-48,4158	-28,272	-12326,6	-43,3194	-25,296	-11029,1	-38,223	-22,32	-9731,52
-51,243	-26,505	-15097,2	-45,849	-23,715	-13508,1	-40,455	-20,925	-11918,9
-54,4236	-25,0914	-18023,4	-48,6948	-22,4502	-16126,2	-42,966	-19,809	-14229
-57,6042	-24,3846	-20377	-51,5406	-21,8178	-18232,1	-45,477	-19,251	-16087,1
-60,7848	-22,6176	-23087,6	-54,3864	-20,2368	-20657,3	-47,988	-17,856	-18227,1
-63,9654	-21,9108	-25982	-57,2322	-19,6044	-23247	-50,499	-17,298	-20512,1
-63,2586	-23,3244	-24324,5	-56,5998	-20,8692	-21764	-49,941	-18,414	-19203,6
-58,6644	-26,8584	-19203,8	-52,4892	-24,0312	-17182,3	-46,314	-21,204	-15160,9
-53,7168	-31,0992	-14277,4	-48,0624	-27,8256	-12774,5	-42,408	-24,552	-11271,6
-47,0022	-45,5886	-6029	-42,0546	-40,7898	-5394,37	-37,107	-35,991	-4759,74

[MPa] [MPa] [kNm]

[MPa] [MPa] [kNm]

[MPa] [MPa] [kNm]

U grafů s hodnotami napětí a ohybových momentů od předpětí jsou uváděny grafy pouze pro konec životnosti. Grafy v jednotlivých časech se od sebe tvarem neliší, pouze dochází k poklesu jednotlivých hodnot vlivem ztrát předpětí.

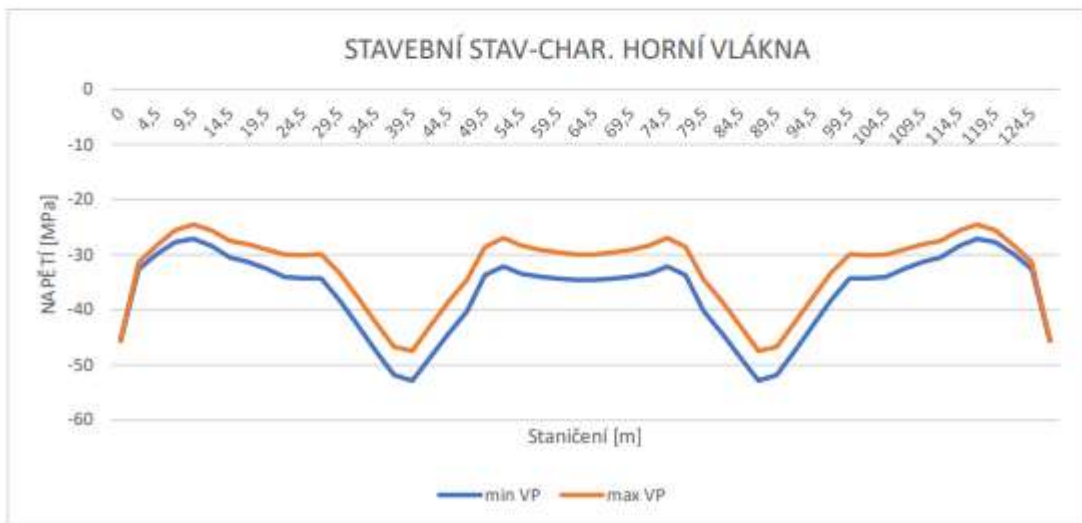
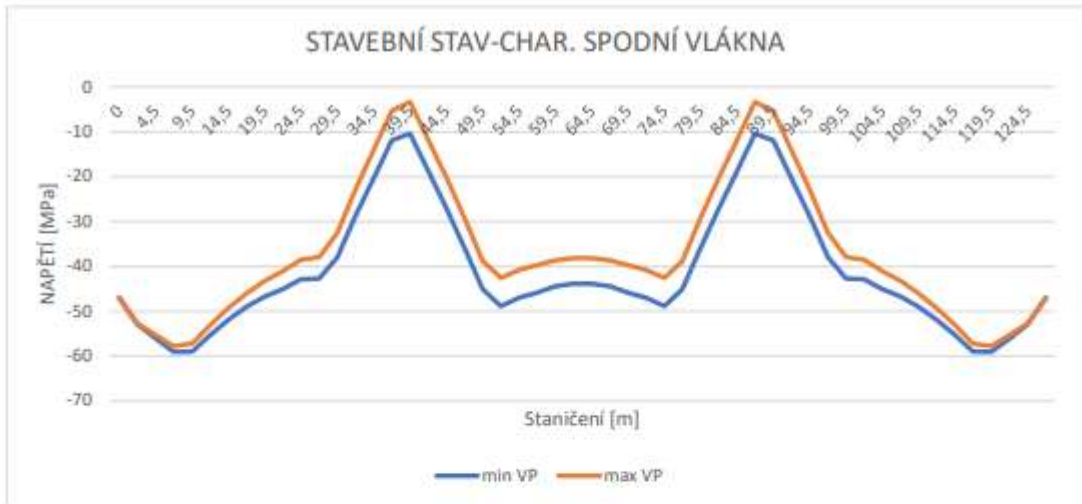


Obrázek 60 - Napětí a ohybový moment  $M_y$  na konci životnosti

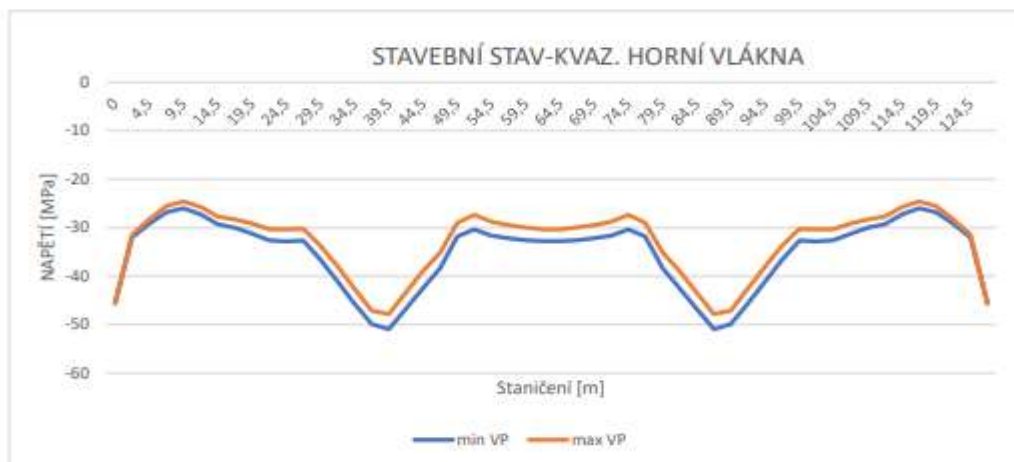
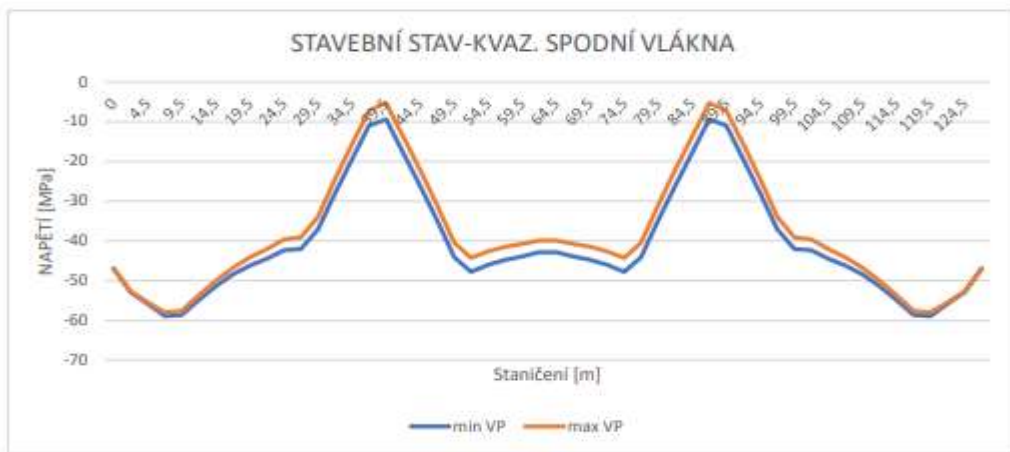




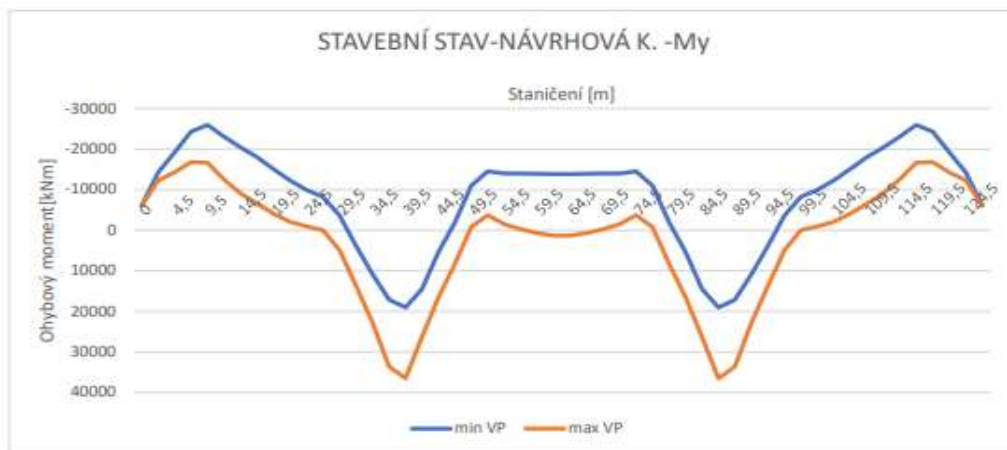




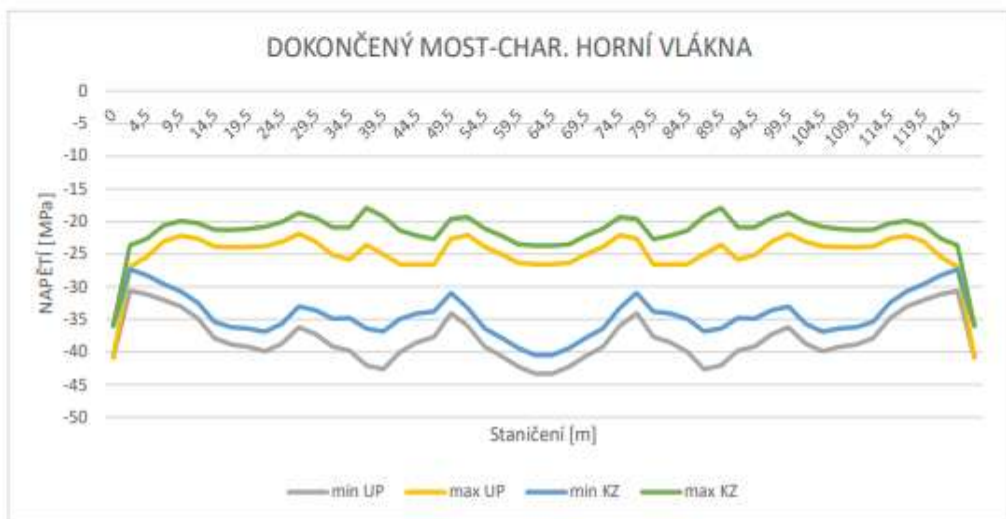
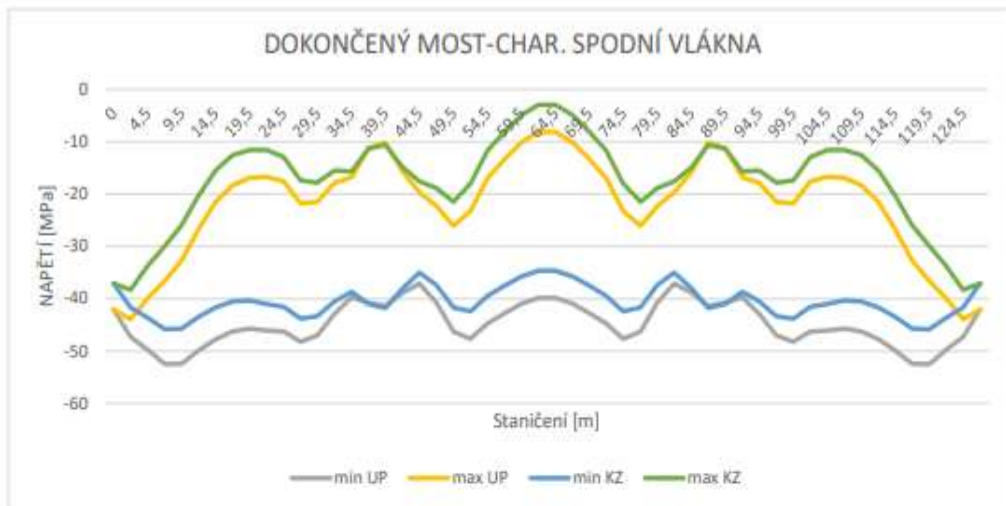
Obrázek 62 - Výsledné hodnoty napětí - charakteristická kombinace včetně předpětí (VP)



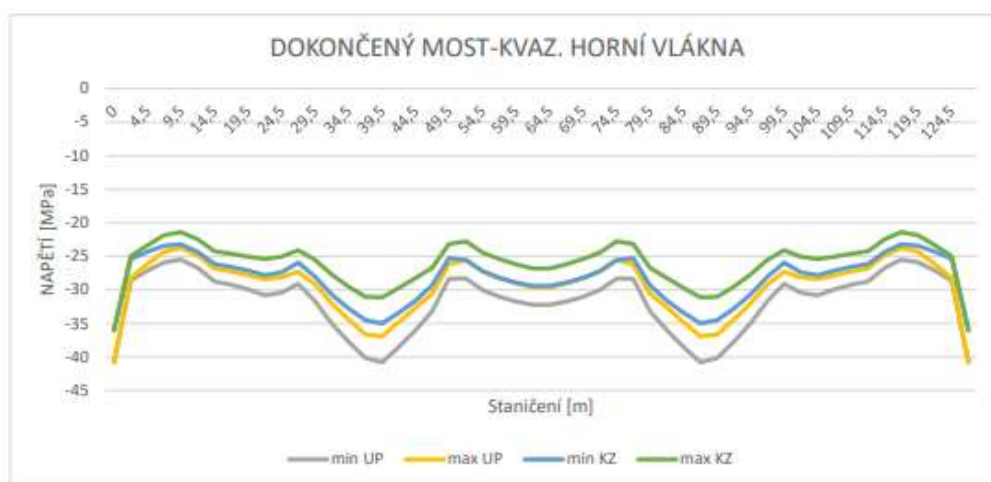
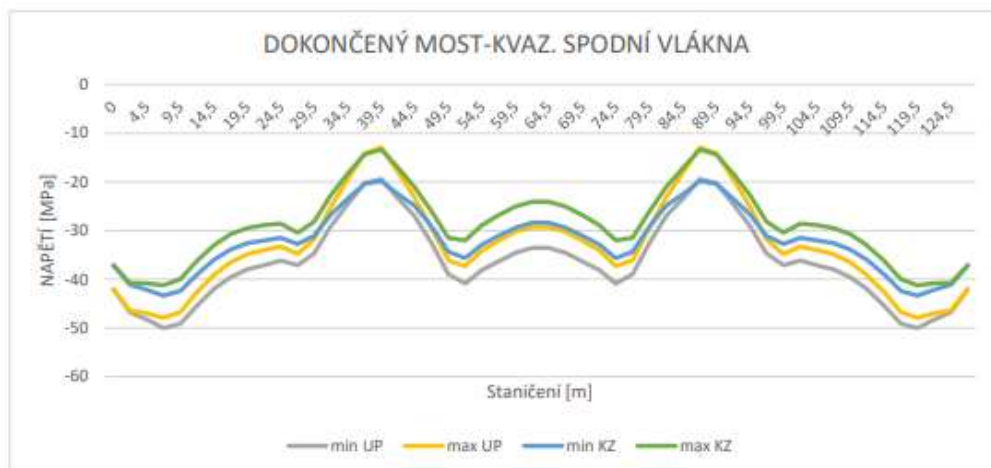
Obrázek 64 - Výsledné hodnoty napětí - kvazistálá kombinace včetně předpětí (VP)



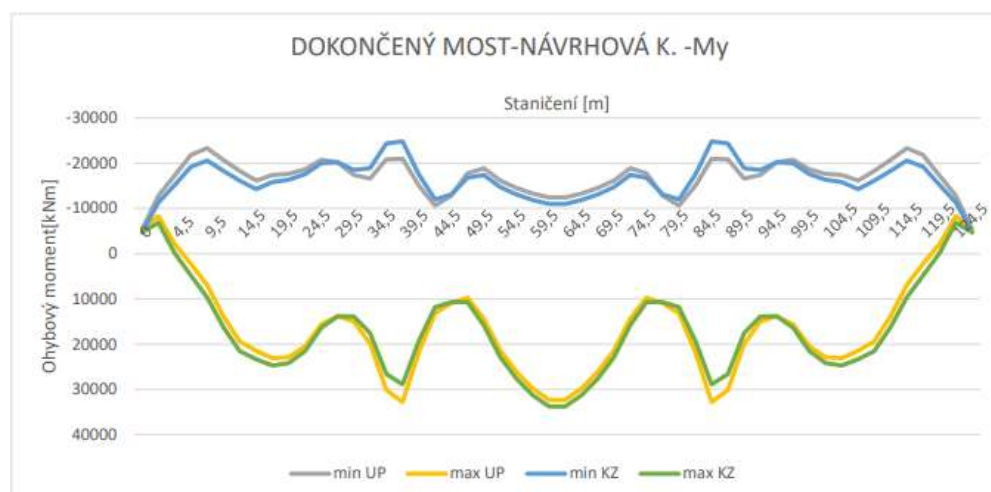
Obrázek 63 - výsledné hodnoty ohybových momentů  $M_y$  - návrhová kombinace včetně předpětí (VP)



Obrázek 65 - Výsledné hodnoty napětí - charakteristická kombinace včetně předpětí (UP,KZ)



Obrázek 67 - Výsledné hodnoty napětí - kvazistálá kombinace včetně předpětí (UP,KZ)



Obrázek 66 - Výsledné hodnoty ohybových momentů - návrhová kombinace včetně předpětí (UP,KZ)

## 9. Posouzení MSÚ

Na závěr byla hlavní nosná konstrukce posouzena na MSÚ – porušení ohybem.

Posouzeny jsou nejvíce namáhané průřezy na konstrukci. Jedná se o průřez 15 (uprostřed hlavního pole) a průřez 10 (nad podporou). Ve výpočtu MSÚ je možno uvažovat zvětšené napětí ve výztuži o 100 MPa z důvodu deformací konstrukce. V případě, že kabel prochází přes více polí, je tato hodnota redukována. V našem případě by se tato hodnota musela vydělit 3 (3 pole). Z tohoto důvodu se tato hodnota ve výpočtu zanedbává, protože výsledné napětí by výsledek moc nezměnilo.

U průřezu 15 je konstrukce posuzována v čase  $t$ =vedení do provozu (UP). Průřez 10 se posuzuje na čas  $t$ =konec životnosti (KZ). Oba průřezy vyhoví na posouzení MSÚ. Z tohoto důvodu nejsou nutné žádné další úpravy.

## 15 Posouzení MSÚ

## ŘEZ D-D'

(UP)

Průřez uprostřed středního pole

Průměr lana v kabelu	15,7 mm
Ap lana	150 mm <sup>2</sup>
Počet lan v kabelu	31 ks
Ap kabelu	4650 mm <sup>2</sup>
Počet kabelů v průřezu	12 ks
Ap, celkem	55800 mm <sup>2</sup>
UHFPFRC	175/190
f <sub>tk</sub>	175
b <sub>eff</sub>	3870 mm
Deska	0,734 m <sup>2</sup>

Stojina	0,202*2*1 m <sup>2</sup>
b <sub>stojina</sub>	0,404 m
Tl. Desky	0,2 m
Těžiště průřezu	1,469 m
Těžiště výztuže	0,85 m
Výška průřezu	2,5 m
Excentricita	0,619 m
M <sub>p</sub>	-12417 kNm
M <sub>sd</sub>	44692 kNm

### Síla v předpínací výztuži

Charakteristická pevnost	f <sub>pk</sub>	=	1860,0	Mpa
Smluvní mez pevnosti	f <sub>pd,tk</sub>	=	0,88 * 1860,0	= 1636,8 MPa
Maximální napětí při napínání	σ <sub>p,max</sub>	=	min { 0,8 * 1860,0 ; 0,9 * 1636,8 } =	min { 1488 ; 1473,12 } = 1473,12 MPa

Návrhové napětí vč. Ztrát (čas UP)	f <sub>pd</sub>	=	γ <sub>p,pre</sub> * σ <sub>p,max</sub> * 0,85	=	1 * 0,85 * 1473,12	=	1252,15 MPa
N <sub>pd</sub>	=	f <sub>pd</sub> * A <sub>p,celk</sub>	=	1252,15 * 0,0558	=	69,8701 MN	
f <sub>cd</sub>	=	α * f <sub>cd</sub> / γ <sub>c</sub>	=	0,85 * 175 / 1,5	=	99,167 MPa	
σ <sub>c</sub>	=	η * f <sub>cd</sub>	=	1 * 99,16667	=	99,1667 Mpa	

### Hledání výšky tlačené oblasti

$$N_{cd} = N_{pd}$$

Výška tlačené části betonu:

$$x' = N_{pd} / (b_{\text{bet}} * \sigma_c)$$

$$x' = \frac{69,870}{3870 * 99,167} = 0,182 \text{ m}$$

$$x' = \lambda * x$$

Vzdálenost neutrální osy od horních vláken:

$$x = \frac{0,18206}{0,8} = 0,228 \text{ m} \quad \text{N.O.}$$

Rameno vnitřních sil:

$$z = h - T_c - T_p = 2,5 - 0,091 - 0,85 = 1,559 \text{ m}$$

Výpočet momentu únosnosti:

$$M_{sd} = z * N_{cd} = 1,559 * 69,870 = 108,925 \text{ MNm}$$

Statically určitý moment:

$$M_{sd0} = N_{pd} * e = 69,870 * -0,619 = -43,2496 \text{ MNm}$$

Statically neurčitý moment:

$$\Delta M_p = M_p - M_{sd0} = -12,417 - (-43,250) = 30,833 \text{ MNm}$$

Posouzení:

$$M_{sd} > M_{sd} + \gamma_{\text{pre}} \Delta M_p$$

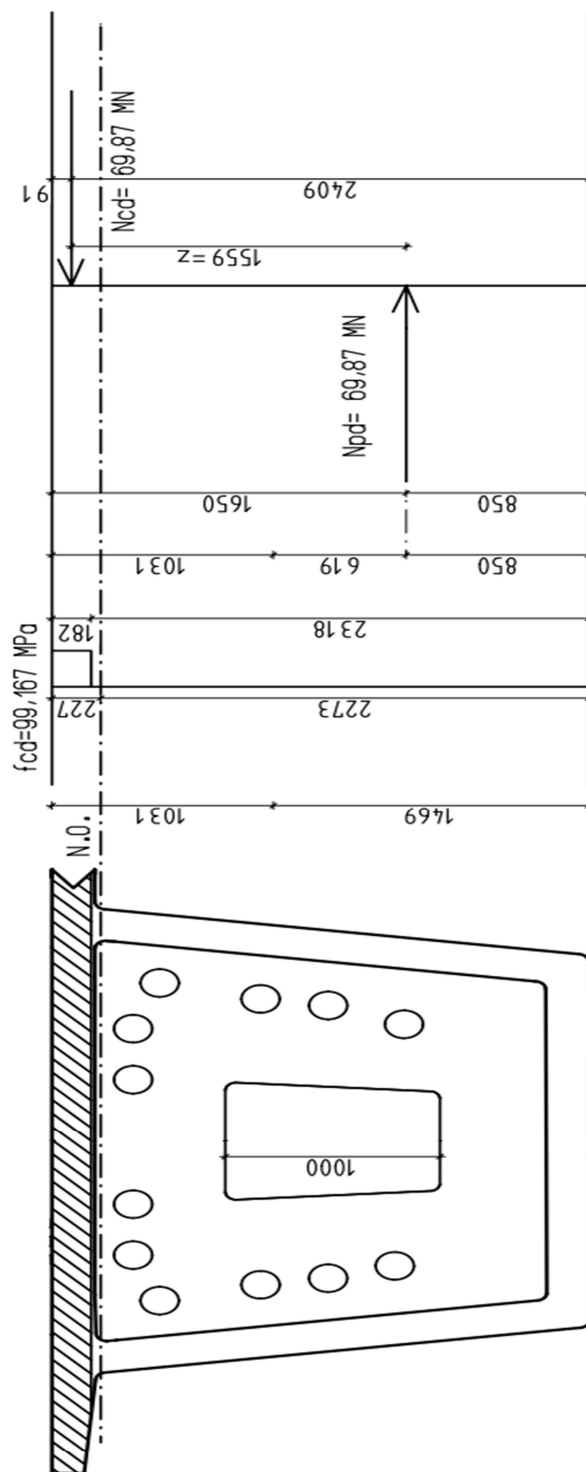
$$108,925 > 44,692 + 1 * 30,833$$

$$108,925 > 75,525 \text{ MNm}$$

Vyhovuje

Obrázek 68 - Výpočet MSÚ - řez D-D'

# ŘEZ D-D'



Obrázek 69 - Schéma MSÚ - řez D-D'

10 Posouzení MSÚ ŘEZ C-C' (x2) Průřez nad podporou

Průměr lana v kabelu	15,7 mm	$D_{deska}$	0,404 m
Ap lana	150 mm <sup>2</sup>	Tl. Desky	0,2 m
Počet lan v kabelu	31 ks	Těžiště průřezu	1,469 m
Ap kabelu	4650 mm <sup>2</sup>	Těžiště desky	0,1000 m
Počet kabelů v průřezu	12 ks	Těžiště stojiny	0,499 m
Ap, celkem	55800 mm <sup>2</sup>	Těžiště výztuže	1,65 m
UHPPRC	175/190	Výška průřezu	2,5 m
$f_{tk}$	175	Excentricita <sup>a</sup>	0,181 m
$b_{eff}$	1900 mm	$M_{p0}$	28882 kNm
Deska	0,38 m <sup>2</sup>	$M_{ed}$	60502 kNm
Stojina	0,202*2*m <sup>2</sup>		

Síla v předpínací výztuži

Charakteristická pevnost	$f_{pk}$	1860,0 Mpa	
Smluvní mez pevnosti	$f_{pt,k}$	0,88 * 1860,0 = 1636,8 MPa	
Maximální napětí při naplínání	$\sigma_{p,max}$	min [ 0,8 1860,0 ; 0,9 1636,8 ] = 1473,12 MPa	

Návrhové napětí vč. Zbrát (čas KŽ)	$f_{pk} \cdot \gamma_{pr} \cdot \sigma_{p,max} \cdot 0,75$		
	$f_{pk}$	1 + 0,75 = 1,75	1473,12 = 1104,84 MPa
$N_{ed} = \sigma \cdot A_{p,0,025}$	1104,84 * 0,0558	=	61,6501 MN
$f_{ctd} = \sigma \cdot f_{tk} / \gamma_s$	0,85 * 175 / 1,5	=	99,1667 MPa
$\sigma_c = \eta \cdot f_{ctd}$	1 * 99,1667	=	99,1667 Mpa

Hledání výšky tlačené oblasti

$N_{ed} = N_{ed}$   
 Výška tlačené části betonu:  
 $x' = N_{ed} / (b_{eff} \cdot \sigma_c)$

$$x' = \frac{61,650072}{1900 \cdot 99,1667} = 0,327 \text{ m}$$

Tlačená oblast vychází mimo dolní desku

$$A_c = x' \cdot b_{eff} = 0,3272 \cdot 1,9 = 0,622 \text{ m}^2$$

$A_c = (\text{deska} + \text{stojina}) = 0$

$$A_{c,deska} = A_c - A_{c,deska} = 0,621681398 - 0,38 = 0,242 \text{ m}^2$$

$$h_{deska} = \frac{A_{c,deska}}{b_{deska}} = \frac{0,24168}{0,404} = 0,59822 \text{ m}$$

Výška tlačené části betonu:

$$x' = h_{deska} + \text{tl. desky} = 0,59822 + 0,2 = 0,798 \text{ m}$$

Vzdálenost neutrální osy od dolních vláken:

$$x = \frac{0,79822}{0,8} = 0,998 \text{ m}$$

Těžiště tlačené oblasti

$$T_c = (A_{c,deska} \cdot z_{c,deska} + A_{c,deska} \cdot z_{c,deska}) / A_c$$

$$T_c = \frac{0,38 \cdot 0,1000 + 0,242 \cdot 0,499}{0,622} = 0,255 \text{ m}$$

Rameno vnitřních sil:

$$z = T_c - T_p = 1,65 - 0,25516 = 1,395 \text{ m}$$

Výpočet momentu únosnosti:

$$M_{ed} = z \cdot N_{ed} = 1,395 \cdot 61,6501 = 85,9922 \text{ MNm}$$

Statický neutřný moment:

$$M_{p0} = N_{ed} \cdot e = 61,650072 \cdot 0,181 = 11,1587 \text{ MNm}$$

Statický neutřný moment:

$$\Delta M_p = M_p - M_{p0} = 28,882 - 11,1587 = 17,7233 \text{ MNm}$$

Posouzení:

$$M_{ed} > M_{p0} + \gamma_{red} \cdot \Delta M_p$$

$$85,992 > 60,502 + 1 \cdot 17,723$$

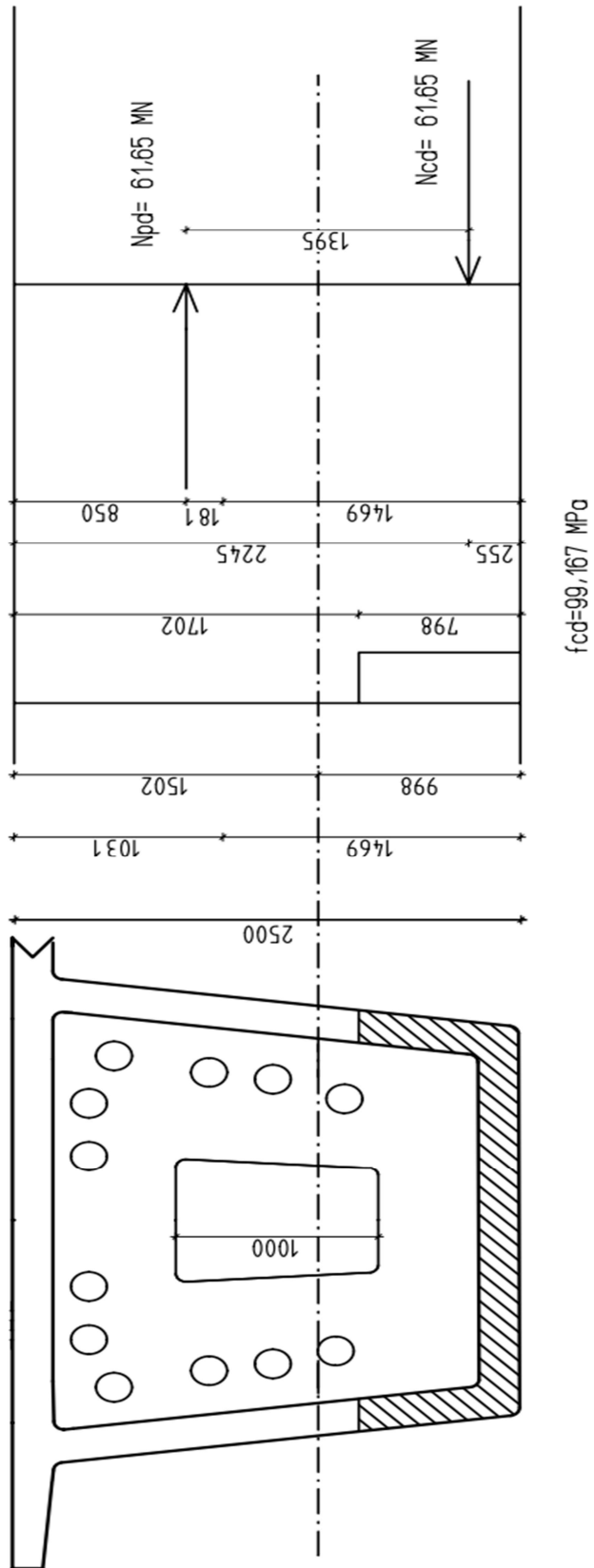
$$85,992 > 78,225 \text{ MNm}$$

Vyhovuje

Obrázek 70 - Výpočet MSÚ - řez C-C'



# ŘEZ C-C'



Obrázek 71 - Schéma MSÚ - řez C-C'

## 10 Závěr

Hlavním cílem této bakalářské práce byl návrh a následné posouzení dvoukolejného železničního mostu složeného z prefabrikovaných UHPFRC segmentů. Na konci statického výpočtu se došlo k závěru, že navržená konstrukce vyhoví ve všech posouzeních mezního stavu únosnosti i použitelnosti.

Nejvíce času bylo věnováno tvorbě výpočetního modelu z důvodu vytvořit výpočetní model, který bude v co možná největší míře odpovídat reálnému působení konstrukce. Toho se nakonec povedlo docílit pomocí podrobného roštového modelu.

Při dalším výpočtu zatížení a návrhu předpětí bylo zjištěno, že u tohoto typu konstrukce se jeví jako lepší varianta předpětí konstrukce pomocí jednoho typu průběžných zvedaných (polygonálních) volných kabelů. U jiných zkoušených variant rozmístění kabelů nastával problém s počtem potřebných předpínacích kabelů a jejich kotvení pro splnění podmínek pro mezní stav použitelnosti. Konstrukce je ve výsledném návrhu předepnuta pomocí 12 kabelů (Monostrandů) po 31 lanech. Celková hmotnost použité předpínací výztuže je 55,028 t a její celková délka 1556,6 m.

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební  
Katedra betonových a zděných konstrukcí

**Návrh železničního dvoukolejného mostu z UHPFRC  
(Ultra High Performance Fibre Reinforced Concrete)**

**Design of a double-track railway bridge made of UHPFRC  
(Ultra High Performance Fibre Reinforced Concrete)**



**BAKALÁŘSKÁ práce**  
**ČÁST C: VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE**

**Autor: Richard Vaněk**

Studijní program: Stavební inženýrství  
Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Roman Šafář, Ph.D.

**Praha, 2021**

## **Seznam výkresů:**

<b>1. Půdorys</b>	<b>1:100</b>
<b>2. Podélný řez</b>	<b>1:100</b>
<b>3. Vzorový příčný řez</b>	<b>1:50</b>
<b>4. Pohled na pilíř P2</b>	<b>1:100</b>
<b>5. Půdorys konstrukce</b>	<b>1:100</b>
<b>6. Předpětí – podélný řez</b>	<b>1:100</b>
<b>7. Předpětí – půdorys</b>	<b>1:100</b>
<b>8. Detail deviátoru</b>	<b>1:10</b>