



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí

Lávka přes řeku Labe v Hradci Králové

Footbridge crossing the Labe River in Hradec Králové

Bakalářská práce

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

Vedoucí práce: prof. Ing. Jan L. Vítek, CSc., FEng.

Tomáš Vízner

Praha 2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Vízner Jméno: Tomáš Osobní číslo: 482447
Zadávající katedra: Katedra betonových a zděných konstrukcí
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Lávka přes Labe v Hradci Králové
Název bakalářské práce anglicky: Footbridge crossing Labe River in Hradec Kralove

Pokyny pro vypracování:

Vypracujte koncepční návrh lávky včetně následujících příloh:

Varianty návrhu, Technická zpráva, Statický výpočet hlavních konstrukčních částí, Přehledné výkresy konstrukce, Výkresy vybraných detailů, Schéma postupu výstavby.

Seznam doporučené literatury:

Vybrané podklady ze soutěžních podmínek na projekt lávky

Návrhové normy

Sborníky konference Mosty

Jméno vedoucího bakalářské práce: prof. Ing. Jan L. Vitek, CSc.

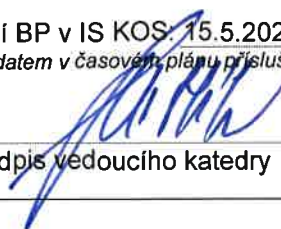
Datum zadání bakalářské práce: 14.2.2022

Termín odevzdání BP v IS KOS: 15.5.2022

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku



Podpis vedoucího práce



Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

16.2.2022

Datum převzetí zadání



Podpis studenta(ky)

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných pracích.

V Litoměřicích dne

.....
Tomáš Vízner

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval panu prof. Ing. Jan L. Vítkovi, CSc., FEng. za odborné vedení mé bakalářské práce a za čas strávený konzultacemi. Můj dík také patří mé rodině za podporu během celého studia.

Abstrakt

Cílem této práce bylo provést koncepční návrh lávky pro pěší přes řeku Labe v Hradci Králové, posoudit hlavní nosné prvky konstrukce, vypracovat základní výkresovou dokumentaci a postup výstavby. Byla navržena betonová lávka o jednom poli tvořená obloukem o rozpětí 53,5 m. Mostovka má 6 polí o rozpětích 7,5 m; 9 m; 9 m; 9 m; 9 m a 7,5 m. Hlavní nosnou konstrukci lávky tvoří předpjatá trémová mostovka, která je podepřená obloukem. Oblouk i mostovka jsou propojeny vzpěrou, takže dohromady tvoří samokotvený systém, který vyvozuje pouze svislé reakce. Oblouk je vetknutý do základů a mostovka je v místě opěr uložena na kyvné stojky. Lávka bude betonovaná na pevné skruži.

Klíčová slova

Lávka pro pěší, předpjatý beton, samokotvený systém, oblouk

Abstract

The main object of this bachelor's thesis was to design a footbridge over the Labe River in Hradec Králové, to assess the main load-bearing elements of the structure, to make a basic drawing documentation and to propose construction process. A concrete single-span footbridge formed by an arch with a span of 53.5 m was designed. The bridge deck has 6 spans of the lengths 7.5 m; 9 m; 9 m; 9 m; 9 m and 7.5 m. The main load-bearing structure of the footbridge consists of a prestressed bridge deck, which is supported by a concrete arch. The arch and the bridge deck are connected by struts at their ends, they form a self-anchored system that produces only vertical reactions. The arch is embedded in the foundations and the bridge deck is supported on the swinging bars over the abutments. The footbridge will be cast-in-situ on the fixed scaffolding.

Key words

Footbridge, prestressed concrete, self-anchored system, arch

Součásti bakalářské práce:

Část A: Variantní řešení

Část B: Technická zpráva

Část C: Statický výpočet

Část D: Založení

Část E: Výkresová dokumentace

1 – Příčné řezy

2 – Podélný řez/pohled, Půdorys řez/pohled

3 – Výkres výztuže v příčných řezech

4 – Výkres předpětí



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí

Lávka přes řeku Labe v Hradci Králové

Footbridge crossing the Labe River in Hradec Králové

Bakalářská práce

Část A: Studie variant řešení

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

Vedoucí práce: prof. Ing. Jan L. Vitek, CSc., FEng.

Tomáš Vízner

Praha 2022



Obsah

1. Základní charakteristika objektu	4
1.1. Lokalita objektu	4
2. Příklady zhotovených lávek pro pěší	6
2.1.1. Lávky podepřené obloukem	6
2.1.2. Lávky s horním obloukem	10
2.1.3. Lávky typu vzpěradlo	11
3. Zatížení	12
3.1. Stálá zatížení	12
3.1.1. Vlastní tíha	12
3.1.2. Ostatní stálé	12
3.2. Proměnná zatížení	12
3.2.1. Zatížení teplotou	12
3.2.2. Zatížení dopravou	12
3.3. Souhrn zatížení	13
3.4. Kombinace zatížení	13
4. Požadavky na materiál	15
5. Varianty řešení	16
5.1. Varianta 1 – předpjatá trémová mostovka podepřená obloukem	16
5.1.1. Popis konstrukce	16
5.1.2. Stanovení vnitřních sil	18
5.1.3. Návrh předpětí	21
5.1.4. Posouzení průřezu mostovky	23
5.1.5. Posouzení průřezu oblouku	24
5.2. Varianta 2 – předpjatá trémová mostovka s horním tlačným obloukem	25
5.2.1. Popis konstrukce	25
5.2.2. Stanovení vnitřních sil	27
5.2.3. Návrh předpětí	30
5.2.4. Posouzení průřezu mostovky	32
5.2.5. Posouzení průřezu oblouku	33
5.3. Varianta 3 – Předpjatá trémová mostovka podepřená vzpěrou a táhlem	34
5.3.1. Popis konstrukce	34



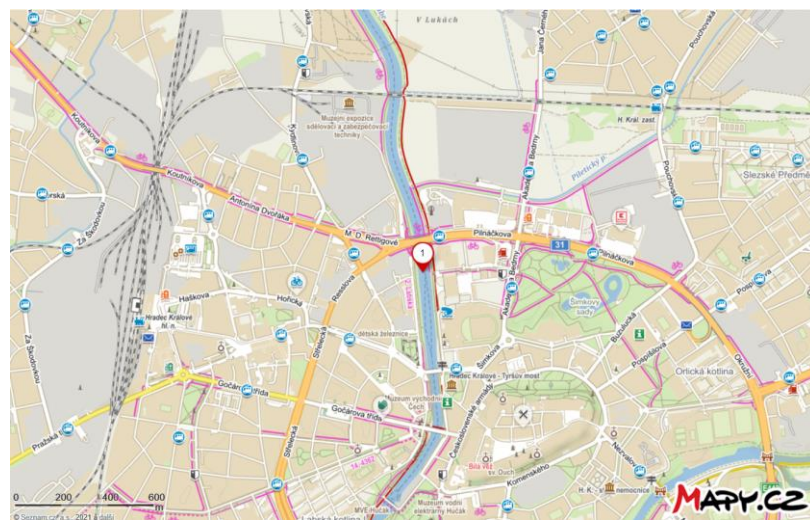
5.3.2. Stanovení vnitřních sil	36
6. Závěr.....	39
7. Použitá literatura.....	40
8. Použité výpočetní programy	41



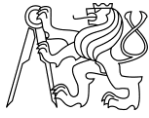
1. Základní charakteristika objektu

1.1. Lokalita objektu

Navrhovaná lávka přemostuje řeku Labe v km 994,75 v Hradci Králové. Lávka bude spojit mezi zónou Aldis na levém břehu a Smetanovým nábřežím na pravém břehu. Stavba bude funkčně napojena na pěší a cyklistické stezky, které vedou po obou březích řeky. Nadmořská výška hladiny řeky za normálního stavu je 229,09 m n. m.



Obrázek 1.1 Lokalita objektu



Lávka je navrhována v místě, kde je vzdálenost mezi břehy přibližně 67 m. Kolmá výška hrany levého břehu od hladiny řeky je 3,5 m a hrany pravého břehu 2,8 m.

Dle normy ČSN 73 6110 Projektování místních komunikací [1] nemá být sklon lávky pro pěší větší než 8,33 %. Dále dle technických požadavků na lávku má být šířka průchozího prostoru minimálně 4,5 m. Konstrukce lávky nesmí omezovat průtok v korytě řeky při velké vodě (Q100) a také nesmí omezovat lodní dopravu.



Obrázek 1.2 Pohled na koryto řeky v místě stavby

2. Příklady zhotovených lávek pro pěší

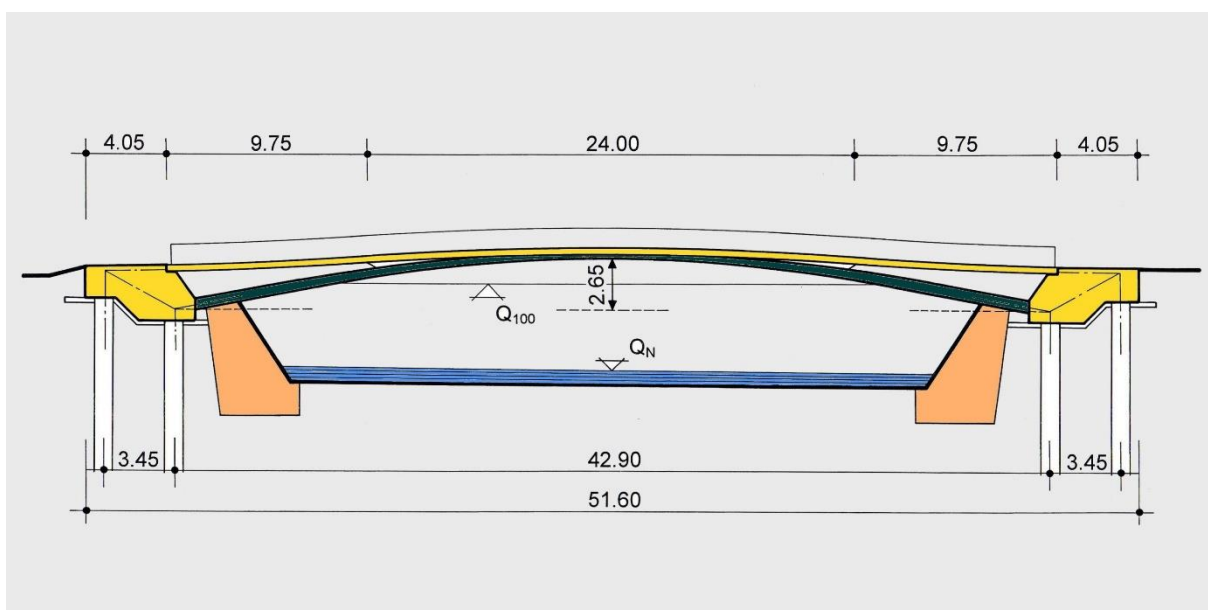
2.1.1. Lávky podepřené obloukem

Lávka přes Svratku v Brně

Lávku tvoří předpjatý pás sestavený z prefabrikovaných segmentů, který je podepřený obloukem. Předpjatý pás i oblouk jsou vetknuty do koncových opěr a tvoří samokotvený systém. Segmenty i oblouk jsou z vysokopevnostního betonu. [2]



Obrázek 2.1 Lávka přes Svratku, Brno



Obrázek 2.2 Schematický podélný řez lávky přes Svratku, Brno



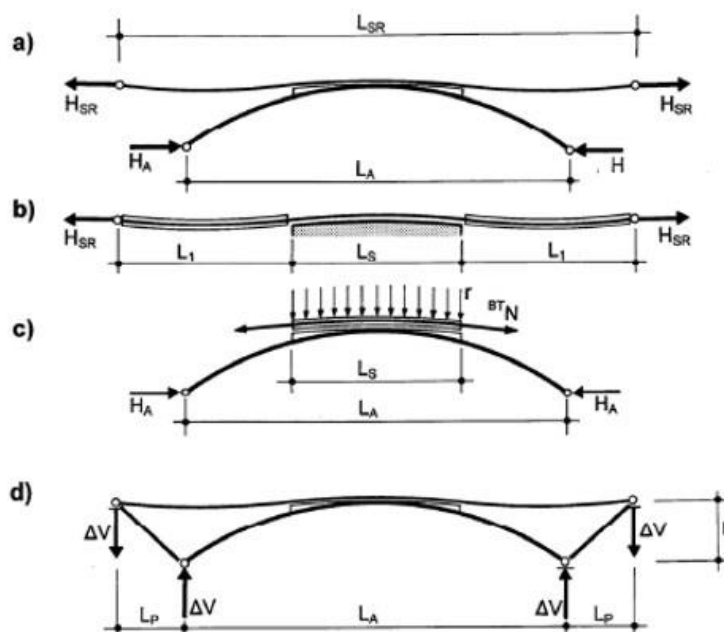
Lávka přes R35 u Olomouce

Mostovka z předpjatého pásu je tvořena prefabrikovanými segmenty. Předpjatý pás je na koncích mostu vetknut do kotevních bloků (krajních integrovaných příčníků) a uprostřed rozpětí podporován sedlem oblouku. Oblouk je vetknut do základů, které jsou pomocí zadních prefabrikovaných vzpěr spojeny s koncovými kotevními bloky. [3]



Obrázek 2.3 Lávka přes R35 u Olomouce

Konstrukce z předpjatého pásu jsou tvořeny štíhlou betonovou mostovkou, která je nesena a předeprnuta předpínacími kabely. Jejich nevýhodou však je, že do podloží je nutno přenést velkou vodorovnou sílu. Z tohoto důvodu byl vyvinut samokotvený systém, ve kterém oblouk podporuje předpjatý pás. Vodorovná síla z předpjatého pásu H_{SR} je přenesena vzpěrami do základu oblouku. Zde je vyrovnána vodorovnou složkou obloukové síly H_A – Obrázek 9. Moment od dvojice vodorovných sil $H_{SR} \cdot h$ je vyrovnán dvojicí svislých sil $\Delta V \cdot L_p$. [3]



Obrázek 2.4 Schéma samokotveného systému

Lávka pro pěší v Nymburce

Hlavní pole lávky vedené přes Labe má tvar štíhlého obloukového mostu s mezilehlou mostovkou s rozpětím 103 m a vzepětím pouhých 11,25 m. Ocelový oblouk má dvě větve symetrické kolem podélné osy lávky a vzájemně ukloněné tak, že se směrem vzhůru rozevírají. Mezi oblouky je na ocelových tyčových táhlech zavěšena betonová předpjatá mostovka.

Na obou březích navazují estakádní části lávky, které jsou uloženy na kyvných stojkách, jež jsou z estetických důvodů mírně ukloněny. Celá konstrukce působí velmi štíhlým dojmem. Kromě toho, že v rámci zpracování projektové dokumentace bylo pečlivě hodnoceno logické a věcně správné statické působení konstrukce, byla navíc velká pozornost věnována estetickému působení celku i jednotlivých konstrukčních detailů.



Obrázek 2.5 Vizualizace lávky v Nymburce



Během výstavby byl oblouk předepnut dočasným táhlem, které se aktivovalo až po instalaci závěsů. Střední segment lávky tak dočasně působil jako oblouk s táhlem. Po předepnutí táhla se deformací (nadvýšením) oblouku aktivovaly závěsy a rovněž se mostovka přizvedla z bednění, čímž se usnadnilo odskružení. Velkou výhodou tohoto postupu je fakt, že se tak velmi zjednodušuje způsob napínání závěsů. Po dokončení montáže se mostovka podélně předepnula. [4]



Obrázek 2.6 Dočasné táhlo oblouku v červené trubce



2.1.2. Lávky s horním obloukem

Oblouková lávka přes Svatku v Brně

Lávka je navržena jako prostý nosník o celkové délce mostu 60,4 m. Výškové vedení je vedeno ve výškovém zakružovacím oblouku jehož tečny mají sklon 6,03 %. Mostovka celkové šíře 6,50 m je tvořena páteřním nosníkem vystupujícím nad povrch komunikace a tvořícím přirozené rozhraní mezi jízdniemi pásy, jež vedou na konzolových deskách vyložených po jeho stranách. Šířka průchozího prostoru je 2x2,50 m. Nosná konstrukce je zhotovena z monolitického dodatečně předpjatého betonu C30/37 – XF2. Zavěšení mostovky na oblouk je realizováno 18 symetrickými závěsy v semi-harfovém uspořádání. Nosná konstrukce je na obou svých koncích vetknuta do krajních opěr. [5]



Obrázek 2.7 Oblouková lávka přes Svatku



Obrázek 2.8 Oblouková lávka přes Svatku



2.1.3. Lávky typu vzpěradlo

Lávka ze samozhutnitelného betonu v Lovosicích

Lávka byla založena na svislých a šikmých (tahových) mikropilotách, které ukončily základové patky. Do nich byly vetknuty podpěry – na každé straně táhlo a vzpěra, které vytvářejí podpěrný systém mostovky. Střední část mostovky je prefabrikovaná, krajní části mostovek mezi koncem táhla a vzpěrami jsou monolitické. Mostovka byla opatřena železobetonovou římsou k uchycení ocelového zábradlí. Přechodové oblasti byly skloubeny vrubovými klouby, které byly na každé straně spojeny s přechodovými deskami, respektive přechodovými zídками. Příslušenství lávky tvoří povrchové odvodnění, vnitřní a vnější hydroizolace a ocelové zábradlí. Lávka byla napojena na stávající komunikace – chodníky v Lovosicích. Délka přemostění je 30,1 m, délka mostu dosahuje 36,3 m, délka nosné konstrukce má 32,5 m. [6]



Obrázek 2.9 Lávka ze samozhutnitelného betonu v Lovosicích



3. Zatížení

Tato kapitola je společná pro jednotlivé varianty. Proměnné zatížení se uvažuje stejné pro všechny varianty vzhledem ke stejné šířce, která je předpokládána 4,5 m. U redukce proměnného rovnoměrného zatížení se uvažuje zatěžovací délka lávky 68,5 m. Rozdílná délka jednotlivých variant lávek je v tomto stadiu zohledněna v konzervativní hodnotě tohoto zatížení.

3.1. Stálá zatížení

3.1.1. Vlastní tíha

Vlastní tíha celé betonové konstrukce $g_{0,k}$ je vypočítána softwarem, kde je zadána objemová tíha betonu a tíhové zrychlení, které se uvažuje $g = 9,81 \text{ m/s}$.

3.1.2. Ostatní stálé

Ostatní stálé zatížení je uvažováno jako tíha stříkané pochozí izolace $g_{1,k} = 0,675 \text{ kN/m}$ a tíha zábradlí na obou stranách lávky $g_{2,k} = 1 \text{ kN/m}$ (odhad). Jelikož je pochozí šířka všech variant 4,5 m, mohou se tyto hodnoty zatížení uvažovat pro všechny varianty stejně.

3.2. Proměnná zatížení

3.2.1. Zatížení teplotou

Doporučené hodnoty maximálních a minimálních teplot ve stínu byly odečteny z map teplot viz. ČSN EN 1991-1-5 [7]. Pro oblast lávky Hradec Králové jsou hodnoty $T_{max} = 40 \text{ °C}$ a $T_{min} = -32 \text{ °C}$. Referenční teplota je uvažována $T_0 = 10 \text{ °C}$. Zatížení teplotním gradientem se v této fázi neuvažuje.

$$T_{e,max} = T_{max} + 1,5 \text{ °C} = 40 + 1,5 = 41,5 \text{ °C}$$

$$T_{e,min} = T_{min} + 8 \text{ °C} = -32 + 8 = -24 \text{ °C}$$

$$\Delta T_{N,con} = T_0 - T_{e,min} = -10 - 24 = -34 \text{ °C}$$

$$\Delta T_{N,exp} = T_{e,max} - T_0 = 41,5 - 10 = 31,5 \text{ °C}$$

3.2.2. Zatížení dopravou

Rovnoměrné zatížení

Pro navrhování lávek pro chodce se má dle normy ČSN EN 1991-2, 4.3.5 [8] definovat model zatížení 4, tedy rovnoměrné zatížení $q_{fk} = 5 \text{ kN/m}^2$. Vzhledem k tomu, že se na lávce nepředpokládá hustý proud cyklistů a chodců je možná redukce rovnoměrného zatížení dle 5.3.2.1., rovnice 5.1.

Charakteristická hodnota rovnoměrného zatížení tedy bude:

$$q_{fk} = 2,0 + \frac{120}{L+30} = 2,0 + \frac{120}{68,5+30} = 3,22 \text{ kN/m}^2$$

(Zatěžovací délka lávky $L = 68,5 \text{ m}$)



Konzervativně se bude pro návrh lávky uvažovat rovnoměrné zatížení $q_{fk} = 3,5 \text{ kN/m}^2$.

Zatížení obslužným vozidlem se nebude v této části návrhu uvažovat.

3.3. Souhrn zatížení

Zatížení větrem, zatížení sněhem, zatížení nerovnoměrnou teplotou a zatížení poklesem podpor se v této části návrhu nebudou uvažovat.

Tabulka 3.1 Souhrn zatížení

Typ	Název zatížení	Označení	Hodnota	Jednotka	Zatěžovací stav
Stálé	Vlastní tíha	$g_{0,k}$	SW	-	gk – Stálé
	Ostatní stálé – izolace, zábradlí	g_{ost}	1,675	kN/m	
Proměnné	Rovnoměrné zatížení – gr1	q_{fk}	15,75	kN/m	gr1 – Doprava
	Zatížení teplotou – prodloužení	$\Delta T_{N,exp}$	31,5	°C	dT(+) – Prodloužení
	Zatížení teplotou – zkrácení	$\Delta T_{N,con}$	-34,0	°C	dT(-) – Zkrácení

3.4. Kombinace zatížení

Hodnoty součinitelů ψ jsou uvažovány podle ČSN EN 1990, A2.2.6, tabulka A2.2 [9]. Ostatní součinitele jsou uvažovány dle stejné normy tabulky A2.4 [9].

Vztahy pro kombinace zatížení jsou uvedeny v následujících kombinačních pravidlech, která jsou vzhledem k fázi studie zjednodušena. Pro mezní stav únosnosti (MSÚ) je uvažován vztah 6.10a [9]. Pro mezní stav použitelnosti (MSP) je uvažován vztah pro charakteristickou kombinaci 6.14b [9]. Sčítají se účinky zatížení.



Kombinace zatížení pro MSÚ (6.10a)

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

- Kde:
- $G_{k,j}$ charakteristická hodnota j -tého stálého zatížení
 - P reprezentativní hodnota zatížení předpětí
 - $Q_{k,1}$ charakteristická hodnota hlavního proměnného zatížení
 - $Q_{k,i}$ charakteristická hodnota vedlejšího i -tého proměnného zatížení
 - $\gamma_{G,j}$ dílčí součinitel j -tého stálého zatížení
 - γ_P dílčí součinitel zatížení od předpětí
 - $\gamma_{Q,1}$ dílčí součinitel hlavního proměnného zatížení
 - $\gamma_{Q,i}$ dílčí součinitel vedlejšího i -tého proměnného zatížení
 - $\psi_{0,1}$ součinitel pro kombinační hodnotu hlavního proměnného zatížení
 - $\psi_{0,i}$ součinitel pro kombinační hodnotu vedlejšího i -tého proměnného zatížení

Kombinace zatížení pro MSP (6.14b)

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

- Kde:
- $G_{k,j}$ charakteristická hodnota j -tého stálého zatížení
 - P reprezentativní hodnota zatížení předpětí
 - $Q_{k,1}$ charakteristická hodnota hlavního proměnného zatížení
 - $Q_{k,i}$ charakteristická hodnota vedlejšího i -tého proměnného zatížení
 - $\psi_{0,i}$ součinitel pro kombinační hodnotu vedlejšího i -tého proměnného zatížení

Kombinační klíč

Jako dominantní zatížení lze uvažovat proměnné zatížení gr1 – rovnoměrné zatížení. Teplotní účinky oteplení a ochlazení se navzájem vylučují, takže nemohou být spolu kombinovány. Dále se nemusí dle ČSN EN 1990/A2.2.3(2) [9] uvažovat společné působení zatížení větrem a teplotou. Z těchto předpokladů plynou tyto kombinace:

Tabulka 3.2 Kombinační klíč

Stav	KZ	gk	gr1	dT(+)	dT(-)
MSÚ 6.10a	KZ1	1.35	0.60 ⁽¹⁾	0.90 ⁽²⁾	-
	KZ2	1.35	0.60 ⁽¹⁾	-	0.90 ⁽²⁾
MSP 6.14b	KZ3	1.00	1.00	0.60	-
	KZ4	1.00	1.00	-	0.60

$$^{(1)} 1,50 \cdot 0,40 = 0,60 \quad ^{(2)} 1,50 \cdot 0,6 = 0,90$$



4. Požadavky na materiál

Mostovka, oblouk, vzpěry, pilíře:

Charakteristické vlastnosti betonu C35/45 (ČSN EN 206-1):

Pevnost v tlaku	$f_{ck} = 35 \text{ MPa}$
Pevnost v tahu	$f_{ctm} = 3,2 \text{ MPa}$
Střední hodnota modulu pružnosti	$E_{cm} = 34\,100 \text{ MPa}$
Objemová hmotnost	$\rho_k = 2\,500 \text{ kg/m}^3$

Základy:

Charakteristické vlastnosti betonu C20/25 (ČSN EN 206-1):

Pevnost v tlaku	$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$
Pevnost v tahu	$f_{ctm} = 2,2 \text{ MPa}$
Střední hodnota modulu pružnosti	$E_{cm} = 29\,000 \text{ MPa}$
Objemová hmotnost	$\rho_k = 2\,500 \text{ kg/m}^3$



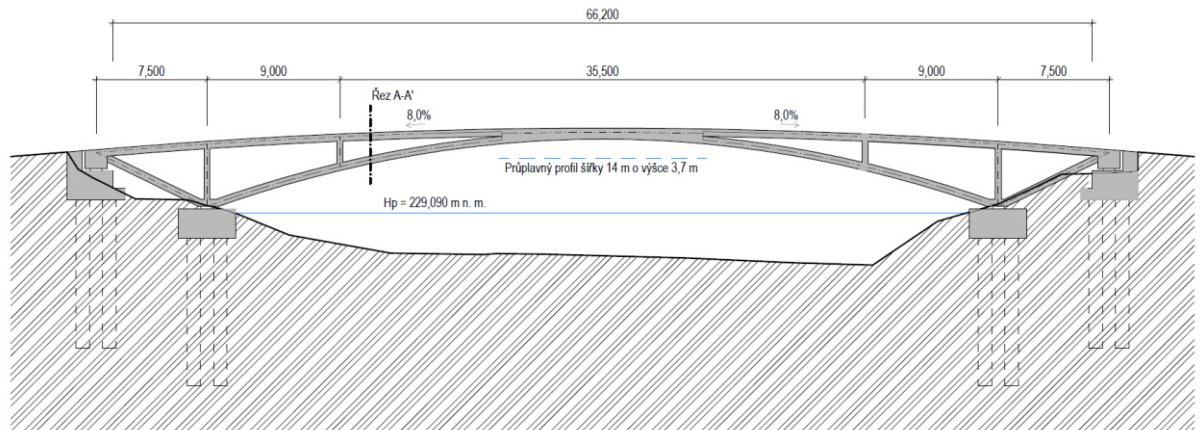
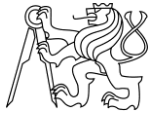
5. Varianty řešení

5.1. Varianta 1 – předpjatá trémová mostovka podepřená obloukem

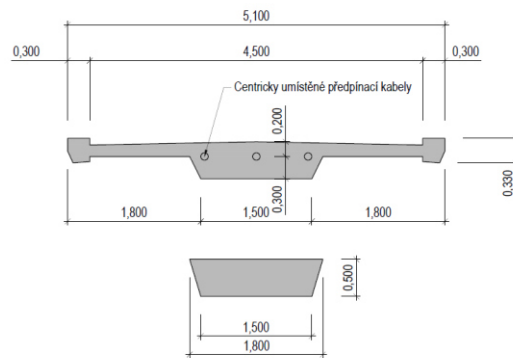
5.1.1. Popis konstrukce

Hlavní nosnou konstrukci lávky tvoří předpjatá trémová mostovka, která je podepřená obloukem. Oblouk i mostovka jsou propojeny kotevním blokem, takže dohromady tvoří samokotvený systém, který na konstrukci vyvozuje pouze svislé reakce. Oblouk i mostovka jsou navrženy z betonu C35/45.

Délka přemostění je 66,2 m. Celková šířka mostovky i s římsami je 5,1 m a volná šířka na lávce je 4,5 m. Povrch nosné konstrukce a zároveň i pochozí povrch je ve střechovitém příčném sklonu 2,5 %. Podélný sklon lávky je od středu konstrukce na každou stranu 8,0 %.



Obrázek 5.1 Schéma varianty 1



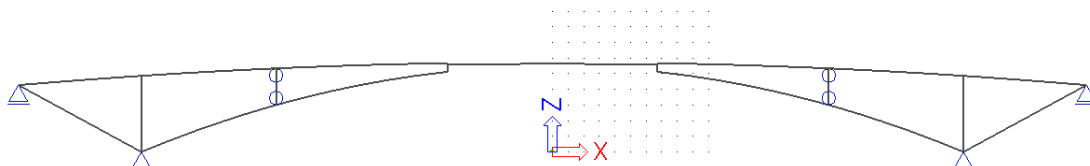
Obrázek 5.2 Schematický příčný řez A-A' varianty 1



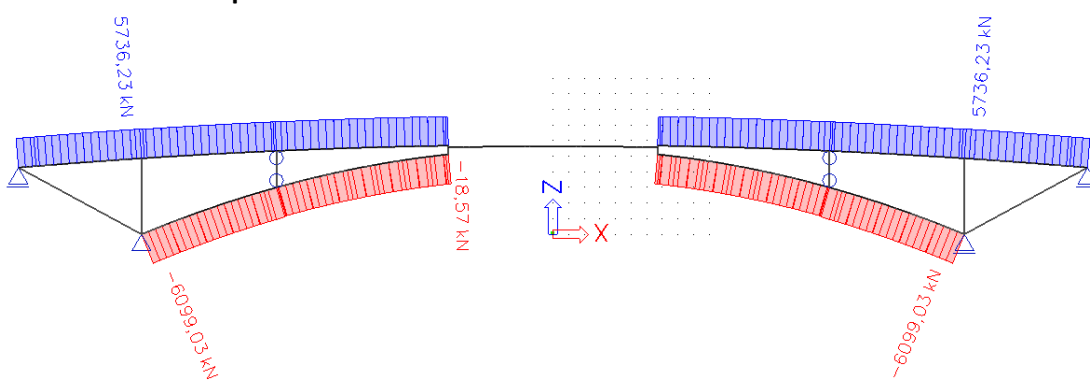
5.1.2. Stanovení vnitřních sil

Jelikož se v této fázi ověřuje jen průřez mostovky a oblouku, jsou zobrazeny pouze průběhy vnitřních sil v mostovce a v oblouku bez vlivu předpětí.

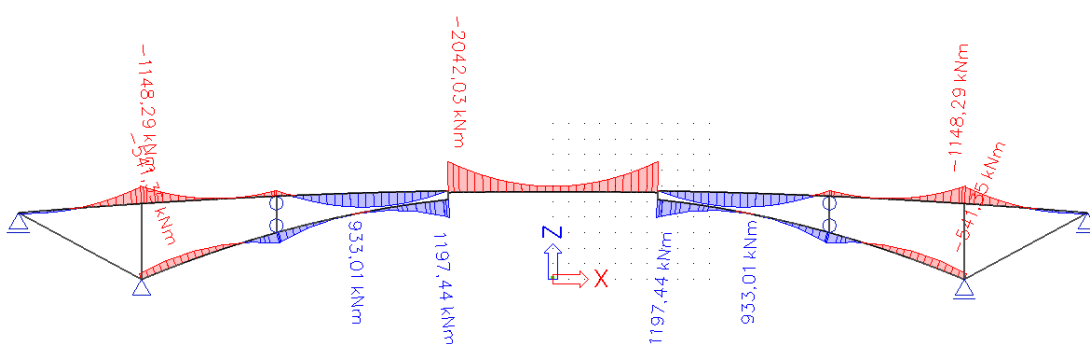
Prutový model



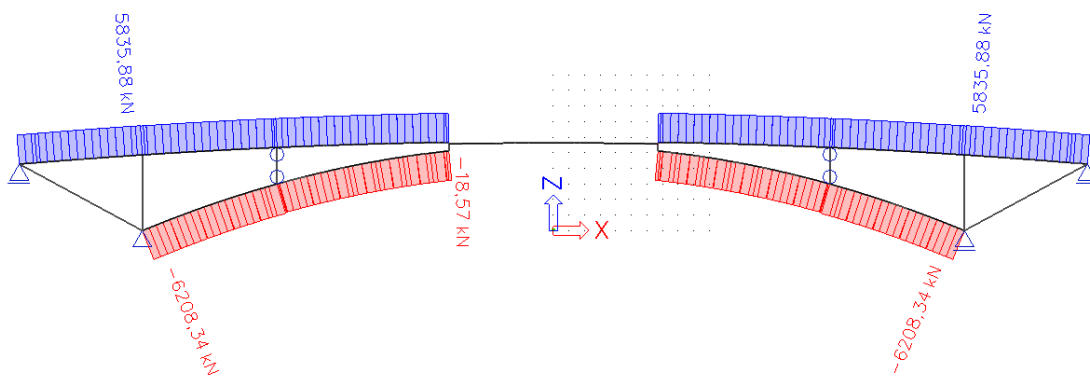
Normálová síla při kombinaci KZ1



Ohybový moment M_y při kombinaci KZ1

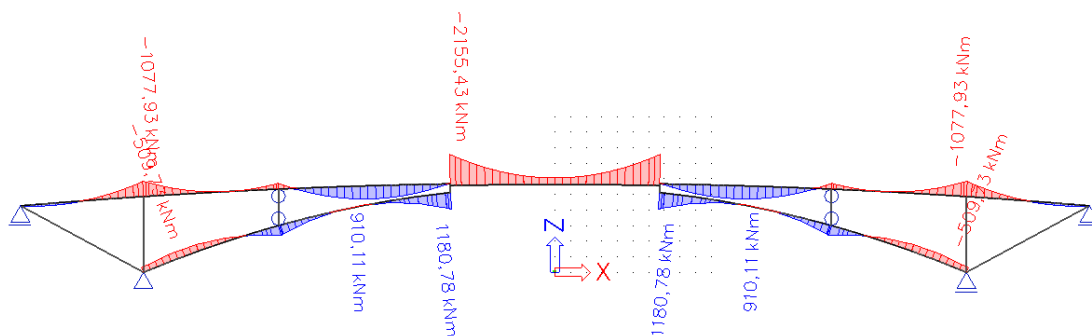


Normálová síla při kombinaci KZ2

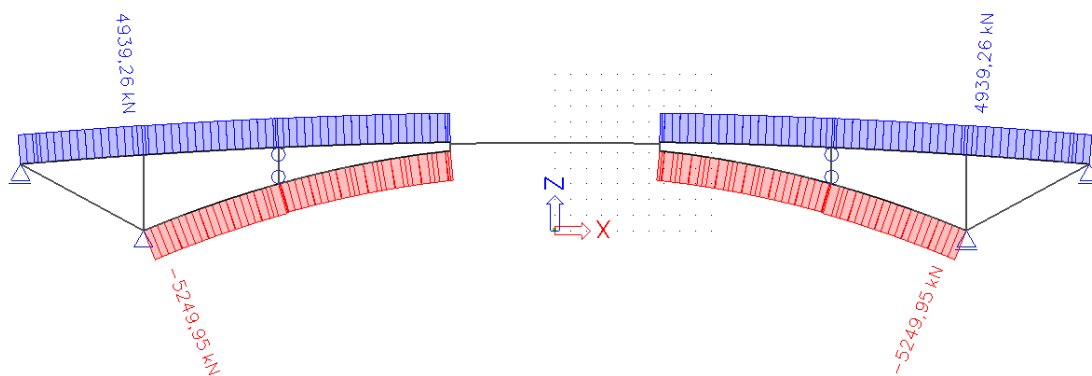




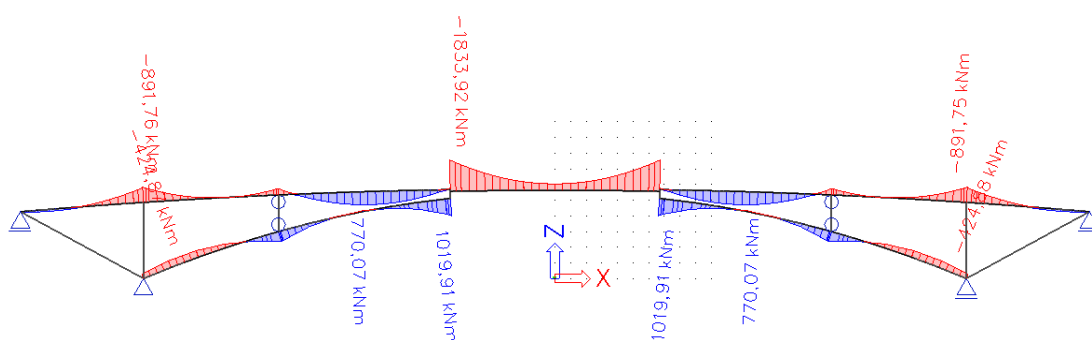
Ohybový moment M_y při kombinaci KZ2



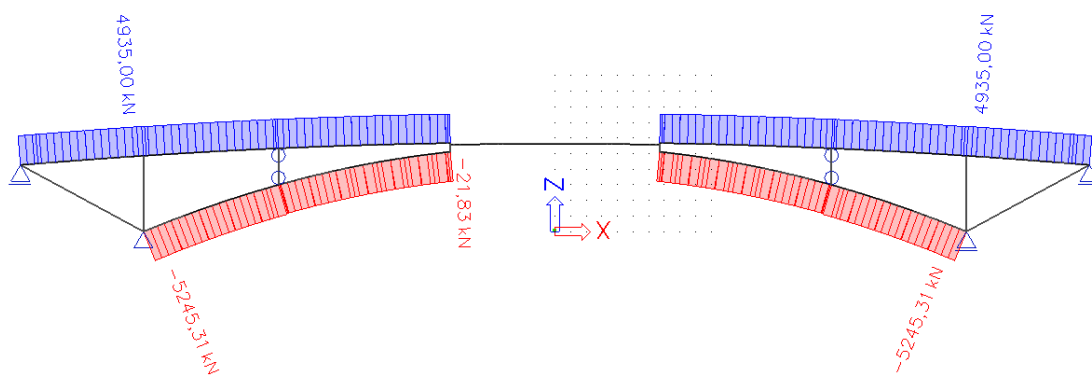
Normálová síla při kombinaci KZ3



Ohybový moment M_y při kombinaci KZ3

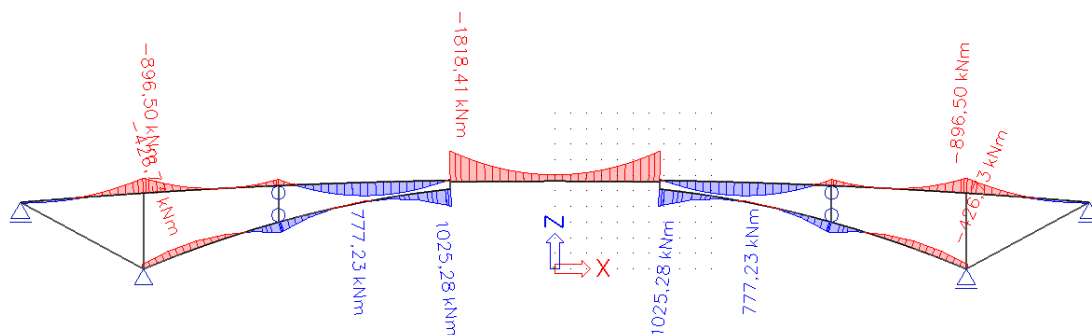


Normálová síla při kombinaci KZ4

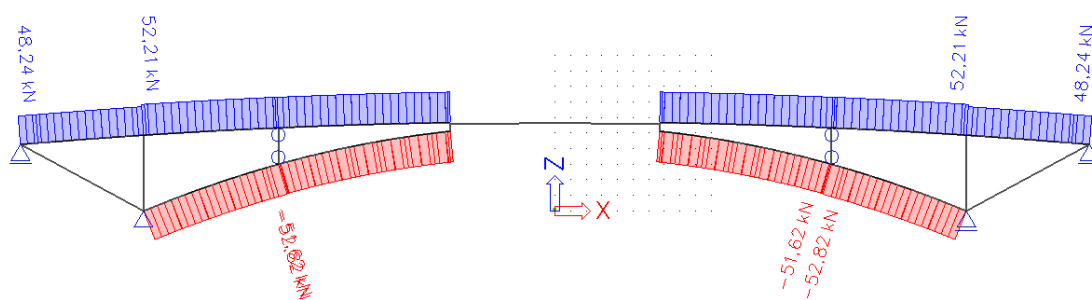




Ohybový moment M_y při kombinaci KZ4



Normálová síla způsobena předpětím (ochlazením konstrukce o $9,325 \text{ }^\circ\text{C}$)





5.1.3. Návrh předpětí

Předpětí se bude navrhovat na účinky zatížení charakteristické kombinace. Dle průběhů vnitřních sil způsobí v mostovce větší tahovou sílu kombinace KZ3. Její hodnota je $N = 4939,26$ kN. Ztráty předpětí na konci životnosti jsou uvažovány jako 25 %.

V této fázi návrhu jde jen o hrubý odhad nutného předpětí. Bude se uvažovat průběžný kabel Y1860S7-15,7 mm zjednodušenou formou, a to centricky vedený v těžišti průřezu mostovky. Jeden kabel bude mít 12 předpínacích lan.

$N = 4939,26$ kN	... největší tahová síla v mostovce při charakteristické kombinaci
$A_c = 1,477$ m ²	... plocha betonového průřezu mostovky
$E_{cm} = 34,1$ GPa	... modul pružnosti betonu C35/45
$A_1 = 150$ mm	... plocha jednoho předpínacího lana
$\sigma_{pm0} = 1391,28$ MPa	... maximální napětí v jednom laně po vnesení předpětí
$\sigma_{pm,inf} = 1043,46$ MPa	... napětí v jednom laně na konci životnosti konstrukce

Normálová síla v jednom laně

$$N_1 = \sigma_{pm,inf} \cdot A_1 = 1043,46 \cdot 150 = 156,52 \text{ kN}$$

Nutný počet lan v průřezu

$$n_{L,nut} = \frac{N}{N_1} = \frac{4939,26}{156,52} = 32 \text{ ks}$$

Návrh: 3 kabely – 36 lan

Předpětí se bude v této fázi návrhu uvažovat jako ochlazení konstrukce o teplotu spočítanou níže.

Návrhová předpínací síla

$$N_p = n_L \cdot N_1 = 36 \cdot 156,52 = 5634,68 \text{ kN}$$

Napětí v betonu od předpětí

$$\sigma_p = \frac{N_p}{A_c} = \frac{5634,68}{1,477} = 3,82 \text{ MPa}$$

Deformace betonu od předpětí

$$\varepsilon_p = \frac{\sigma_p}{E_{cm}} = \frac{3,82}{34100} = 0,000112 = \Delta\varepsilon_T = \alpha \cdot \Delta T$$



Teplota pro ochlazení konstrukce

$$\Delta T = \frac{\varepsilon_p}{\alpha} = \frac{0,000112}{0,000012} = 9,325 \text{ °C}$$

Výpočet výsledné síly působící na mostovku

$N_T = 52,210 \text{ kN}$... tahová síla od ochlazení mostovky o 9,325 °C

$N = 4939,260 \text{ kN}$... tahová síla v mostovce od kombinace KZ3

$N_p = 5634,684 \text{ kN}$... předpínací síla

$$N_{mostovka} = N + N_T - N_p = 4939,26 + 52,21 - 5634,68 = -643,214 \text{ kN}$$



5.1.4. Posouzení průřezu mostovky

Průřez mostovky se bude posuzovat ve třech místech – nad vyšší stojkou v místě největšího záporného momentu, v poli v místě největšího kladného momentu a uprostřed rozpětí celé konstrukce. Z důvodu centrického vedení předpínacího kabelu na mostovku nepůsobí zatížení od staticky určitého momentu od předpětí. Posudek bude proveden na charakteristickou kombinaci zatížení KZ3, a aby nedocházelo ke vzniku podélných trhlin, musí být splněna podmínka:

$$\sigma_c \leq 0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 35 = 21,00 \text{ MPa}$$

Výpočet napětí v mostovce v horních vláknech bude proveden podle vzorce:

$$\sigma_{c,i,0}^h = \frac{N_{p,0}}{A_c} + \frac{M_{char,i}}{W_h}$$

Výpočet napětí v mostovce v dolních vláknech bude proveden podle vzorce:

$$\sigma_{c,i,0}^d = \frac{N_{p,0}}{A_c} + \frac{M_{char,i}}{W_d}$$

Kde: $N_{p,0}$ Výsledná normálová síla v mostovce

A_c Plocha průřezu mostovky

$M_{char,i}$ Moment v i -tém průřezu od kombinace KZ3

W_h Průřezový modul horních vláken

W_d Průřezový modul dolních vláken

Tahové napětí v betonářské výztuži je nutné omezit tak, aby nedocházelo ke vzniku nepružných poměrných přetvoření, nepřijatelných trhlin a deformací. Lze předpokládat, že nepřijatelné trhliny a deformace nevzniknou, pokud při charakteristické kombinaci zatížení tahové napětí v betonářské výztuži nepřekročí hodnotu $0,8 \cdot f_{yk}$.

Tabulka 5.1 Posouzení napětí v betonové mostovce u varianty 1

Průřez	Vlákno	A_c	W_h/W_d	$N_{p,0}$	M_{char}	σ_n	$0,6 \cdot f_{ck}$	ϵ	$\sigma_{n,s}$	$\sigma_{s,lim}$	STAV
		[m ²]	[m ³]	[MN]	[MNm]	[MPa]	[MPa]	[‰]	[MPa]	[MPa]	
Stojka	h	1.48	-0.13	-0.64	-0.90	6.21	-	0.18	38.26	400.00	OK
	d		0.08			-11.34	-21.00	-	-	-	OK
Pole	h	1.48	-0.13	-0.64	0.78	-6.20	-21.00	-	-	-	OK
	d		0.08			9.02	-	0.26	55.53	400.00	OK
Střed	h	1.93	-0.33	-0.64	-1.83	5.27	-	0.15	32.44	400.00	OK
	d		0.20			-9.62	-21.00	-	-	-	OK

V betonu se vyskytuje tah z důvodu centrického vedení kabelů. Při pozdější fázi výpočtu by měl být tento tah pokryt excentrickým vedením předpínacích kabelů.



5.1.5. Posouzení průřezu oblouku

Jelikož je celý oblouk tlačný a je zatížen normálovou silou a nezanedbatelným ohybovým momentem, posudek bude proveden pomocí interakčního diagramu na kombinaci MSÚ KZ1. Jako kritický průřez byl vybrán průřez v místě působení největšího záporného ohybového momentu.

Výpočet výsledných sil působících v oblouku

$N_T = 52,82 \text{ kN}$... tlaková síla od ochlazení oblouku o $9,325 \text{ }^\circ\text{C}$

$N = 6099,030 \text{ kN}$... tlaková síla v oblouku od kombinace KZ1

$$N_{oblouk} = -N_T - N = -52,82 - 6099,03 = -6151,85 \text{ kN}$$

$N_{oblouk} = -6151,85 \text{ kN}$... návrhová normálová síla v oblouku

$M_{y,oblouk} = 1197,44 \text{ kN}$... návrhový ohybový moment od kombinace KZ1

Návrh konstrukční výztuže

Návrh: $20 \times \varnothing 14 \text{ mm}$, $A_s = 3079 \text{ mm}^2$

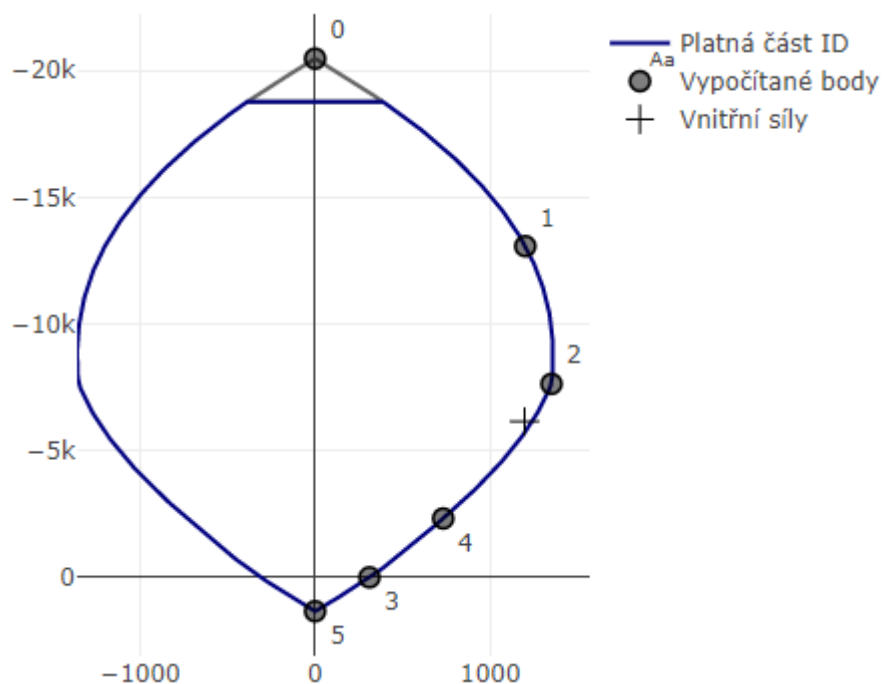
$$A_{s,min} \geq 0,002 \cdot A_c$$

$A_c = 0,825 \text{ m}^2$... plocha průřezu oblouku

$$A_s = 3079 \text{ mm}^2 > 0,002 \cdot A_c = 0,002 \cdot 825000 = 1650 \text{ mm}^2$$

VYHOVUJE

Interakční diagram



Obrázek 5.3 Interakční diagram oblouku

Z interakčního diagramu je zřejmé, že průřez oblouku na dané zatížení **VYHOVÍ**.



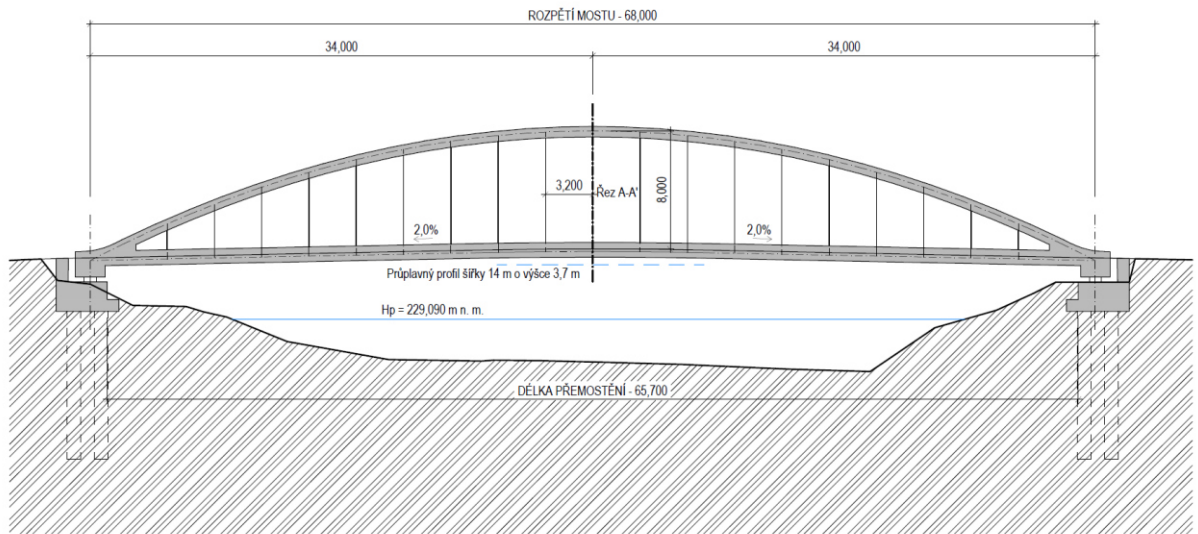
5.2. Varianta 2 – předpjatá trémová mostovka s horním tlačným obloukem

5.2.1. Popis konstrukce

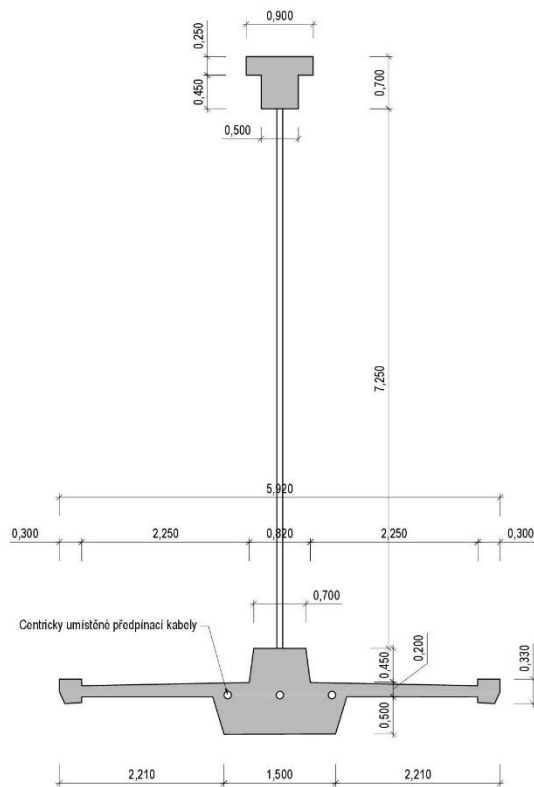
Hlavní nosnou konstrukci lávky tvoří horní oblouk, na kterém je pomocí ocelových táhel zavěšena předpjatá trémová mostovka. V příčném řezu je oblouk veden ve středu mostovky. Tlakové síly v oblouku vyvolávají tahové síly v mostovce, které jsou zachyceny předpínacími kabely. Oblouk i mostovka jsou navrženy z betonu C35/45. Táhla jsou navržena z oceli S235.

Lávku tvoří jedno pole o rozpětí 68 m a délka přemostění je 65,7 m. Vzepětí oblouku je 8,0 m. Celková šířka mostovky i s římsami je 5,92 m. Na mostovce jsou dva dopravní pruhy, každý o průchozí šířce 2,25 m. Povrch nosné konstrukce a zároveň i pochozí povrch je ve střechovitém sklonu 2,5 %. Podélný sklon lávky je od středu konstrukce na každou stranu 2,0 %.

Průřez trámu mostovky je lichoběžníkového tvaru šířky 1,5 m při spodním povrchu a výšky 0,5 m. Průřez oblouku je tvaru T šířky horní pásnice 0,9 m a výšky 0,7 m. Mostovka je tloušťky 0,2 m.



Obrázek 5.4 Schéma varianty 2

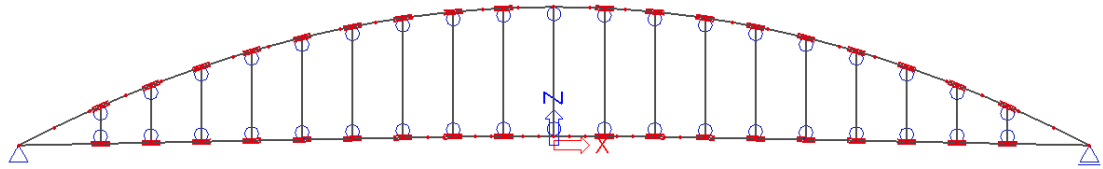


Obrázek 5.5 Schematický řez A-A' varianty 2

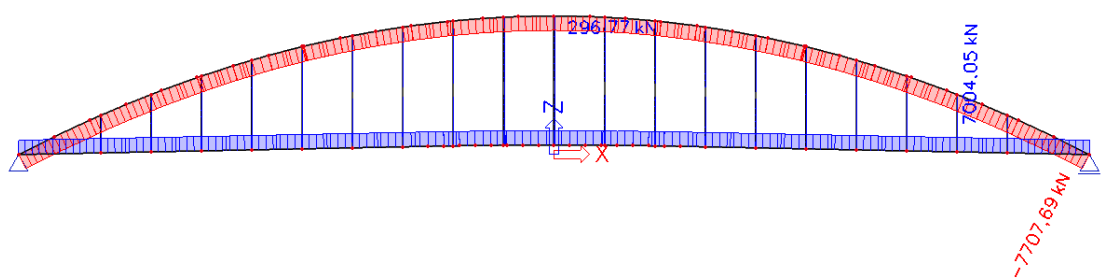
5.2.2. Stanovení vnitřních sil

Vnitřní síly jsou vyčísleny bez vlivu předpětí.

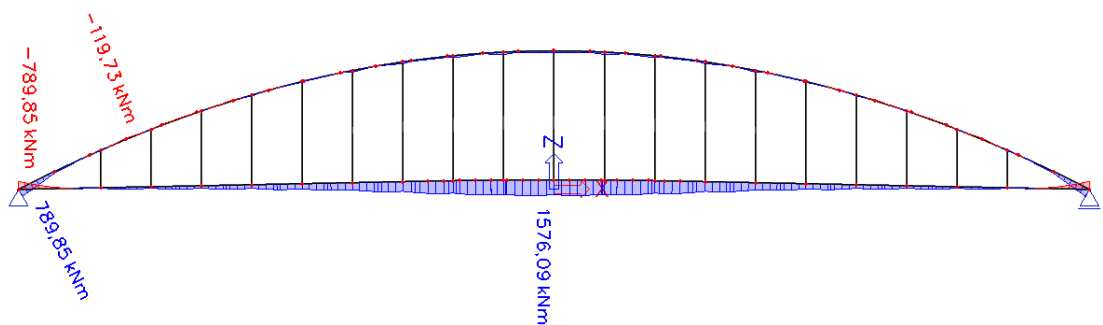
Prutový model



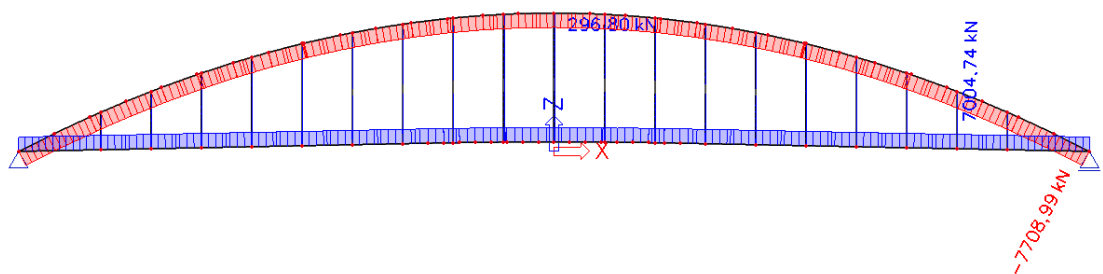
Normálová síla při kombinaci KZ1



Ohybový moment M_y při kombinaci KZ1

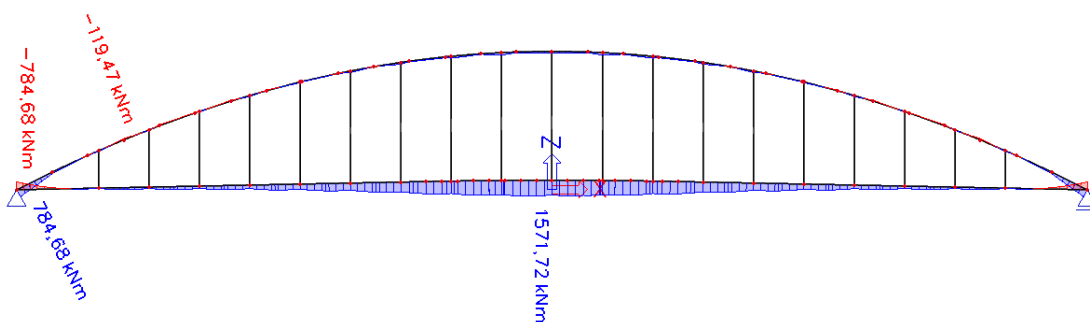


Normálová síla při kombinaci KZ2

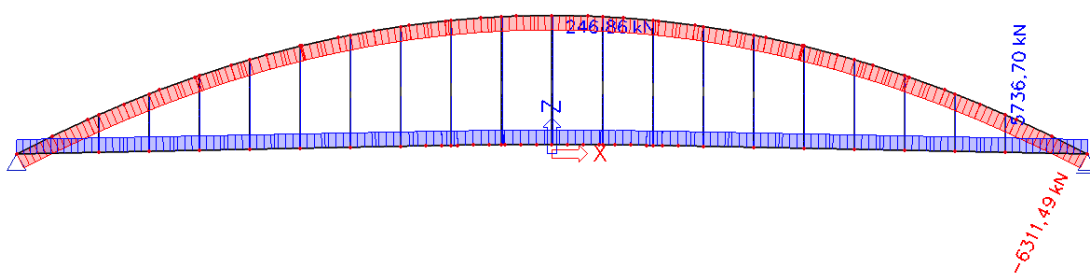




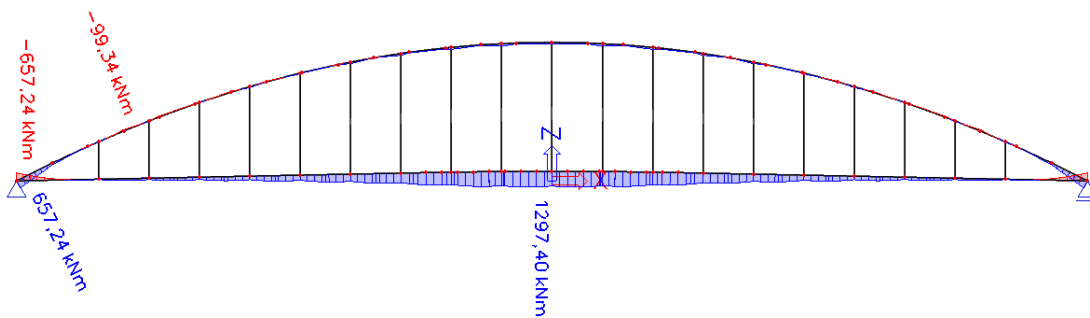
Ohybový moment M_y při kombinace KZ2



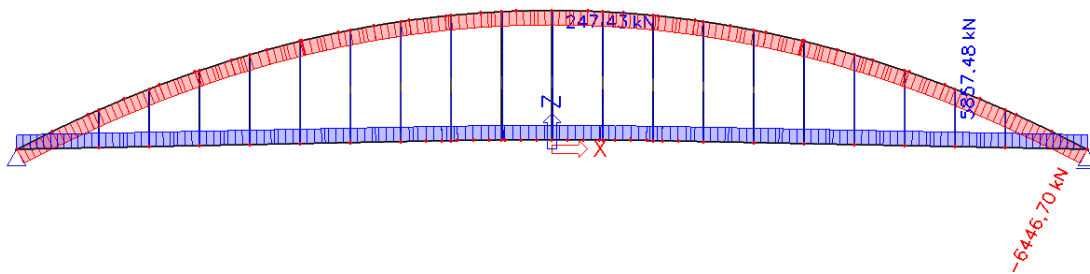
Normálová síla při kombinace KZ3



Ohybový moment M_y při kombinace KZ3

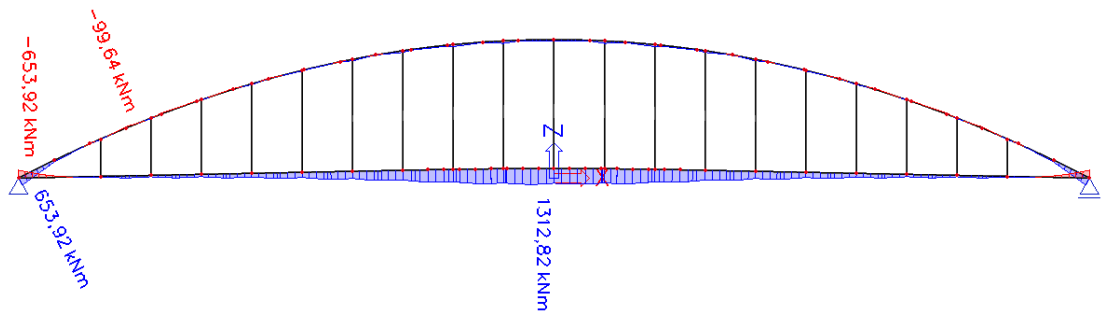


Normálová síla při kombinace KZ4

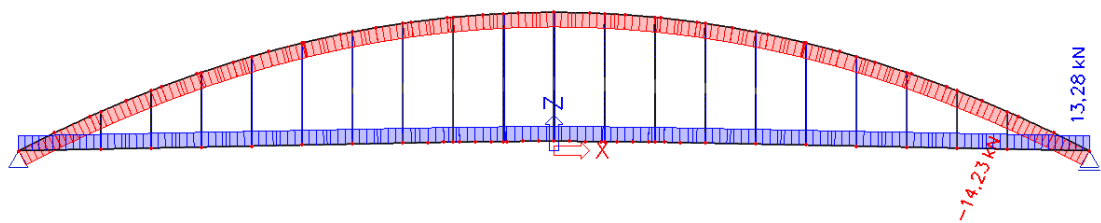




Ohybový moment M_y při kombinaci KZ4



Normálová síla způsobena předpětím (ochlazením konstrukce o $8,778 \text{ }^\circ\text{C}$)





5.2.3. Návrh předpětí

Předpětí se bude navrhovat na účinky zatížení charakteristické kombinace. Dle průběhů vnitřních sil způsobí v mostovce větší tahovou sílu kombinace KZ4. Její hodnota je $N = 5857,48$ kN. Ztráty předpětí na konci životnosti jsou uvažovány jako 25 %.

V této fázi návrhu jde jen o hrubý odhad nutného předpětí. Bude se uvažovat průběžný kabel Y1860S7-15,7 mm zjednodušenou formou, a to centricky vedený v těžišti průřezu mostovky. Jeden kabel bude mít 12 předpínacích lan.

$N = 5857,48$ kN	... největší tahová síla v mostovce při charakteristické kombinaci
$A_c = 2,092$ m ²	... plocha betonového průřezu mostovky
$E_{cm} = 34,1$ GPa	... modul pružnosti betonu C35/45
$A_1 = 150$ mm	... plocha jednoho předpínacího lana
$\sigma_{pm0} = 1391,28$ MPa	... maximální napětí v jednom laně po vnesení předpětí
$\sigma_{pm,inf} = 1043,46$ MPa	... napětí v jednom laně na konci životnosti konstrukce

Normálová síla v jednom laně

$$N_1 = \sigma_{pm,inf} \cdot A_1 = 1043,46 \cdot 150 = 156,52 \text{ kN}$$

Nutný počet lan v průřezu

$$n_{L,nut} = \frac{N}{N_1} = \frac{5857,48}{156,52} = 38 \text{ ks}$$

Návrh: 4 kabely – 48 lan

Předpětí se bude v této fázi návrhu uvažovat jako ochlazení konstrukce o teplotu spočítanou níže.

Návrhová předpínací síla

$$N_p = n_L \cdot N_1 = 48 \cdot 156,52 = 7512,91 \text{ kN}$$

Napětí v betonu od předpětí

$$\sigma_p = \frac{N_p}{A_c} = \frac{7512,91}{2,092} = 3,59 \text{ MPa}$$

Deformace betonu od předpětí

$$\varepsilon_p = \frac{\sigma_p}{E_{cm}} = \frac{3,59}{34100} = 0,000105 = \Delta\varepsilon_T = \alpha \cdot \Delta T$$

Teplota pro ochlazení konstrukce

$$\Delta T = \frac{\varepsilon_p}{\alpha} = \frac{0,000105}{0,000012} = 8,778 \text{ °C}$$



Výpočet výsledné síly působící na mostovku

$N_T = 13,280 \text{ kN}$... tahová síla od ochlazení mostovky o $8,778 \text{ }^\circ\text{C}$
$N = 5857,480 \text{ kN}$... tahová síla v mostovce od kombinace KZ4
$N_p = 7512,910 \text{ kN}$... předpínací síla

$$N_{mostovka} = N + N_T - N_p = 5857,48 + 13,28 - 7512,91 = -1642,15 \text{ kN}$$



5.2.4. Posouzení průřezu mostovky

Průřez mostovky se bude posuzovat ve dvou místech – nad podporou a v poli uprostřed rozpětí. Z důvodu centrického vedení předpínacího kabelu na mostovku nepůsobí zatížení od staticky určitého momentu od předpětí. Posudek bude proveden na charakteristickou kombinaci zatížení KZ4, a aby nedocházelo ke vzniku podélných trhlin musí být splněna podmínka:

$$\sigma_c \leq 0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 35 = 21,00 \text{ MPa}$$

Výpočet napětí v mostovce v horních vláknech bude proveden podle vzorce:

$$\sigma_{c,i,0}^h = \frac{N_{p,0}}{A_c} + \frac{M_{char,i}}{W_h}$$

Výpočet napětí v mostovce v dolních vláknech bude proveden podle vzorce:

$$\sigma_{c,i,0}^d = \frac{N_{p,0}}{A_c} + \frac{M_{char,i}}{W_d}$$

Kde: $N_{p,0}$ Výsledná normálová síla v mostovce

A_c Plocha průřezu mostovky

$M_{char,i}$ Moment v i -tém průřezu od kombinace KZ4

W_h Průřezový modul horních vláken

W_d Průřezový modul dolních vláken

Tahové napětí v betonářské výztuži je nutné omezit tak, aby nedocházelo ke vzniku nepružných poměrných přetvoření, nepřijatelných trhlin a deformací. Lze předpokládat, že nepřijatelné trhliny a deformace nevzniknou, pokud při charakteristické kombinaci zatížení tahové napětí v betonářské výztuži nepřekročí hodnotu $0,8 \cdot f_{yk}$.

Tabulka 5.2 Posouzení napětí v betonové mostovce u varianty 2

průřez	vlákno	A_c	W_h/W_d	N_p	M_{char}	σ_n	σ_{lim}	ϵ	$\sigma_{n,s}$	$\sigma_{s,lim}$	STAV
		[m ²]	[m ³]	[MN]	[MNm]	[MPa]	[MPa]	[‰]	[MPa]	[MPa]	
Nad podporou	h	2.09	-0.36	-1.64	-0.66	1.04	-	0.03	6.41	400.00	OK
	d		0.23			-3.63	-21.00	-	-	-	OK
Pole	h	2.09	-0.36	-1.64	1.31	-4.43	-21.00	-	-	-	OK
	d		0.23			4.89	-	0.14	30.12	400.00	OK

V betonu se vyskytuje tah z důvodu centrického vedení kabelů. Při pozdější fázi výpočtu by měl být tento tah pokryt excentrickým vedením předpínacích kabelů.



5.2.5. Posouzení průřezu oblouku

Ve všech kombinacích se v oblouku vyskytuje zanedbatelný ohybový moment. Z tohoto důvodu je možné průřez posoudit pouze na napětí způsobené tlakovou normálovou silou. Napětí v oblouku nesmí překročit hodnotu:

$$\sigma_c \leq f_{ck} = 35,00 \text{ MPa}$$

Výpočet výsledné normálové síly působící v oblouku

$N_T = 14,23 \text{ kN}$... tlaková síla od ochlazení oblouku o $8,778 \text{ °C}$

$N = 7708,99 \text{ kN}$... tlaková síla v oblouku od kombinace KZ2

$$N_{oblouk} = -N_T - N = -14,23 - 7708,99 = -7723,22 \text{ kN}$$

Posouzení napětí

$$\sigma_c = \frac{N_{oblouk}}{A_c} = \frac{7723,22}{2,092} = 3,69 \text{ MPa} \leq f_{ck} = 35,00 \text{ MPa}$$

Průřez na dané zatížení **VYHOVÍ**.



5.3. Varianta 3 – Předpjatá trémová mostovka podepřená vzpěrou a táklem

5.3.1. Popis konstrukce

V této variantě návrhu hlavní konstrukci lávky tvoří betonová předpjatá trémová mostovka, která je podepřená čtyřmi šikmými pilíři po dvou na obou stranách lávky. Tyto pilíře vytváří systém vzpěradlo. Mostovka i pilíře jsou navrženy z betonu C35/45.

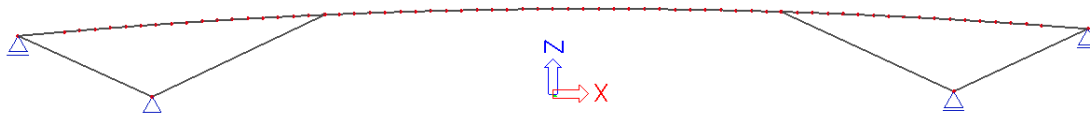
Délka nosné konstrukce na střednici je 70,0 m. Lávka je rozdělena do tří polí o délkách 20,06 m, 52,45 m a 20,06 m. Celková šířka mostovky i s římsami je 5,1 m a volná šířka na lávce je 4,5 m. Povrch nosné konstrukce a zároveň i pochozí povrch je ve střechovitém sklonu 2,5 %. Podélný sklon lávky je od středu konstrukce na každou stranu 8,0 %.

Průřez trámu mostovky je lichoběžníkového tvaru šířky 1,7 m při spodním povrchu a výšky 0,6 m.

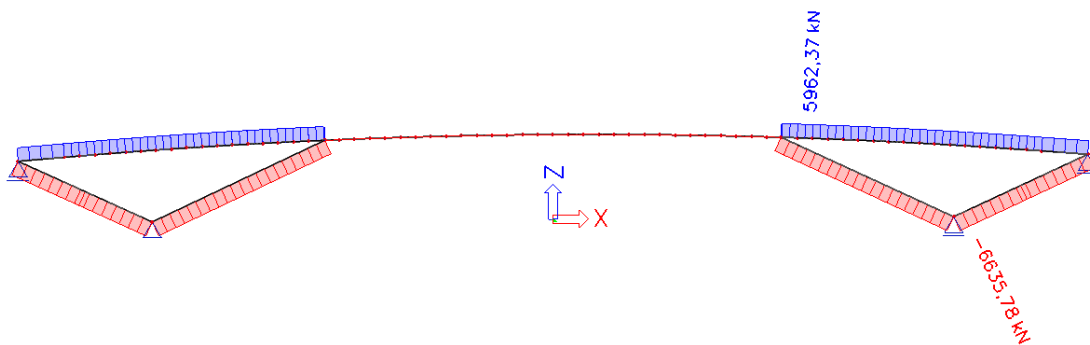
5.3.2. Stanovení vnitřních sil

Vnitřní síly jsou vyčísleny bez vlivu předpětí.

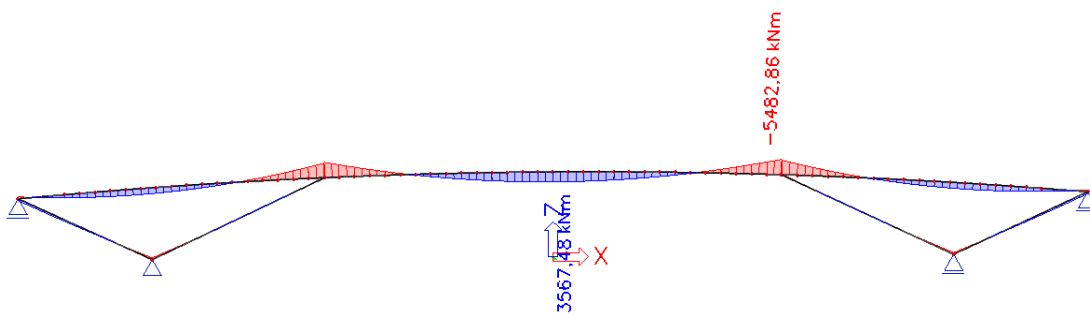
Prutový model



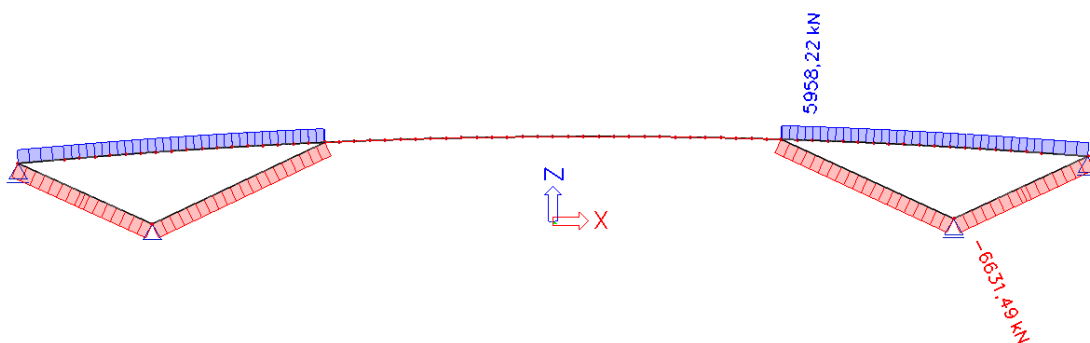
Normálová síla při kombinace KZ1



Ohybový moment M_y při kombinace KZ1

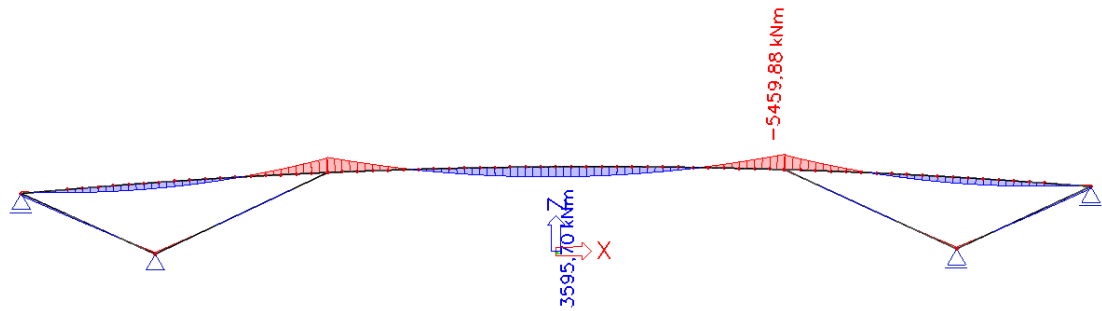


Normálová síla při kombinace KZ2

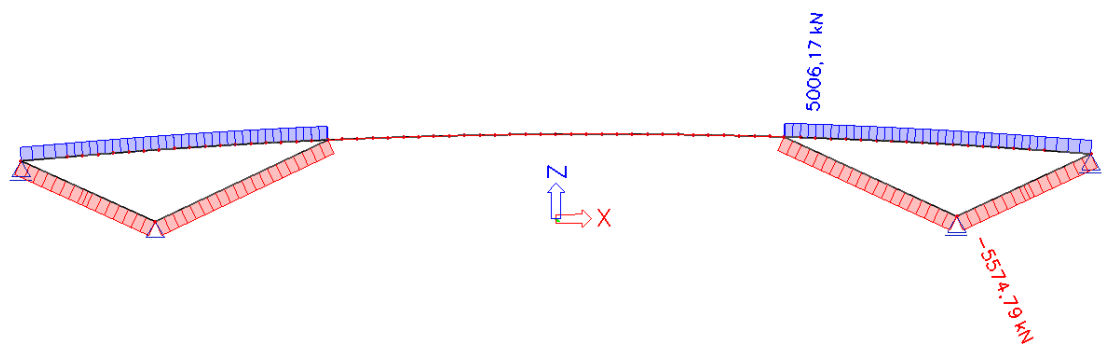




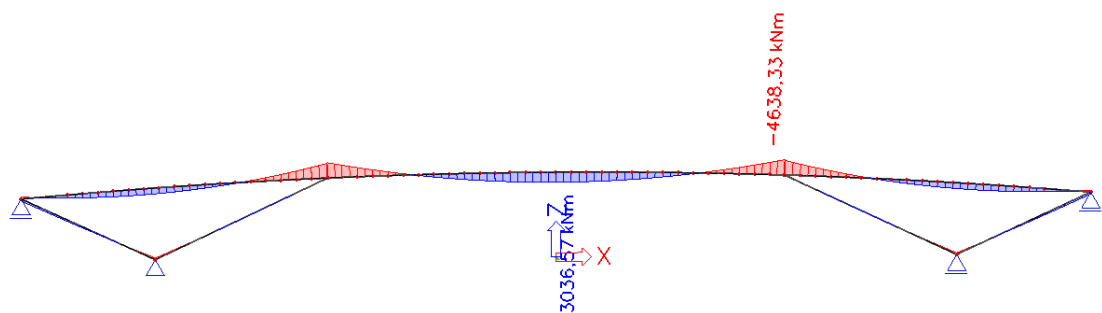
Ohybový moment M_y při kombinace KZ2



Normálová síla při kombinace KZ3

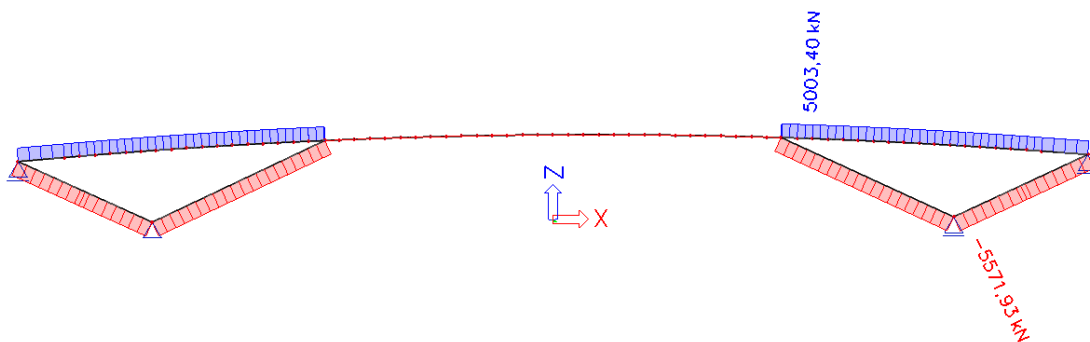


Ohybový moment M_y při kombinace KZ3

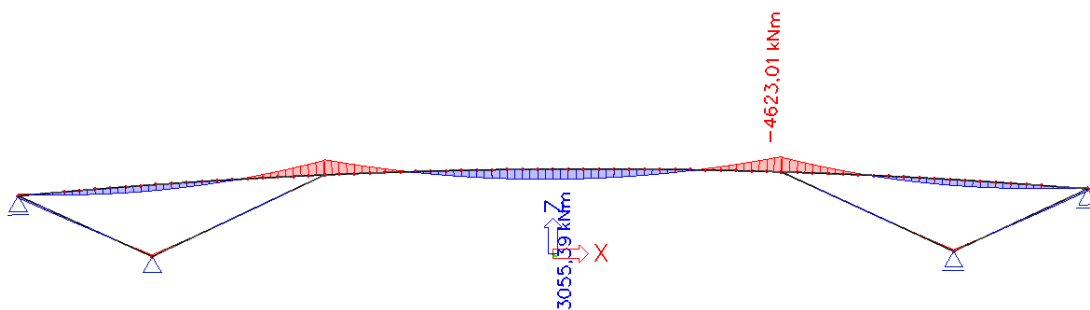




Normálová síla při kombinace KZ4



Ohybový moment M_y při kombinace KZ4





6. Závěr

Tato studie vznikla za účelem zvolení vhodné varianty konstrukce lávky v Hradci Králové, která bude následně podrobněji zpracována v rámci hlavní části bakalářské práce.

Jednotlivé varianty byly vypracovány, aby se zjistilo, zda je vůbec možné dané konstrukční řešení použít a zda je možné nadimenzovat dané průřezy. U varianty 1 – předpjatá trémová mostovka podepřená obloukem a varianty 2 – předpjatá trémová mostovka s horním obloukem se ukázalo, že průřez mostovky i oblouku na dané zatížení vyhoví a že je možné zoptimalizovat předpětí, aby v mostovce nevznikal tah. Varianta 3 – předpjatá trémová mostovka podepřená vzpěrou a táhlem není příliš vhodná z důvodu malé výšky břehů od vodní hladiny, a tedy příliš plochých vzpěr. Proto byly vykresleny pouze vnitřní síly. Průběh vnitřních sil ale i tak ukázal, že by bylo možné s touto variantou dále pracovat.

V hlavní části bakalářské práce bude podrobněji vypracována varianta 1. Tato varianta byla vybrána, protože konstrukce dobře zapadá do městského prostředí díky své subtilní konstrukci. Dalším důvodem může být šířka bez směrového rozdělení, díky čemuž se na lávce může pohybovat obslužné vozidlo. Také předběžný statický výpočet ukazuje, že by neměly být problémy s nadimenzováním konstrukce.



7. Použitá literatura

- [1] ČSN 73 6110: *Projektování místních komunikací*. 2006.
- [2] Stráský, Hustý a partneři s.r.o. *Stráský, Hustý a partneři s.r.o.* [online]. [cit. 2021-12-28]. Dostupné z: <https://www.shp.eu/projekty/lavka-pres-reku-svratku/30>
- [3] Lávka přes rychlostní komunikaci R35 u Olomouce a přes řeku Svratku v Brně. *Časopis silnice a železnice* [online]. [cit. 2021-12-29]. Dostupné z: <http://old.silnice-zeleznice.cz/clanek/lavka-pres-rychlostni-komunikaci-r35-u-olomouce-a-pres-reku-svratku-v-brne/>
- [4] Výstavba lávky pro pěší v Nymburce. *BETON* [online]. 2021, **2021**(3), 9 [cit. 2021-12-28]. Dostupné z: https://www.ebeton.cz/clanky/2021_3_04_vystavba-lavky-pro-pesi-v-nymburce/
- [5] *OBLOUKOVÁ LÁVKA PŘES SVRATKU V BRNĚ*. Dostupné také z: <http://www.caok.cz/uploaded/Lavka%20pres%20Svratku.pdf>
- [6] *Lávka ze samozhutnitelného betonu v Lovosicích* [online]. [cit. 2021-12-29]. Dostupné z: <https://www.lafarge.cz/lavka-ze-samozhutnitelneho-betonu-v-lovosicich>
- [7] ČSN EN 1991-1-5 *Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení teplotou*. 2005.
- [8] ČSN EN 1991-2 *Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou*.
- [9] ČSN EN 1990 *Zásady zatížení konstrukcí*.



8. Použité výpočetní programy

Scia Engineer 21

InDiOn – Interakční diagram online



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí

Lávka přes řeku Labe v Hradci Králové

Footbridge crossing the Labe River in Hradec Králové

Bakalářská práce

Část B: Technická zpráva

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

Vedoucí práce: prof. Ing. Jan L. Vítek, CSc., FEng.

Tomáš Vízner

Praha 2022



Obsah

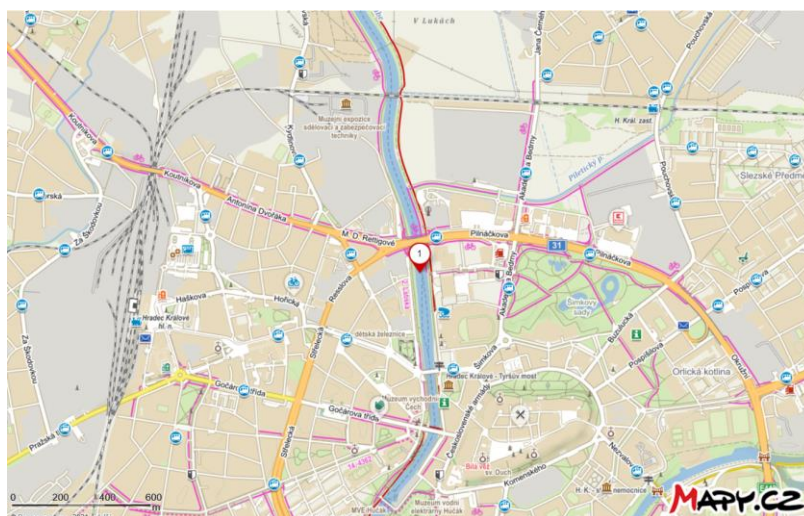
1. Základní charakteristika objektu	3
1.1. Lokalita objektu	3
1.2. Základní údaje o lávce	4
1.3. Geologie	5
2. Technické řešení lávky	7
2.1. Popis konstrukce lávky	7
2.2. Použité materiály	9
2.2.1. Beton	9
2.2.2. Betonářská výztuž	9
2.2.3. Předpínací výztuž	9
2.3. Založení	9
2.4. Spodní stavba	10
2.4.1. Opěry	10
2.5. Uložení nosné konstrukce na spodní stavbu	10
2.6. Nosná konstrukce	10
2.7. Mostní svršek a odvodnění	10
3. Zatížení	11
3.1. Souhrn zatížení	11
3.2. Kombinace zatížení	12
4. Předpětí	15
5. Posouzení konstrukce	16
5.1. Posouzení návrhu v mezním stavu použitelnosti	16
5.2. Posouzení návrhu v mezním stavu únosnosti	16
6. Technologie výstavby	17
7. Závěr	20
8. Použitá literatura	21



1. Základní charakteristika objektu

1.1. Lokalita objektu

Navrhovaná lávka přemostuje řeku Labe v km 994,75 v Hradci Králové. Lávka bude spojnicí mezi zónou Aldis na levém břehu a Smetanovým nábřežím na pravém břehu. Stavba bude funkčně napojena na pěší a cyklistické stezky, které vedou po obou březích řeky. Nadmořská výška hladiny řeky za normálního stavu je 229,09 m n. m.



Obrázek 1.1 Lokalita objektu

Lávka je navrhována v místě, kde je vzdálenost mezi břehy přibližně 67 m. Koryto řeky má v místě přemostění šířku 49,5 m. Kolmá výška hrany levého břehu od hladiny řeky je 3,5 m a hrany pravého břehu 2,8 m. Dle normy ČSN 73 6110 [1] nemá být sklon lávky pro pěší větší než 8,33 %. Dále dle technických požadavků na lávku má být šířka průchozího prostoru minimálně 4,5 m. Konstrukce lávky nesmí omezovat průtok v korytě řeky při velké vodě (Q100) a také nesmí omezovat lodní dopravu.



Obrázek 1.2 Pohled na koryto řeky v místě stavby

1.2. Základní údaje o lávce

Charakteristika mostu:	Trvalá betonová lávka pro pěší o jednom poli, kde hlavní nosnou konstrukci tvoří předpjatá trémová mostovka, která je podepřená obloukem.
Délka přemostění:	49,200 m
Délka lávky:	76,425 m
Délka nosné konstrukce:	70,000 m
Rozpětí polí mostovky:	7,50 + 9,00 + 9,00 + 9,00 + 9,00 + 7,50 m
Rozpětí oblouku:	53,500 m
Šikmost lávky:	most je přímý
Šířka mezi zvýšenými obrubami:	4,500 m
Volná šířka lávky:	4,725 m
Šířka lávky:	5,100 m
Výška lávky uprostřed rozpětí:	5,730 m (měřeno od hladiny řeky za normálního stavu)



1.3. Geologie

V místě založení pilířů lávky byl vyhotoven geotechnický průzkum. Výsledkem průzkumu je přehled o geologické situaci v místě stavby. Geologickou situaci znázorňuje obrázek 1.3.

Parametry zemin:

Třída S5

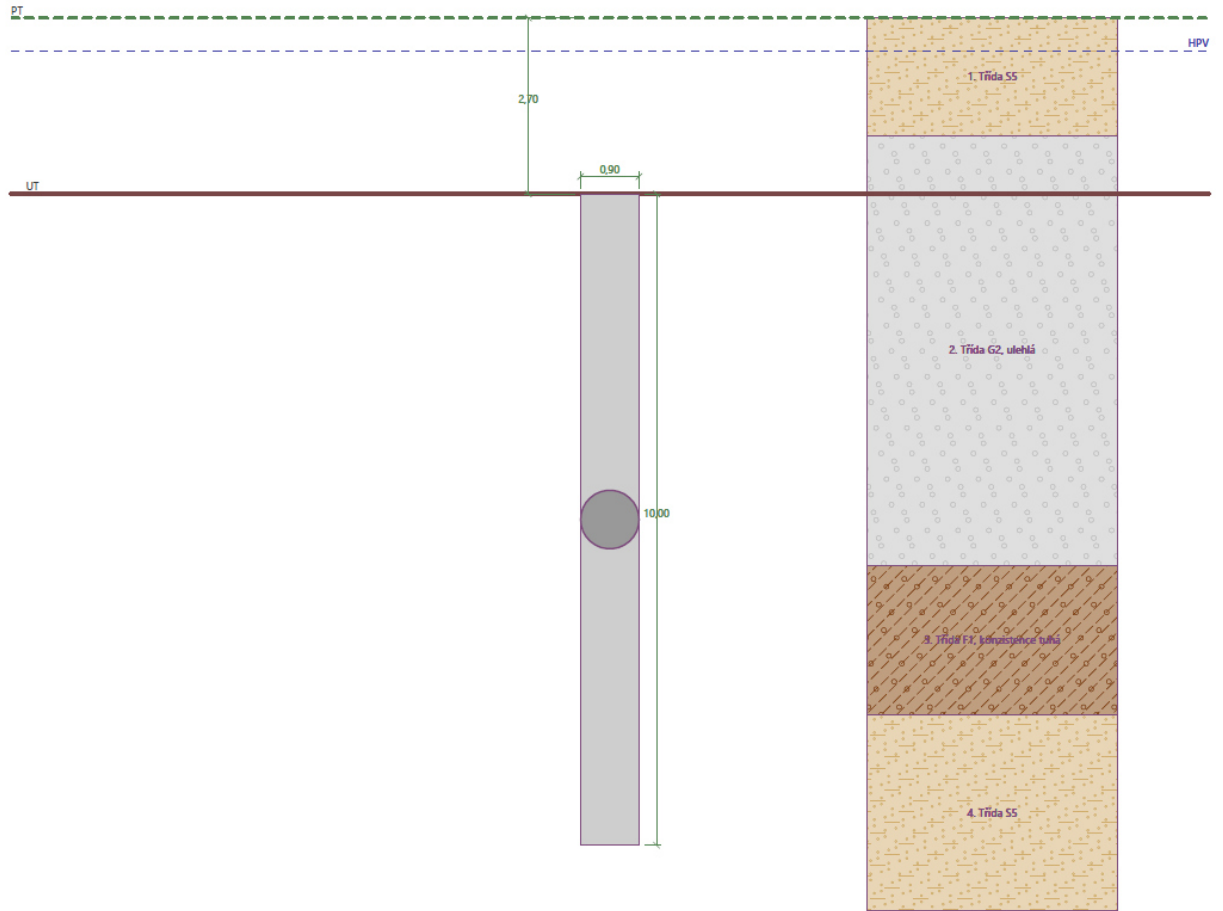
Objemová tíha:	γ	=	18,50 kN/m ³
Úhel vnitřního tření:	φ_{ef}	=	27,00 °
Soudržnost zeminy:	c_{ef}	=	8,00 kPa
Poissonovo číslo:	ν	=	0,35
Edometrický modul:	E_{oed}	=	12,50 MPa
Obj. tíha sat. Zeminy:	γ_{sat}	=	18,50 kN/m ³
Typ zeminy:			soudržná

Třída G2, ulehlá

Objemová tíha:	γ	=	20,00 kN/m ³
Úhel vnitřního tření:	φ_{ef}	=	38,50 °
Soudržnost zeminy:	c_{ef}	=	1,00 kPa
Poissonovo číslo:	ν	=	0,20
Edometrický modul:	E_{oed}	=	180,00 MPa
Obj. tíha sat. Zeminy:	γ_{sat}	=	20,00 kN/m ³
Typ zeminy:			soudržná

Třída F1, konzistence tuhá

Objemová tíha:	γ	=	19,00 kN/m ³
Úhel vnitřního tření:	φ_{ef}	=	29,00 °
Soudržnost zeminy:	c_{ef}	=	8,00 kPa
Poissonovo číslo:	ν	=	0,35
Edometrický modul:	E_{oed}	=	24,00 MPa
Obj. tíha sat. Zeminy:	γ_{sat}	=	19,00 kN/m ³
Typ zeminy:			soudržná



Obrázek 1.3 Geologická situace v místě založení



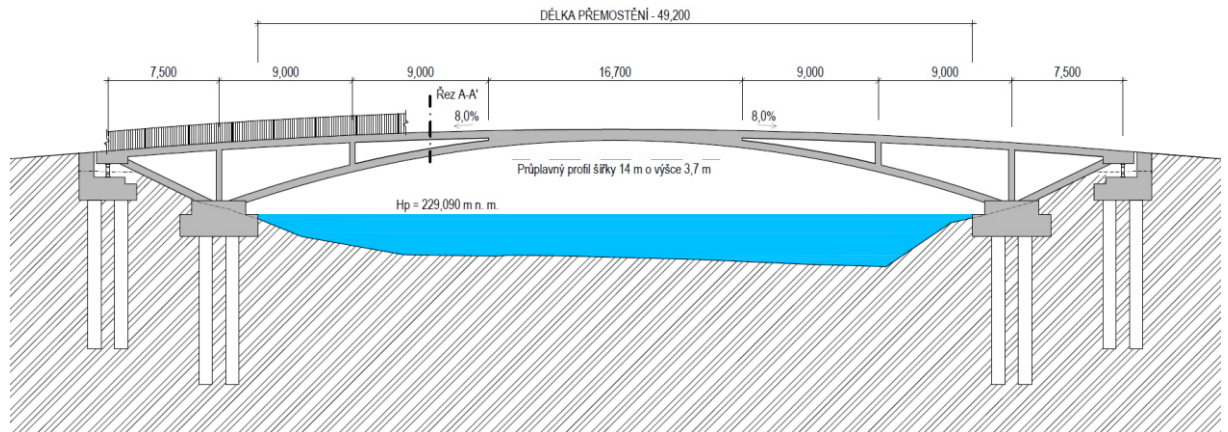
2. Technické řešení lávky

2.1. Popis konstrukce lávky

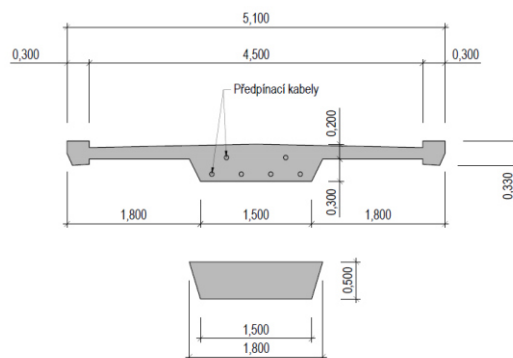
Lávka pro pěší o jednom poli je navržena jako přímá. Hlavní nosnou konstrukci lávky tvoří předpjatá trémová mostovka, která je podepřena obloukem. Oblouk i mostovka jsou propojeny kotevním blokem, takže staticky dohromady tvoří samokotvený systém, který do základů vyvozuje pouze svislé reakce od stálého zatížení. Dále jsou mostovka a oblouk navzájem propojeny betonovými stojkami. Oblouk i mostovka jsou navrženy z betonu C40/50. Oblouk je vetknutý do základů. Vodorovná složka obloukové síly je vyrovnána předpětím mostovky přes vzpěru propojující koncový příčník mostovky s patkou oblouku. Mostovka je na opěrách podepřena kyvnými stojkami, které přenášejí i tahové reakce.

Povrch nosné konstrukce a zároveň i pochozí povrch je ve střechovitém příčném sklonu 2,5 %. Maximální podélný sklon lávky je od středu konstrukce na každé straně 8,0 %.

Založení lávky je hlubinné na vrtaných velkopřůměrových pilotách o průměru 900 mm.



Obrázek 2.1 Schéma lávky pro pěší



Obrázek 2.2 Schematický příčný řez A-A' lávky pro pěší



2.2. Použité materiály

2.2.1. Beton

PODKLADNÍ BETON	C12/15 – X0
PILOTY	C20/25 – XA2
ZÁKLADY	C20/25 – XF2, XC2, XA2
OPĚRY A KŘÍDLA	C30/37 – XF3, XD2, XC2, XA2
NOSNÁ KONSTRUKCE	C40/50 – XF4, XD3, XC3

2.2.2. Betonářská výztuž

Výztuž spodní stavby, nosné konstrukce i říms je z oceli B500B dle ČSN 42 0139 [2].

2.2.3. Předpínací výztuž

Nosná konstrukce je předepnuta v podélném směru. V bakalářské práci jsou uvažovány kabely z lan Y1860S7 – 15,7. Předpínací výztuž musí vyhovovat ČSN EN 1992-1-1 [3].

2.3. Založení

Podkladní betony

Rozměry podkladního betonu pod základy budou provedeny tak, aby přesahovaly půdorysný průmět základu na všech stranách o 0,30 m. Podkladní beton bude proveden v tloušťce 0,20 m.

Vrtané piloty

Základy oblouku jsou založeny na velkopřůměrových vrtaných pilotách $\varnothing 0,90$ m délky 10 m. Opěry jsou založeny na velkopřůměrových vrtaných pilotách $\varnothing 0,90$ m délky 12 m. U opěry se vyskytuje tahová reakce, která může být v některých zatěžovacích stavech tlaková. Piloty budou prováděny pod ochranou ocelové výpažnice. Vrtání všech pilot na břehu bude prováděno z úrovně vrtné plošiny na úrovni odhumusovaného terénu s využitím hluchého vrtání. Horní část pilot (300-500 mm) bude po odtěžení odbourána tak, aby nad horní povrch podkladního betonu vystupovalo minimálně 30 mm zdravého betonu.

Výztuž pilot bude vystupovat do základových bloků.

Základy

Základy svazují pilotové skupiny tím, že jsou piloty do základu vetknuty. Základy jsou monolitické železobetonové. Základy budou betonovány na vrstvu podkladního betonu.

V části D: Založení byly posouzeny základy s pilotami zjednodušeně pomocí analytického řešení.



2.4. Spodní stavba

2.4.1. Opěry

Konstrukci monolitických železobetonových opěr tvoří dřík s úložným prahem, závěrná zídka křídla a přechodová deska.

Křídla jsou tvořena monolitickými železobetonovými rovnoběžnými křídly.

Horní plocha úložného prahu je v příčném směru vodorovná a v podélném směru je vyspádovaná sklonem 4 % k závěrné zídce.

2.5. Uložení nosné konstrukce na spodní stavbu

Oblouk je vetknutý do základů u koryta řeky. Vzpěry jsou z jedné strany vetknuty do základů u koryta řeky a z druhé strany do koncového příčnicku mostu.

Nosná konstrukce mostovky je pomocí kyvných prutů uložena na opěry. Kyvné pruty zachycují tahové reakce vzniklé od zatížení a zároveň zde probíhá dilatace celé konstrukce.

2.6. Nosná konstrukce

Hlavní nosnou konstrukci lávky tvoří předpjatá trémová mostovka, která je podepřená obloukem. Výška trámu mostovky je 0,5 m a výška oblouku je 0,5 m. Obě tyto hodnoty jsou konstantní, kromě střední části mostu. Ve střední části mostu je oblouk vetknutý do mostovky a dále je částečně zapuštěný do trámu mostovky v délce 13,6 m. Konstrukce má ve střední části mostu proměnnou výšku. Oblouk mostu má rozpětí 53,5 m a překračuje celé koryto řeky Labe široké 49,5 m při normální hladině vody. Mostovka má celkem šest polí o délkách rozpětí 7,5 m; 9 m; 9 m; 9 m; 9 m a 7,5 m.

V příčném řezu konstrukci oblouku tvoří lichoběžníkový průřez. Trám mostovky je též lichoběžníkový s konzolami. V trámu mostovky jsou vedeny předpínací kabely s proměnnou excentricitou. Na koncích konzol mostovky jsou římsy betonované společně s mostovkou, které slouží k upevnění zábradlí.

Nosná konstrukce bude betonovaná v nadvýšené poloze z důvodů eliminace dlouhodobých deformací konstrukce.

2.7. Mostní svršek a odvodnění

Mostní svršek tvoří stříkaná pochozí izolace o tloušťce 10 mm.

Mostovka bude odvodněna odvodňovacími trubičkami, které budou vyústěny do řeky. Kanálky budou zasahovat 150 mm pod spodní povrch mostovky.



3. Zatížení

3.1. Souhrn zatížení

Zatížení je podrobně rozebráno ve statickém výpočtu. Zde je uvedena pouze tabulka shrnující veškeré zatížení působící na konstrukci.

Tabulka 3.1 Souhrn zatížení

Typ	Název zatížení	Označení	Hodnota	Jednotka	Zatěžovací stav
Stálé	Vlastní tíha	$g_{0,k}$	SW	-	gk – Stálé
	Ostatní stálé – izolace, zábradlí	g_{ost}	1.68	kN/m	
	Zatížení předpětím *	P_k	-	-	Pk – Předpětí
	Pokles podpory	G_{set}	0.005	m	Gset – Pokles podpory
Proměnné	Rovnoměrné zatížení gr1	q_{fk}	15.75	kN/m ²	gr1 – Doprava
	Obslužné vozidlo – z	Q_{sv1}	26.67	kN	gr2 – Doprava NEUVAŽUJE SE
	Obslužné vozidlo – z	Q_{sv2}	13.33	kN	
	Obslužné vozidlo – x	$Q_{sv1,x}$	16.00	kN	
	Obslužné vozidlo – x	$Q_{sv2,x}$	8.00	kN	
	Vítr – tato zatížení působí současně	$f_{w,x1}$	0.82	kN/m	
		$f_{w,x2}$	0.67	kN/m	
		$f_{w,x3}$	0.98	kN/m	
	Sníh	s_k	3.15	kN/m	sk – sníh
	Zatížení teplotou – prodloužení	$\Delta T_{N,exp}$	31.50	°C	dT(+) – Prodloužení
Zatížení teplotou – zkrácení	$\Delta T_{N,con}$	-34.00	°C	dT(-) – Zkrácení	

* Předpětí je navrženo v Části C: Statický výpočet, kapitola 6.

Ve výpočtu se neuvažuje sestava zatížení gr2, protože přibližně 350 m od navrhované lávky proti proudu řeky Labe se nachází Labský most, který zajistí převedení dopravy z jednoho břehu na druhý. Z tohoto důvodu není třeba vjíždět obslužným vozidlem na navrhovanou lávku. Vozidlo záchranné služby (3,5 t) nebylo uvažováno ve výpočtu, protože se předpokládá, že není rozhodujícím dopravním zatížením. Dále se neuvažuje zatížení větrem, protože toto zatížení se nemá kombinovat



se zatížením teplotou a zatížení teplotou vyvozuje na konstrukci nepříznivější účinky. Také se neuvažuje zatížení sněhem, protože toto zatížení by se vyskytovalo jen ve stavebním stavu vnesení předpětí, kde je naopak potřeba nejnepříznivější zatížení kombinovat pouze s vlastní tíhou.

3.2. Kombinace zatížení

Hodnoty součinitelů ψ jsou uvažovány podle ČSN EN 1990, A2.2.6, tabulka A2.2 [4]. Ostatní součinitele jsou uvažovány dle stejné normy tabulky A2.4 [4].

Vztahy pro kombinace zatížení jsou uvedeny v následujících kombinačních pravidlech. Pro mezní stav únosnosti (MSÚ) je uvažován vztah 6.10, 6.10a a 6.10b [4]. Pro mezní stav použitelnosti (MSP) je uvažován vztah pro charakteristickou kombinaci 6.14b, vztah pro častou kombinaci 6.15b a vztah pro kvazistálou kombinaci 6.16b [4]. Vztahy pro výpočet kombinací jsou uvedeny ve statickém výpočtu.

Kombinační klíč

Jako dominantní zatížení lze uvažovat proměnné zatížení gr_1 – rovnoměrné zatížení a zatížení teplotou. Teplotní účinky oteplení a ochlazení se navzájem vylučují, takže nemohou být spolu kombinovány. Dále se nemusí dle ČSN EN 1990/A2.2.3(2) [4] uvažovat společné působení zatížení větrem a teplotou, z tohoto důvodu není pro zatížení větrem spočítán průběh vnitřních sil. Zatížení sněhem se se sestavami zatížení gr_1 a gr_2 dle ČSN EN 1990/A2.2.2 (4) nekombinuje. Kombinační součinitele jsou převzaty z ČSN EN 1990/A2, tabulka A2.2 – Doporučené hodnoty součinitelů ψ pro lávky pro chodce. Součinitele zatížení jsou stanoveny dle stejné normy, tabulka A2.4(B) – Návrhové hodnoty zatížení (STR/GEO) (Soubor B). Z těchto předpokladů plynou tyto kombinace:



Provozní stav, uvedení do provozu a konec životnosti – dominantní zatížení gr1

Tabulka 3.2 Kombinační klíč Gr1

Stav	KZ	gk	Gset	Pk	gr1	fw,x	dT(+)	dT(-)
MSÚ 6.10	KZ1	1.35	1.20	1.00	1.35	-	0.90 ⁽²⁾	-
	KZ2	1.35	1.20	1.00	1.35	-	-	0.90 ⁽²⁾
	KZ3	1.35	1.20	1.00	1.35	0.45 ⁽⁴⁾	-	-
MSÚ 6.10a	KZ4	1.35	1.20	1.00	0.54 ⁽¹⁾	-	0.90 ⁽²⁾	-
	KZ5	1.35	1.20	1.00	0.54 ⁽¹⁾	-	-	0.90 ⁽²⁾
	KZ6	1.35	1.20	1.00	0.54 ⁽¹⁾	0.45 ⁽⁴⁾	-	-
MSÚ 6.10b	KZ7	1.15 ⁽³⁾	1.20	1.00	1.35	-	0.90 ⁽²⁾	-
	KZ8	1.15 ⁽³⁾	1.20	1.00	1.35	-	-	0.90 ⁽²⁾
	KZ9	1.15 ⁽³⁾	1.20	1.00	1.35	0.45 ⁽⁴⁾	-	-
Char. 6.14b	KZ10	1.00	1.00	1.00	1.00	-	0.60	-
	KZ11	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	0.60
	KZ12	1.00	1.00	1.00	1.00	0.30	-	-
Čas. 6.15b	KZ13	1.00	1.00	1.00	0.40	-	0.50	-
	KZ14	1.00	1.00	1.00	0.40	-	-	0.50
Kvaz. 6.16b	KZ15	1.00	1.00	1.00	-	-	0.50	-
	KZ16	1.00	1.00	1.00	-	-	-	0.50

⁽¹⁾ $1,35 \cdot 0,40 = 0,54$

⁽²⁾ $1,50 \cdot 0,6 = 0,90$

⁽³⁾ $1,35 \cdot 0,85 = 1,15$

⁽⁴⁾ $1,50 \cdot 0,30 = 0,45$



Provozní stav, uvedení do provozu a konec životnosti – dominantní zatížení teplota

Tabulka 3.3 Kombinační klíč Teplota

Stav	KZ	gk	Gset	Pk	gr1	fw,x	dT(+)	dT(-)
MSÚ 6.10	KZ17	1.35	1.20	1.00	0.54 ⁽¹⁾	-	1.50	-
	KZ18	1.35	1.20	1.00	0.54 ⁽¹⁾	-	-	1.50
	KZ19	1.35	1.20	1.00	0.54 ⁽¹⁾	0.45 ⁽⁴⁾	-	-
MSÚ 6.10a	KZ20	1.35	1.20	1.00	0.54 ⁽¹⁾	-	0.90 ⁽²⁾	-
	KZ21	1.35	1.20	1.00	0.54 ⁽¹⁾	-	-	0.90 ⁽²⁾
	KZ22	1.35	1.20	1.00	0.54 ⁽¹⁾	0.45 ⁽⁴⁾	-	-
MSÚ 6.10b	KZ23	1.15 ⁽³⁾	1.20	1.00	0.54 ⁽¹⁾	-	1.50	-
	KZ24	1.15 ⁽³⁾	1.20	1.00	0.54 ⁽¹⁾	-	-	1.50
	KZ25	1.15 ⁽³⁾	1.20	1.00	0.54 ⁽¹⁾	0.45 ⁽⁴⁾	-	-
Char. 6.14b	KZ26	1.00	1.00	1.00	0.40	-	1.00	-
	KZ27	1.00	1.00	1.00	0.40	-	-	1.00
	KZ28	1.00	1.00	1.00	0.40	0.30	-	-
Čas. 6.15b	KZ29	1.00	1.00	1.00	-	-	0.60	-
	KZ30	1.00	1.00	1.00	-	-	-	0.60
Kvaz. 6.16b	KZ31	1.00	1.00	1.00	-	-	0.50	-
	KZ32	1.00	1.00	1.00	-	-	-	0.50

$$^{(1)}1,35 \cdot 0,40 = 0,54$$

$$^{(2)}1,50 \cdot 0,6 = 0,90$$

$$^{(3)}1,35 \cdot 0,85 = 1,15$$

$$^{(4)}1,50 \cdot 0,30 = 0,45$$

Stavební stav

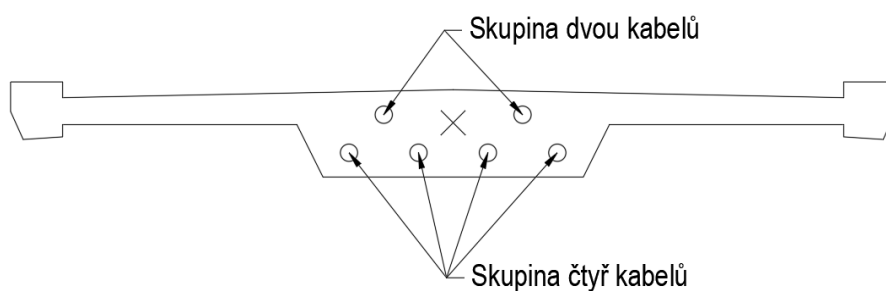
Tabulka 3.4 Kombinační klíč Stavební stav

Stav	KZ	gk	Gset	Pk	sk	dT(+)	dT(-)
Char. 6.14b	KZ33	1.00	1.00	1.00	0.80	1.00	-
	KZ34	1.00	1.00	1.00	0.80	-	1.00
Čas. 6.15b	KZ35	1.00	1.00	1.00	-	0.50	-
	KZ36	1.00	1.00	1.00	-	-	0.50
Kvaz. 6.16b	KZ37	1.00	1.00	1.00	-	0.50	-
	KZ38	1.00	1.00	1.00	-	-	0.50

4. Předpětí

Konstrukce bude předepnuta v podélném směru 6 předpínacími kabely po 12 lanech. Kabely jsou rozděleny do dvou skupin, aby se dala řídit excentricita a současně aby byly kabely vhodně umístěny vzhledem k únosnosti jednotlivých průřezů. Jedna skupina má 2 kabely a druhá skupina má 4 kabely. Tyto skupiny jsou vedeny v průřezu mostovky s různou excentricitou, tak aby byla eliminována tahová napětí v celém průřezu v časté kombinaci zatížení.

Lana se budou napínat z obou stran konstrukce.



Obrázek 4.1 Schéma vedení předpínacích kabelů



5. Posouzení konstrukce

5.1. Posouzení návrhu v mezním stavu použitelnosti

Konstrukce byla z hlediska mezního stavu použitelnosti posouzena na:

- Omezení napětí
- Ověření dekomprese
- Omezení trhlin
- Ověření hlavních napětí
- Ověření průhybu

Konstrukce na všechna kritéria vyhoví. Podrobné posouzení je uvedeno ve statickém výpočtu.

5.2. Posouzení návrhu v mezním stavu únosnosti

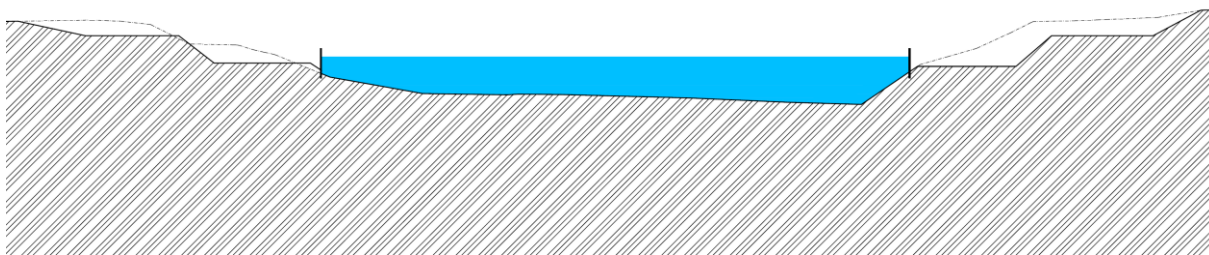
Bylo provedeno posouzení nejvíce namáhaného průřezu v poli a nad podporou (průřezy mostovky 2 a 5 a průřezu oblouku 1 a 2). Ve statickém výpočtu je podrobné posouzení konstrukce na:

- Ohyb + tlak v NK
- Křehký lom
- Smyková únosnost průřezu

6. Technologie výstavby

1. Fáze

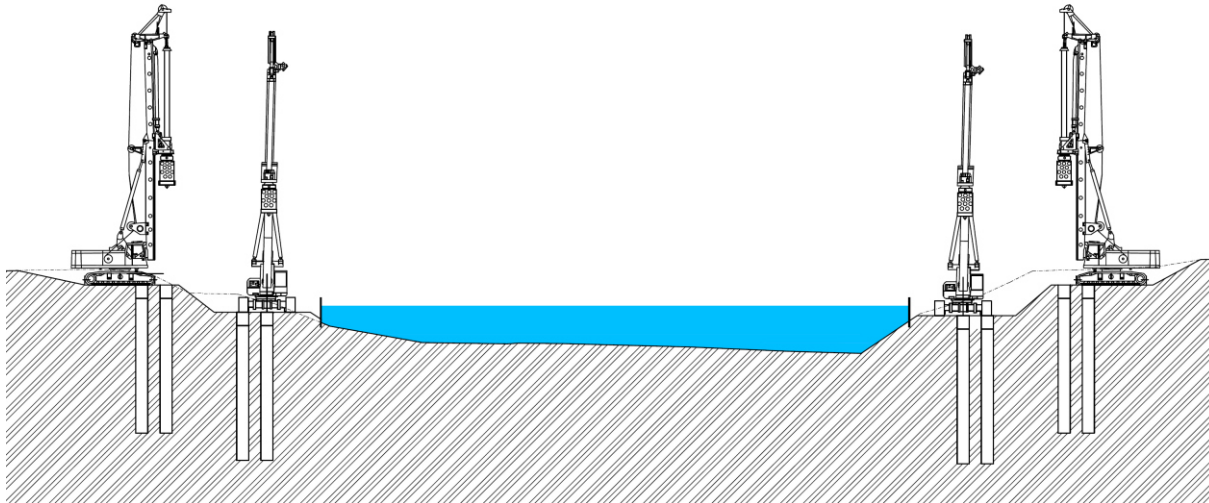
V první fázi výstavby dojde k zaberanění štětovicových stěn do koryta řeky a úpravě stávajícího terénu, aby bylo možné najetí vrtné soupravy.



Obrázek 6.1 Schéma 1. fáze výstavby

2. Fáze

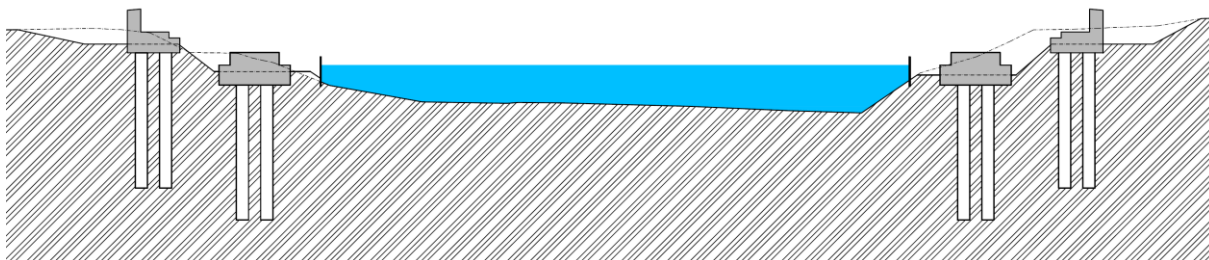
Ve druhé fázi se pomocí vrtných souprav vyvrtají a dále vybetonují piloty.



Obrázek 6.2 Schéma 2. fáze výstavby

3. Fáze

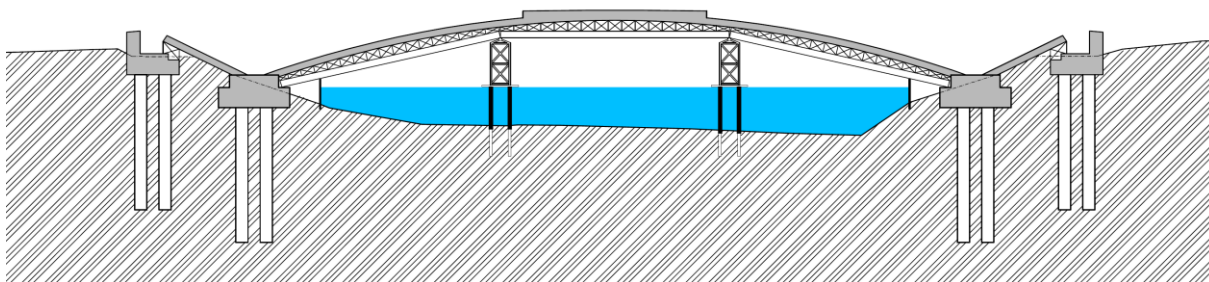
V další fázi dojde k vybetonování základů oblouku a opěr.



Obrázek 6.3 Schéma 3. fáze výstavby

4. Fáze

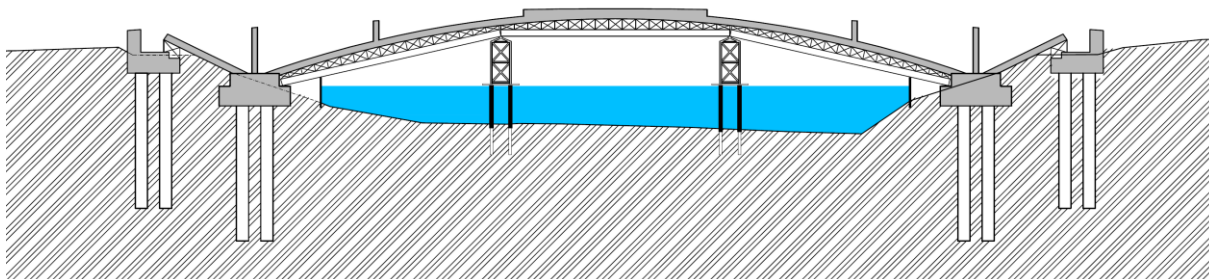
Ve čtvrté fázi se postaví pevná skruž se dvěma dočasnými podporami v řece. Na pevné skruži se vybetonuje oblouk, včetně jeho zesílení ve střední části tvořící mostovku. Ve střední části mostovky budou připraveny kanálky na následné protažení předpínacích kabelů. Dále dojde k částečné úpravě terénu, aby bylo možné vybetonování vzpěr.



Obrázek 6.4 Schéma 4. fáze výstavby

5. Fáze

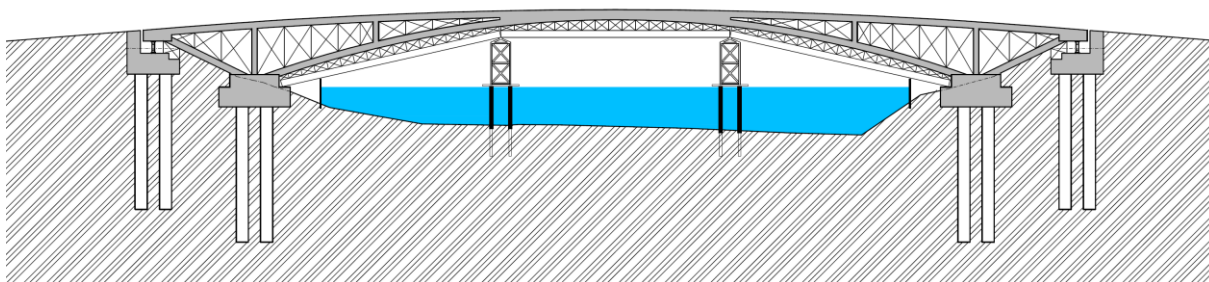
V páté fázi dojde k vybetonování stojek.



Obrázek 6.5 Schéma 5. fáze výstavby

6. Fáze

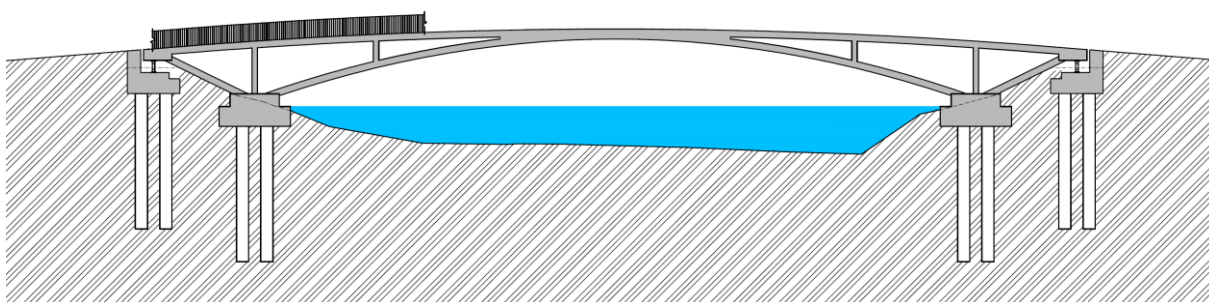
V další fázi bude na pevné skruži vybetonována mostovka. Po dvaceti dnech dojde k předepnutí mostovky. Předepnutí zajistí nadzdvihnutí celé konstrukce. Pak bude možné odstranit pevnou skruž mostovky i oblouky.



Obrázek 6.6 Schéma 6. fáze výstavby

7. Fáze

V poslední fázi dojde k opatření mostovky pochozí stříkanou izolací, osazení zábradlí a závěrečným zemním pracím. Povrch terénu pod lávkou bude upraven lomovým kamenem.



Obrázek 6.7 Schéma 7. fáze výstavby



7. Závěr

Zadání, tedy návrh lávky pro pěší s posouzením hlavních nosných částí a zpracování výkresové dokumentace bylo splněno.

V této práci by se určitě dalo lépe vyladit předpětí, hlavně tedy jeho geometrie, aby došlo k efektivnějšímu pokrytí tahových napětí na konstrukci.

Dále by také stálo za to posoudit, zda by celá konstrukce nemohla být integrovaná, a zda by bylo možné vynechat kyvné stojky na opěrách, a mostovku uložit přímo na opěry bez ložisek. Odpadly by i povrchové dilatační závěry. Řešení s dilatacemi a kyvnými stojkami zde bylo zvoleno z důvodu transparentního statického působení, ale autor si je vědom toho, že jde o řešení konzervativní a z pohledu údržby méně vhodné než návrh integrovaného systému.

Závěrem lze konstatovat, že návrh je realizovatelný a bylo by možné jej v realizační dokumentaci podrobně rozpracovat.



8. Použitá literatura

- [1] ČSN 73 6110: *Projektování místních komunikací*. 2006.
- [2] ČSN 42 0139: *Ocel pro výztuž do betonu - Svařitelná betonářská ocel žebírková a hladká*. 2011.
- [3] ČSN EN 1992-1-1: *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. 2019.
- [4] ČSN EN 1990 *Zásady zatížení konstrukcí*.



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí

Lávka přes řeku Labe v Hradci Králové

Footbridge crossing the Labe River in Hradec Králové

Bakalářská práce

Část C: Statický výpočet

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

Vedoucí práce: prof. Ing. Jan L. Vítek, CSc., FEng.

Tomáš Vízner

Praha 2022



Obsah

1. Charakteristika objektu	4
2. Požadavky na materiál	5
2.1. Krytí předpínací výztuže	6
2.2. Krytí betonářské výztuže	6
3. Průřezové charakteristiky.....	7
4. Zatížení	9
4.1. Stálá zatížení.....	9
4.1.1. Vlastní tíha.....	9
4.1.2. Ostatní stálé	9
4.2. Proměnná zatížení.....	9
4.2.1. Zatížení teplotou	9
4.2.2. Zatížení dopravou.....	9
4.2.3. Zatížení větrem.....	10
4.2.4. Zatížení sněhem	11
4.2.5. Zatížení nerovnoměrným poklesem podpor.....	11
4.3. Souhrn zatížení	12
4.4. Kombinace zatížení	13
5. Stanovení vnitřních sil	18
5.1. Statický model	18
5.2. Průběhy vnitřních sil.....	20
5.3. Obálky jednotlivých kombinací	30
5.4. Shrnutí obálek kombinací.....	37
6. Návrh předpětí	39
6.1. Konstrukční zásady.....	39
6.1.1. Vzdálenost kabelových kanálků	39
6.2. Ztráty předpětí	39
6.2.1. Krátkodobé ztráty.....	39
6.2.2. Dlouhodobé ztráty	40
6.3. Vnitřní síly od předpětí.....	41
7. Posouzení návrhu v mezním stavu použitelnosti.....	43
7.1. Mostovka.....	43
7.1.1. Omezení napětí	43

7.1.2.	Ověření dekomprese	48
7.1.3.	Omezení trhlin.....	48
7.1.4.	Ověření hlavních napětí	48
7.1.5.	Ověření průhybu	50
7.2.	Oblouk	51
8.	Posouzení návrhu v mezním stavu únosnosti	53
8.1.	Mostovka.....	53
8.1.1.	Posudek průřezu v poli.....	53
8.1.2.	Posudek průřezu nad podporou	55
8.1.3.	Návrh výztuže proti křehkému lomu v poli	58
8.1.4.	Návrh výztuže proti křehkému lomu nad podporou.....	59
8.1.5.	Posouzení smyku	60
8.2.	Oblouk	62
8.2.1.	Posouzení průřezu 1.....	62
8.2.2.	Posouzení průřezu 2.....	63
8.2.3.	Posouzení konstrukčních zásad.....	64
9.	Použitá literatura.....	65
10.	Použité výpočetní programy	66
Příloha 1	67

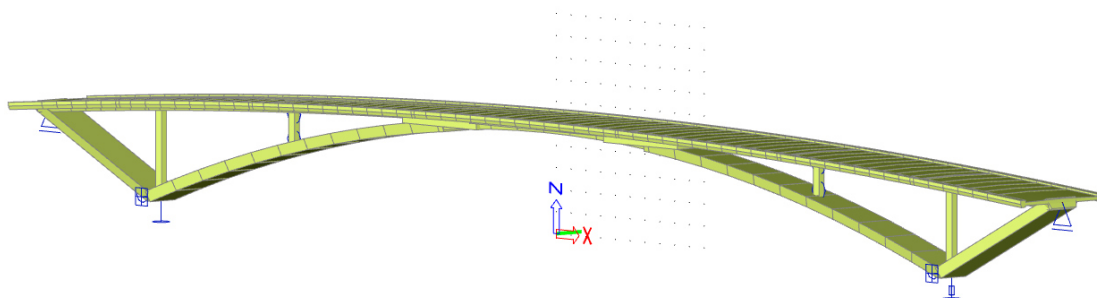


1. Charakteristika objektu

Lávka pro pěší o jednom poli je navržena jako přímá. Hlavní nosnou konstrukci lávky tvoří předpjatá trémová mostovka, která je podepřená obloukem. Oblouk i mostovka jsou propojeny kotevním blokem, takže staticky dohromady tvoří samokotvený systém, který do základů vyvozuje pouze svislé reakce od stálého zatížení. Dále jsou mostovka a oblouk navzájem propojeny betonovými stojkami. Oblouk i mostovka jsou navrženy z betonu C40/50. Oblouk je vetknutý do základů. Vodorovná složka obloukové síly je vyrovnána předpětím mostovky přes vzpěru propojující koncový příčník mostovky s patkou oblouku. Mostovka je na opěrách podepřena kyvnými stojkami, které přenášejí i tahové reakce.

Povrch nosné konstrukce a zároveň i pochozí povrch je ve střešovitém příčném sklonu 2,5 %. Maximální podélný sklon lávky je od středu konstrukce na každé straně 8,0 %.

Založení lávky je hlubinné na vrtaných velkopřůměrových pilotách o průměru 900 mm.



Obrázek 1.1 3D Prutový model konstrukce



2. Požadavky na materiál

Beton pevnostní třídy C40/50 (ČSN EN 206-1) [1]:

Charakteristická pevnost v tlaku	$f_{ck} = 40,00 \text{ MPa}$
Char. pevnost v tlaku v čase $t = 20$ dní	$f_{ck}(20) = 38,27 \text{ MPa}$
Průměrná pevnost v tahu	$f_{ctm} = 3,50 \text{ MPa}$
Střední hodnota modulu pružnosti	$E_{cm} = 35\,000 \text{ MPa}$
Objemová hmotnost s beton. výztuží	$\rho_k = 2\,500 \text{ kg/m}^3$
Char. pevnost v tahu dolní kvantil	$f_{ctk,0,05} = 2,50 \text{ MPa}$

Beton pevnostní třídy C20/25 (ČSN EN 206-1) [1]:

Charakteristická pevnost v tlaku	$f_{ck} = 20,00 \text{ MPa}$
Průměrná pevnost v tahu	$f_{ctm} = 2,20 \text{ MPa}$
Střední hodnota modulu pružnosti	$E_{cm} = 29\,000 \text{ MPa}$
Objemová hmotnost s beton. výztuží	$\rho_k = 2\,500 \text{ kg/m}^3$

Předpínací výztuž (ČSN EN 1992-1-1) [2]:

Y1860S7-15,7

Charakteristická smluvní mez kluzu	$f_{p0,1k} = 0,88 \cdot f_{pk} = 0,88 \cdot 1860 = 1636,8 \text{ MPa}$
Návrhová hodnota pevnosti	$f_{pd} = f_{p0,1k}/1,15 = 1636,8/1,15 = 1423,3 \text{ MPa}$
Plocha jednoho lana	$A = 150 \text{ mm}^2$
Modul pružnosti	$E_p = 195 \text{ GPa}$

Betonářská výztuž (ČSN 42 0139) [3]:

B500B

Charakteristická mez kluzu	$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
Návrhová mez kluzu	$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$
Modul pružnosti	$E_y = 210 \text{ GPa}$
Třída tažnosti	B



2.1. Krytí předpínací výztuže

Krycí vrstva výztuže se stanoví ze vztahu [2]:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

Kde: c_{nom} *nominální krycí vrstva výztuže*
 c_{min} *minimální krycí vrstva výztuže*
 Δc_{dev} *přídavek na návrhovou odchylku – doporučená hodnota $\Delta c_{dev} = 10$ mm*

Minimální betonová krycí vrstva c_{min} musí zajistit spolehlivé přenesení sil v soudržnosti, ochranu výztuže proti korozi (trvanlivost) a odpovídající požární odolnost. Hodnota c_{min} splňující požadavky jak soudržnosti, tak podmínek prostředí, se stanoví jako větší z hodnot:

$$c_{min} = \max \{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - c_{dur,add}; 10 \text{ mm}\}$$

Kde: $c_{min,b}$ *minimální krycí vrstva z hlediska soudržnosti, $c_{min,b} = 60$ mm*
 $c_{min,dur}$ *minimální krycí vrstva z hlediska podmínek prostředí*
 $\Delta c_{dur,y}$ *přídavná bezpečnostní složka, $\Delta c_{dur,y} = 0$ mm*
 $\Delta c_{dur,st}$ *redukce minimální krycí vrstvy při použití nerezové oceli, $\Delta c_{dur,st} = 0$ mm*
 $\Delta c_{dur,add}$ *redukce minimální krycí vrstvy při použití přídavné ochrany, $\Delta c_{dur,add} = 0$ mm*

$$c_{min} = \max\{60; 55 + 0 - 0 - 0; 10\} = 60 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = 60 + 10 = 70 \text{ mm}$$

Krycí vrstva předpínací výztuže je 70 mm.

2.2. Krytí betonářské výztuže

Krycí vrstva výztuže se stanoví ze vztahu [2]:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$$c_{min} = \max \{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - c_{dur,add}; 10 \text{ mm}\}$$

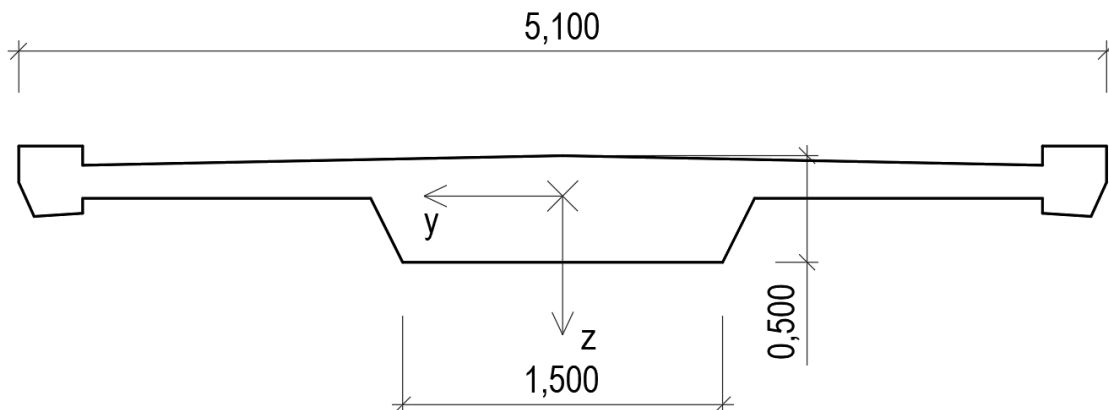
$$c_{min} = \max\{20; 45 + 0 - 0 - 0; 10\} = 45 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = 45 + 10 = 55 \text{ mm}$$

Krycí vrstva betonářské výztuže je 55 mm.

3. Průřezové charakteristiky

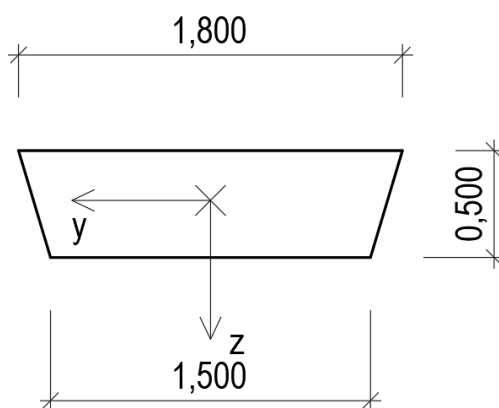
Mostovka



Obrázek 3.1 Průřezové charakteristiky – mostovka

Plocha průřezu	A	=	1,48	m^2
Vzdálenost těžiště od spodních vláken	z_T	=	0,31	m
Moment setrvačnosti k ose y	I_y	=	0,026	m^4
Průřezový modul k horním vláknům	W_h	=	0,135	m^3
Průřezový modul ke spodním vláknům	W_d	=	0,082	m^3

Oblouk

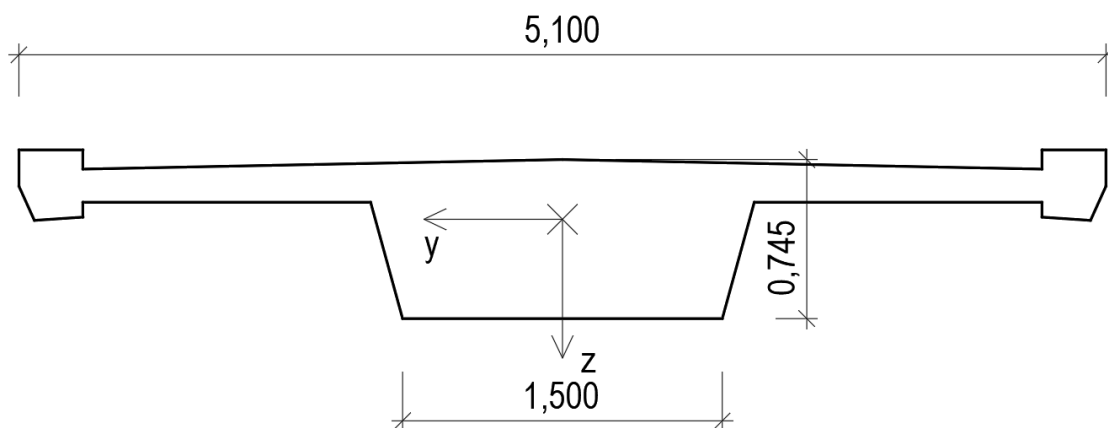


Obrázek 3.2 Průřezové charakteristiky – oblouk

Plocha průřezu	A	=	0,825	m^2
Vzdálenost těžiště od spodních vláken	z_T	=	0,258	m
Moment setrvačnosti k ose y	I_y	=	0,017	m^4
Průřezový modul k horním vláknům	W_h	=	0,070	m^3
Průřezový modul ke spodním vláknům	W_d	=	0,066	m^3



Průřez uprostřed rozpětí



Obrázek 3.3 Průřezové charakteristiky – mostovka uprostřed rozpětí

Plocha průřezu	A	=	1,881	m^2
Vzdálenost těžiště od spodních vláken	z_T	=	0,465	m
Moment setrvačnosti k ose y	I_y	=	0,085	m^4
Průřezový modul k horním vláknům	W_h	=	0,302	m^3
Průřezový modul ke spodním vláknům	W_d	=	0,182	m^3



4. Zatížení

4.1. Stálá zatížení

4.1.1. Vlastní tíha

Vlastní tíha celé betonové konstrukce $g_{0,k}$ je vypočítána softwarem, kde je zadána objemová tíha betonu a tíhové zrychlení, které se uvažuje $g = 9,81 \text{ m/s}$.

4.1.2. Ostatní stálé

Ostatní stálé zatížení je uvažováno jako tíha stříkané pochozí izolace $g_{1,k} = 0,675 \text{ kN/m}$ a tíha zábradlí na obou stranách lávky $g_{2,k} = 1 \text{ kN/m}$ (odhad).

4.2. Proměnná zatížení

4.2.1. Zatížení teplotou

Doporučené hodnoty maximálních a minimálních teplot ve stínu byly odečteny z map teplot viz. ČSN EN 1991-1-5 [4]. Pro oblast lávky Hradec Králové jsou hodnoty $T_{max} = 40 \text{ °C}$ a $T_{min} = -32 \text{ °C}$. Referenční teplota je uvažována $T_0 = 10 \text{ °C}$. Zatížení teplotním gradientem se v této fázi neuvažuje.

$$T_{e,max} = T_{max} + 1,5 \text{ °C} = 40 + 1,5 = 41,5 \text{ °C}$$

$$T_{e,min} = T_{min} + 8 \text{ °C} = -32 + 8 = -24 \text{ °C}$$

$$\Delta T_{N,con} = T_0 - T_{e,min} = -10 - 24 = -34 \text{ °C}$$

$$\Delta T_{N,exp} = T_{e,max} - T_0 = 41,5 - 10 = 31,5 \text{ °C}$$

4.2.2. Zatížení dopravou

Rovnoměrné zatížení

Pro navrhování lávek pro chodce se má dle normy ČSN EN 1991-2, 4.3.5 [5] definovat model zatížení 4, tedy rovnoměrné zatížení $q_{fk} = 5 \text{ kN/m}^2$. Vzhledem k tomu, že se na lávce nepředpokládá hustý proud cyklistů a chodců je možná redukce rovnoměrného zatížení dle 5.3.2.1., rovnice 5.1.

Charakteristická hodnota rovnoměrného zatížení tedy bude:

$$q_{fk} = 2,0 + \frac{120}{L+30} = 2,0 + \frac{120}{68,5+30} = 3,22 \text{ kN/m}^2$$

(Zatěžovací délka lávky $L = 68,5 \text{ m}$)

Konzervativně se bude pro návrh lávky uvažovat rovnoměrné zatížení $q_{fk} = 3,5 \text{ kN/m}^2$.



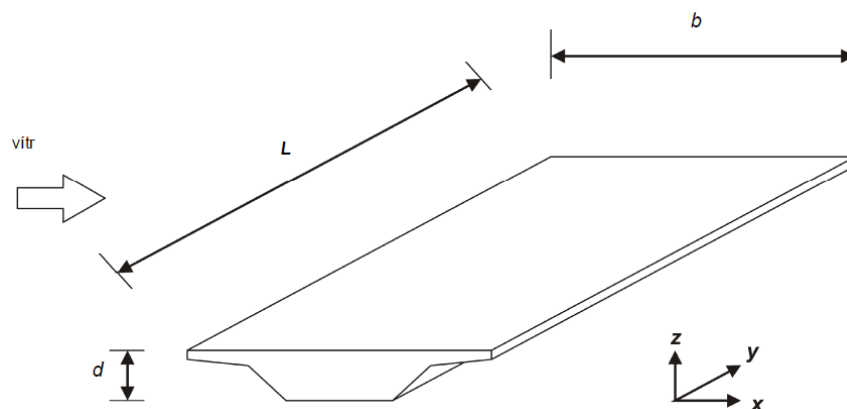
Obslužné vozidlo

Přibližně 350 m od navrhované lávky proti proudu řeky Labe se nachází Labský most, který zajistí převedení dopravy z jednoho břehu na druhý. Z tohoto důvodu není třeba vjíždět obslužným vozidlem na navrhovanou lávku. Zatížení obslužným vozidlem nebude ve výpočtu uvažováno.

Pro vozidlo záchranné služby (3,5 t) nebude lávka pro pěší posouzena, protože je zatížení menší než zatížení lidmi a předpokládá se tedy, že lávka na toto zatížení vyhoví.

4.2.3. Zatížení větrem

Zatížení větrem je uvažováno pro kategorii terénu IV – Oblasti, ve kterých je nejméně 15 % povrchu pokryto pozemními stavbami, jejichž průměrná výška je větší než 15 m. Výchozí základní rychlost větru je stanovena pro oblast II – $v_{b,0} = 25,0$ m/s na základě mapy větrných oblastí dle ČSN EN 1991-1-4 [6].



Obrázek 4.1 - Směry zatížení větrem na mostech

Základní rychlost větru

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 25,0 = 25 \text{ m/s}$$

Kde: c_{dir} součinitel směru větru, doporučená hodnota $c_{dir} = 1,0$

c_{season} součinitel ročního období, doporučená hodnota $c_{season} = 1,0$

$v_{b,0}$ základní rychlost větru ve výšce 10 m nad zemí v terénu kategorie II



Síly ve směru osy x

$$f_{w,x} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot c_e \cdot c_{f,x} = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 25,0^2 \cdot 1,2 \cdot 1,3 = 0,61 \text{ kN/m}^2$$

Kde: v_b základní rychlost větru

c_e součinitel expozice dle obrázku 4.2 pro $z = 10,0 \text{ m}$, $c_e = 1,2$

$c_{f,x}$ součinitel síly pro zatížené nosné konstrukce mostu větrem ve směru

osy x lze uvažovat $c_{f,x} = 1,3$ dle 8.3.1, poznámka 2

Síla na mostovku

$$f_{w,x,1} = f_{w,x} \cdot b_{ref} = 0,61 \cdot 1,35 = \mathbf{0,82 \text{ kN/m}}$$

Kde: $f_{w,x}$ síla ve směru osy x

b_{ref} výška průřezu vystavená účinkům zatížení větrem zvětšená o hodnotu

$0,6$; $b_{ref} = d + 0,6 = 0,75 + 0,6 = 1,35 \text{ m}$

Síla na oblouk

$$f_{w,x,1} = f_{w,x} \cdot b_{ref} = 0,61 \cdot 1,1 = \mathbf{0,67 \text{ kN/m}}$$

Kde: $b_{ref} = 0,5 + 0,6 = 1,1 \text{ m}$

Síla na lávku ve středu rozpětí

$$f_{w,x,1} = f_{w,x} \cdot b_{ref} = 0,61 \cdot 1,6 = \mathbf{0,98 \text{ kN/m}}$$

Kde: $b_{ref} = 1,0 + 0,6 = 1,6 \text{ m}$

4.2.4. Zatížení sněhem

Charakteristická hodnota zatížení sněhem je určena podle mapy sněhových oblastí na území ČR $s_k = \mathbf{0,7 \text{ kN/m}^2}$.

4.2.5. Zatížení nerovnoměrným poklesem podpor

V rámci tohoto návrhu se bude uvažovat pokles podpor o $w = \mathbf{0,005 \text{ m}}$.



4.3. Souhrn zatížení

Tabulka 4.1 Souhrn zatížení

Typ	Název zatížení	Označení	Hodnota	Jednotka	Zatěžovací stav
Stálé	Vlastní tíha	$g_{0,k}$	SW	-	gk – Stálé
	Ostatní stálé – izolace, zábradlí	g_{ost}	1.68	kN/m	
	Zatížení předpětím *	P_k	-	-	Pk – Předpětí
	Pokles podpory	G_{set}	0.005	m	Gset – Pokles podpory
Proměnné	Rovnoměrné zatížení gr1	q_{fk}	15.75	kN/m ²	gr1 – Doprava
	Obslužné vozidlo – z	Q_{sv1}	26.67	kN	gr2 – Doprava NEUVAŽUJE SE
	Obslužné vozidlo – z	Q_{sv2}	13.33	kN	
	Obslužné vozidlo – x	$Q_{sv1,x}$	16.00	kN	
	Obslužné vozidlo – x	$Q_{sv2,x}$	8.00	kN	
	Vítr – tato zatížení působí současně	$f_{w,x1}$	0.82	kN/m	f _{w,x} - Vítr
		$f_{w,x2}$	0.67	kN/m	
		$f_{w,x3}$	0.98	kN/m	
	Sníh	s_k	3.15	kN/m	sk – sníh
	Zatížení teplotou – prodloužení	$\Delta T_{N,exp}$	31.50	°C	dT(+) – Prodloužení
	Zatížení teplotou – zkrácení	$\Delta T_{N,con}$	-34.00	°C	dT(-) – Zkrácení

* Předpětí je navrženo v kapitole 6.



4.4. Kombinace zatížení

Hodnoty součinitelů ψ jsou uvažovány podle ČSN EN 1990, A2.2.6, tabulka A2.2 [7]. Ostatní součinitele jsou uvažovány dle stejné normy tabulky A2.4 [7].

Vztahy pro kombinace zatížení jsou uvedeny v následujících kombinačních pravidlech. Pro mezní stav únosnosti (MSÚ) je uvažován vztah 6.10, 6.10a a 6.10b [7]. Pro mezní stav použitelnosti (MSP) je uvažován vztah pro charakteristickou kombinaci 6.14b, vztah pro častou kombinaci 6.15b a vztah pro kvazistálou kombinaci 6.16b [7]. Sčítají se účinky zatížení.

Kombinace zatížení pro MSÚ (6.10)

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

- Kde:
- $G_{k,j}$ charakteristická hodnota j -tého stálého zatížení
 - P reprezentativní hodnota zatížení předpětí
 - $Q_{k,1}$ charakteristická hodnota hlavního proměnného zatížení
 - $Q_{k,i}$ charakteristická hodnota vedlejšího i -tého proměnného zatížení
 - $\gamma_{G,j}$ dílčí součinitel j -tého stálého zatížení
 - γ_P dílčí součinitel zatížení od předpětí
 - $\gamma_{Q,1}$ dílčí součinitel hlavního proměnného zatížení
 - $\gamma_{Q,i}$ dílčí součinitel vedlejšího i -tého proměnného zatížení
 - $\psi_{0,i}$ součinitel pro kombinační hodnotu vedlejšího i -tého proměnného zatížení



Kombinace zatížení pro MSÚ (6.10a)

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

- Kde: $G_{k,j}$ charakteristická hodnota j -tého stálého zatížení
 P reprezentativní hodnota zatížení předpětí
 $Q_{k,1}$ charakteristická hodnota hlavního proměnného zatížení
 $Q_{k,i}$ charakteristická hodnota vedlejšího i -tého proměnného zatížení
 $\gamma_{G,j}$ dílčí součinitel j -tého stálého zatížení
 γ_P dílčí součinitel zatížení od předpětí
 $\gamma_{Q,1}$ dílčí součinitel hlavního proměnného zatížení
 $\gamma_{Q,i}$ dílčí součinitel vedlejšího i -tého proměnného zatížení
 $\psi_{0,1}$ součinitel pro kombinační hodnotu hlavního proměnného zatížení
 $\psi_{0,i}$ součinitel pro kombinační hodnotu vedlejšího i -tého proměnného zatížení

Kombinace zatížení pro MSÚ (6.10b)

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

- Kde: $G_{k,j}$ charakteristická hodnota j -tého stálého zatížení
 P reprezentativní hodnota zatížení předpětí
 $Q_{k,1}$ charakteristická hodnota hlavního proměnného zatížení
 $Q_{k,i}$ charakteristická hodnota vedlejšího i -tého proměnného zatížení
 $\gamma_{G,j}$ dílčí součinitel j -tého stálého zatížení
 γ_P dílčí součinitel zatížení od předpětí
 $\gamma_{Q,1}$ dílčí součinitel hlavního proměnného zatížení
 $\gamma_{Q,i}$ dílčí součinitel vedlejšího i -tého proměnného zatížení
 ξ_j redukční součinitel pro nepříznivá stálá zatížení G
 $\psi_{0,i}$ součinitel pro kombinační hodnotu vedlejšího i -tého proměnného zatížení



Kombinace zatížení pro MSP (6.14b) – charakteristická kombinace

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

- Kde: $G_{k,j}$ charakteristická hodnota j -tého stálého zatížení
 P reprezentativní hodnota zatížení předpětí
 $Q_{k,1}$ charakteristická hodnota hlavního proměnného zatížení
 $Q_{k,i}$ charakteristická hodnota vedlejšího i -tého proměnného zatížení
 $\psi_{0,i}$ součinitel pro kombinační hodnotu vedlejšího i -tého proměnného zatížení

Kombinace zatížení pro MSP (6.15b) – častá kombinace

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

- Kde: $G_{k,j}$ charakteristická hodnota j -tého stálého zatížení
 P reprezentativní hodnota zatížení předpětí
 $Q_{k,1}$ charakteristická hodnota hlavního proměnného zatížení
 $Q_{k,i}$ charakteristická hodnota vedlejšího i -tého proměnného zatížení
 $\psi_{1,1}$ součinitel pro kombinační hodnotu hlavního proměnného zatížení
 $\psi_{2,i}$ součinitel pro kombinační hodnotu vedlejšího i -tého proměnného zatížení

Kombinace zatížení pro MSP (6.16b) – kvazistálá kombinace

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

- Kde: $G_{k,j}$ charakteristická hodnota j -tého stálého zatížení
 P reprezentativní hodnota zatížení předpětí
 $Q_{k,i}$ charakteristická hodnota vedlejšího i -tého proměnného zatížení
 $\psi_{2,i}$ součinitel pro kombinační hodnotu vedlejšího i -tého proměnného zatížení



Kombinační klíč

Jako dominantní zatížení lze uvažovat proměnné zatížení gr1 – rovnoměrné zatížení a zatížení teplotou. Teplotní účinky oteplení a ochlazení se navzájem vylučují, takže nemohou být spolu kombinovány. Dále se nemusí dle ČSN EN 1990/A2.2.3(2) [7] uvažovat společné působení zatížení větrem a teplotou, z tohoto důvodu není pro zatížení větrem spočítán průběh vnitřních sil. Zatížení sněhem se se sestavami zatížení gr1 a gr2 dle ČSN EN 1990/A2.2.2 (4) [7] nekombinuje. Kombinační součinitele jsou převzaty z ČSN EN 1990/A2, tabulka A2.2 – Doporučené hodnoty součinitelů ψ pro lávky pro chodce. Součinitele zatížení jsou stanoveny dle stejné normy, tabulka A2.4(B) – Návrhové hodnoty zatížení (STR/GEO) (Soubor B). Z těchto předpokladů plynou tyto kombinace:

Provozní stav, uvedení do provozu a konec životnosti – **dominantní zatížení gr1**

Tabulka 4.2 Kombinační klíč – Gr1

Stav	KZ	gk	Gset	Pk	gr1	fw,x	dT(+)	dT(-)
MSÚ 6.10	KZ1	1.35	1.20	1.00	1.35	-	0.90 ⁽²⁾	-
	KZ2	1.35	1.20	1.00	1.35	-	-	0.90 ⁽²⁾
	KZ3	1.35	1.20	1.00	1.35	0.45 ⁽⁴⁾	-	-
MSÚ 6.10a	KZ4	1.35	1.20	1.00	0.54 ⁽¹⁾	-	0.90 ⁽²⁾	-
	KZ5	1.35	1.20	1.00	0.54 ⁽¹⁾	-	-	0.90 ⁽²⁾
	KZ6	1.35	1.20	1.00	0.54 ⁽¹⁾	0.45 ⁽⁴⁾	-	-
MSÚ 6.10b	KZ7	1.15 ⁽³⁾	1.20	1.00	1.35	-	0.90 ⁽²⁾	-
	KZ8	1.15 ⁽³⁾	1.20	1.00	1.35	-	-	0.90 ⁽²⁾
	KZ9	1.15 ⁽³⁾	1.20	1.00	1.35	0.45 ⁽⁴⁾	-	-
Char. 6.14b	KZ10	1.00	1.00	1.00	1.00	-	0.60	-
	KZ11	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	0.60
	KZ12	1.00	1.00	1.00	1.00	0.30	-	-
Čas. 6.15b	KZ13	1.00	1.00	1.00	0.40	-	0.50	-
	KZ14	1.00	1.00	1.00	0.40	-	-	0.50
Kvaz. 6.16b	KZ15	1.00	1.00	1.00	-	-	0.50	-
	KZ16	1.00	1.00	1.00	-	-	-	0.50

$$^{(1)} 1,35 \cdot 0,40 = 0,54$$

$$^{(2)} 1,50 \cdot 0,6 = 0,90$$

$$^{(3)} 1,35 \cdot 0,85 = 1,15$$

$$^{(4)} 1,50 \cdot 0,30 = 0,45$$



Provozní stav, uvedení do provozu a konec životnosti – dominantní zatížení teplota

Tabulka 4.3 Kombinační klíč – Teplota

Stav	KZ	gk	Gset	Pk	gr1	fw,x	dT(+)	dT(-)
MSÚ 6.10	KZ17	1.35	1.20	1.00	0.54 ⁽¹⁾	-	1.50	-
	KZ18	1.35	1.20	1.00	0.54 ⁽¹⁾	-	-	1.50
	KZ19	1.35	1.20	1.00	0.54 ⁽¹⁾	0.45 ⁽⁴⁾	-	-
MSÚ 6.10a	KZ20	1.35	1.20	1.00	0.54 ⁽¹⁾	-	0.90 ⁽²⁾	-
	KZ21	1.35	1.20	1.00	0.54 ⁽¹⁾	-	-	0.90 ⁽²⁾
	KZ22	1.35	1.20	1.00	0.54 ⁽¹⁾	0.45 ⁽⁴⁾	-	-
MSÚ 6.10b	KZ23	1.15 ⁽³⁾	1.20	1.00	0.54 ⁽¹⁾	-	1.50	-
	KZ24	1.15 ⁽³⁾	1.20	1.00	0.54 ⁽¹⁾	-	-	1.50
	KZ25	1.15 ⁽³⁾	1.20	1.00	0.54 ⁽¹⁾	0.45 ⁽⁴⁾	-	-
Char. 6.14b	KZ26	1.00	1.00	1.00	0.40	-	1.00	-
	KZ27	1.00	1.00	1.00	0.40	-	-	1.00
	KZ28	1.00	1.00	1.00	0.40	0.30	-	-
Čas. 6.15b	KZ29	1.00	1.00	1.00	-	-	0.60	-
	KZ30	1.00	1.00	1.00	-	-	-	0.60
Kvaz. 6.16b	KZ31	1.00	1.00	1.00	-	-	0.50	-
	KZ32	1.00	1.00	1.00	-	-	-	0.50

$$^{(1)}1,35 \cdot 0,40 = 0,54$$

$$^{(2)}1,50 \cdot 0,6 = 0,90$$

$$^{(3)}1,35 \cdot 0,85 = 1,15$$

$$^{(4)}1,50 \cdot 0,30 = 0,45$$

Stavební stav

Tabulka 4.4 Kombinační klíč – Stavební stav

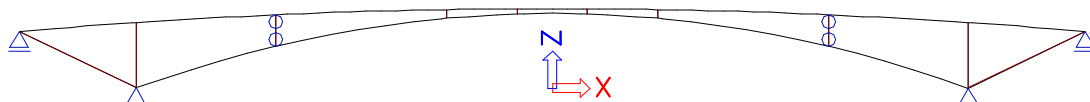
Stav	KZ	gk	Gset	Pk	sk	dT(+)	dT(-)
Char. 6.14b	KZ33	1.00	1.00	1.00	0.80	1.00	-
	KZ34	1.00	1.00	1.00	0.80	-	1.00
Čas. 6.15b	KZ35	1.00	1.00	1.00	-	0.50	-
	KZ36	1.00	1.00	1.00	-	-	0.50
Kvaz. 6.16b	KZ37	1.00	1.00	1.00	-	0.50	-
	KZ38	1.00	1.00	1.00	-	-	0.50

5. Stanovení vnitřních sil

Vnitřní síly byly stanoveny pomocí softwaru SCIA Engineer 21.

5.1. Statický model

Nejdříve byl určen statický model s posuvnými klouby u opěry a pevnými klouby u založení oblouku, obrázek 5.1.



Obrázek 5.1 Prutový model konstrukce – pevné podpory

Tento model ale správně nesimuluje chování konstrukce, protože podpory u založení oblouku se díky pilotovému založení chovají pružně. Z tohoto důvodu vnitřní síly stanoveny z modelu posloužily jen pro určení reakcí v podporách, aby dále mohly být použity pro výpočet deformací základu s pilotovým založením. Výpočet deformace základu byl proveden pomocí programu GEO 5. Výpočet tuhostí podpor byl proveden na základ s pilotami navržený v Projektu D. V Projektu D byl navržen základ s rozměry $a = b = 3,9$ m; $c = 2,7$ m se 4 pilotami o průměru $d = 0,9$ m a délce $L = 10$ m.

Po zatížení základu vodorovnou silou 10,79 MN vznikla maximální deformace ve směru x 22,77 mm. Tuhost ve směru x je tedy:

$$Tuhost\ x = \frac{10,79}{0,02277} = 474,07\text{ MN/m}$$



Po zatížení základu svislou silou 9,50 MN vznikla maximální deformace ve směru z 10,66 mm.

Tuhost ve směru z je tedy:

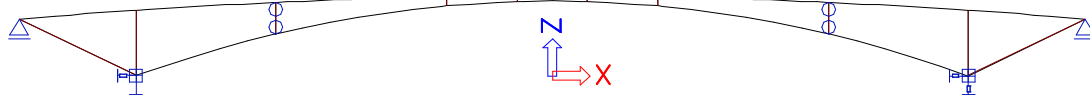
$$Tuhost z = \frac{9,50}{0,01066} = 890,76 \text{ MN/m}$$

Po zatížení základu ohybovým momentem 1,18 MNm vzniklo maximální pootočení 7,85 mrad. Tuhost v pootočení je tedy:

$$Tuhost \varphi = \frac{1,18}{0,00785} = 150,00 \text{ MNm/rad}$$

Tyto tuhosti jsou použity jako první aproximace v modelu pro výpočet vnitřních sil. Jelikož jsou posuny v pružných podporách malé, vliv tuhosti je také malý. Z tohoto důvodu se tuhosti podpor dále neupravovaly.

Statický model určený pro výpočet je zobrazen na obrázku 5.2.

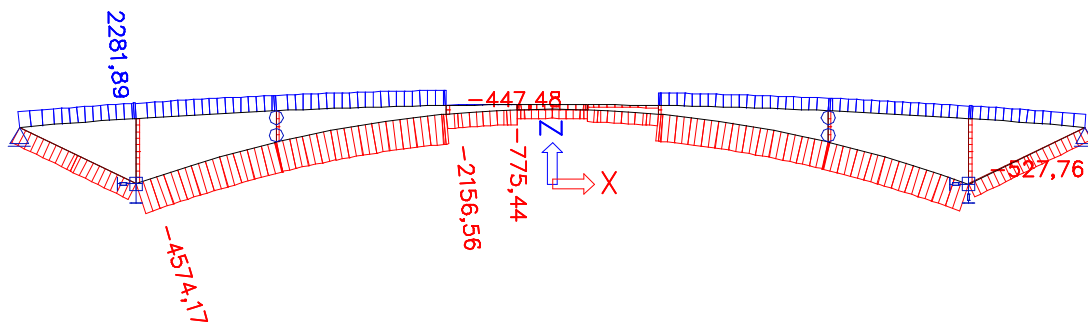


Obrázek 5.2 Prutový model konstrukce – pružné podpory

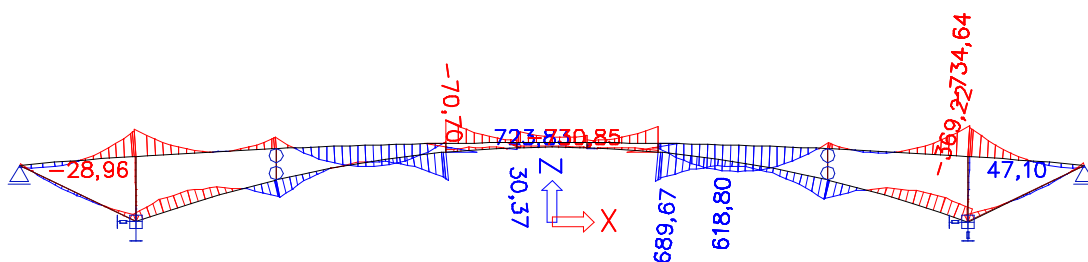
5.2. Průběhy vnitřních sil

V této kapitole jsou zobrazeny průběhy vnitřních sil od jednotlivých zatěžovacích stavů.

Vlastní tíha



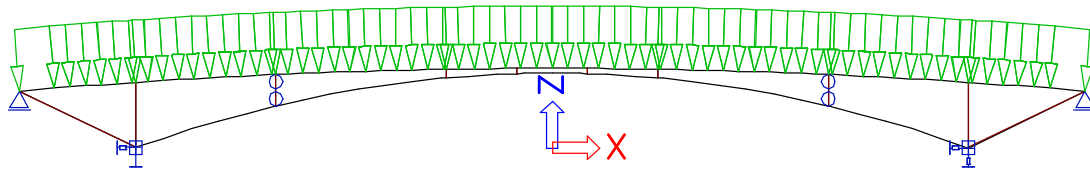
Obrázek 5.3 Průběh N – Vlastní tíha



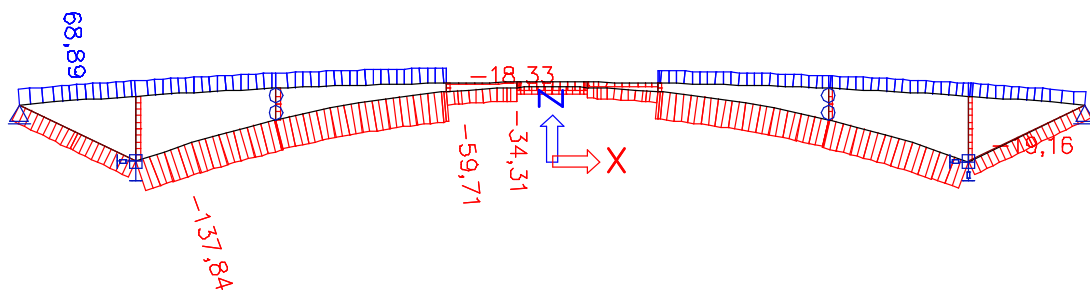
Obrázek 5.4 Průběh M_y – Vlastní tíha



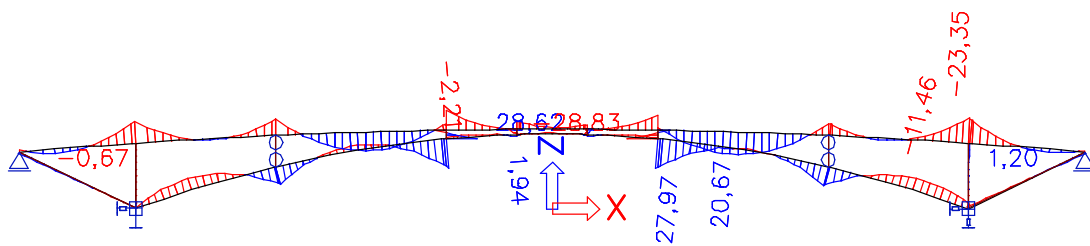
Ostatní stálé



Obrázek 5.5 Schéma zatížení – Ostatní stálé

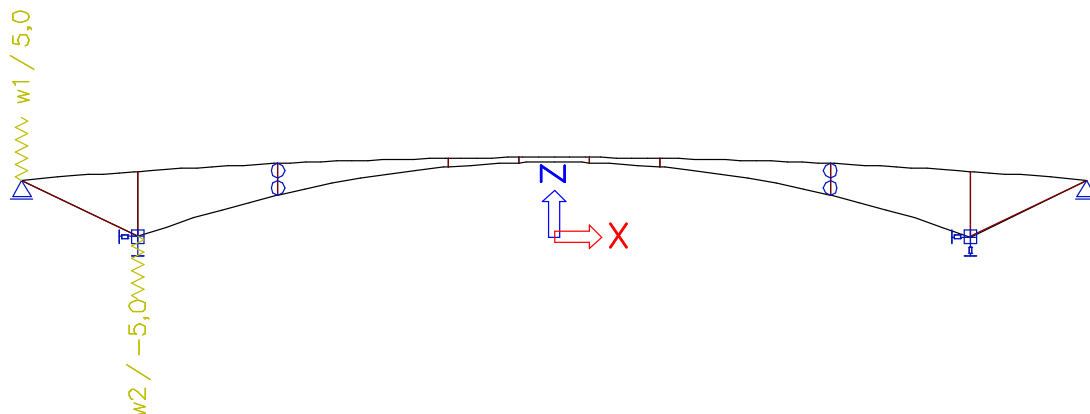


Obrázek 5.6 Průběh N – Ostatní stálé

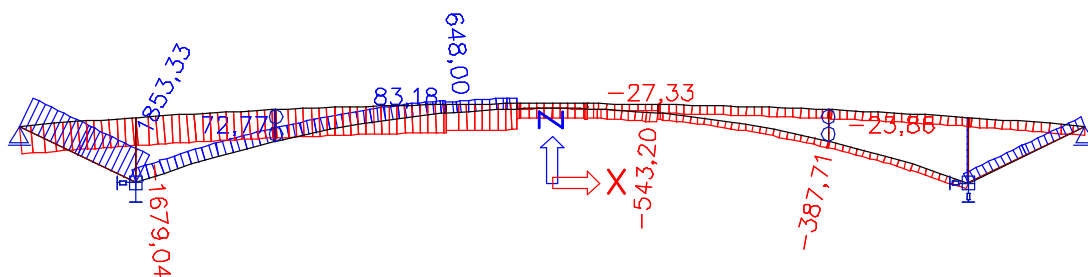


Obrázek 5.7 Průběh M_y – Ostatní stálé

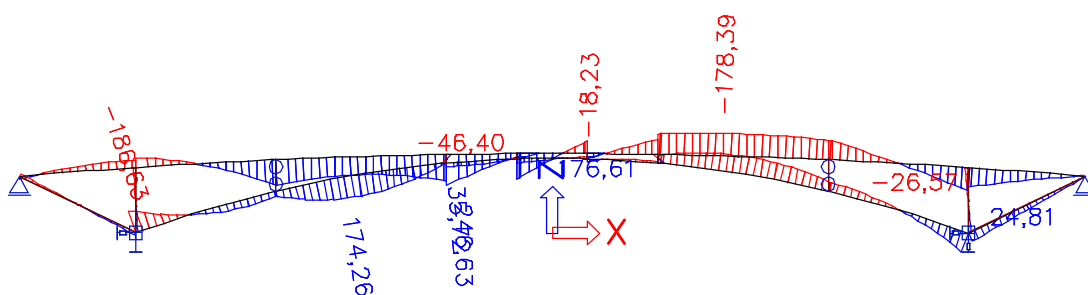
Pokles podpor



Obrázek 5.8 Schéma zatížení – Pokles podpor



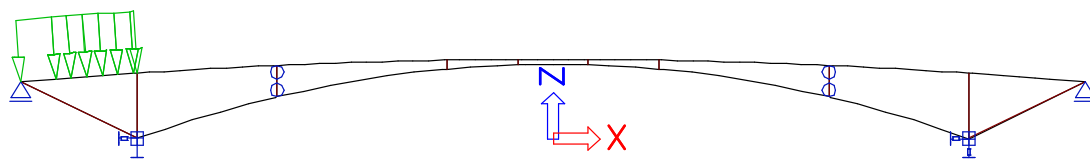
Obrázek 5.9 Průběh N – Pokles podpor



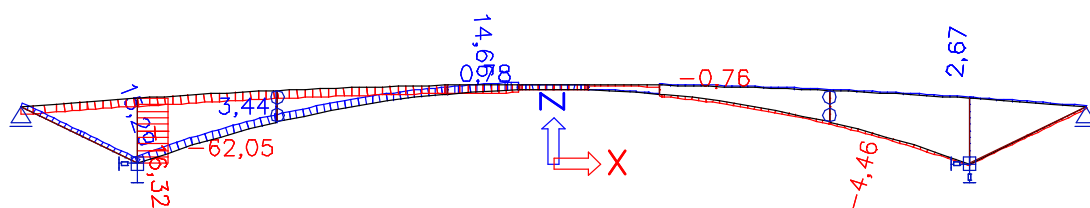
Obrázek 5.10 Průběh My – Pokles podpor



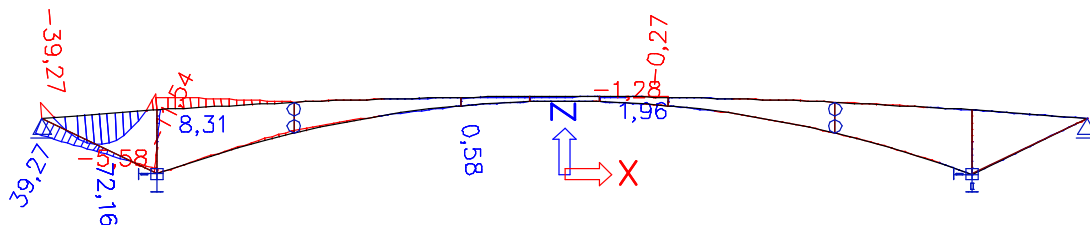
Gr1 – pole 1



Obrázek 5.11 Schéma zatížení – Gr1 pole 1



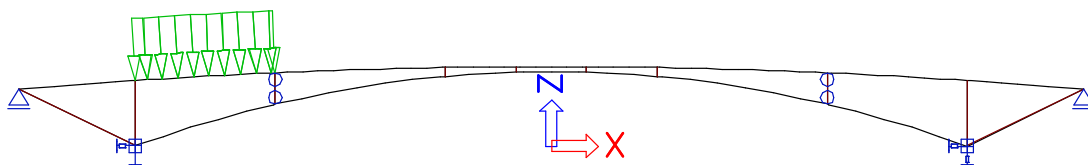
Obrázek 5.12 Průběh N – Gr1 pole 1



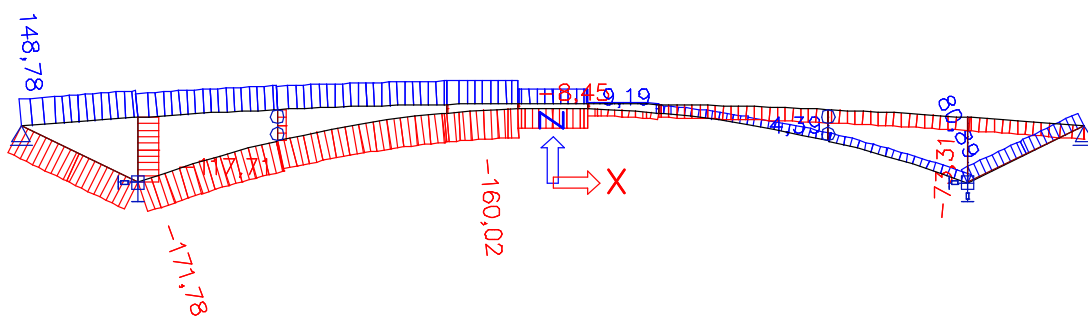
Obrázek 5.13 Průběh My – Gr1 pole 1



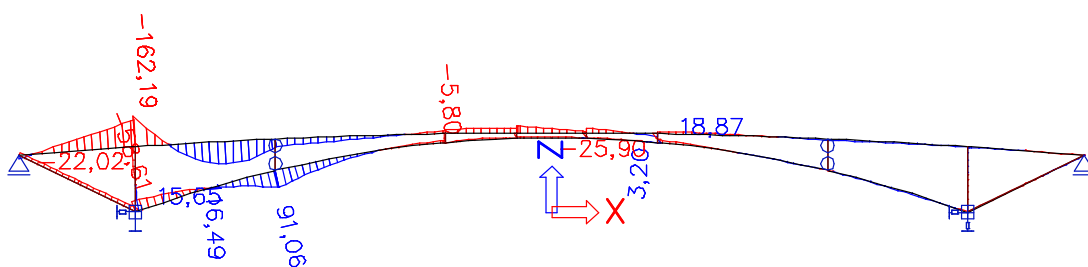
Gr1 – pole 2



Obrázek 5.14 Schéma zatížení – Gr1 pole 2



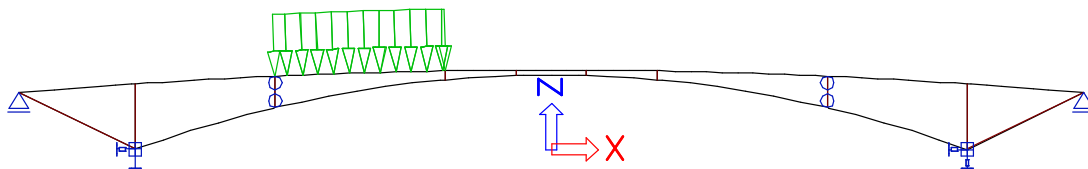
Obrázek 5.15 Průběh N – Gr1 pole 2



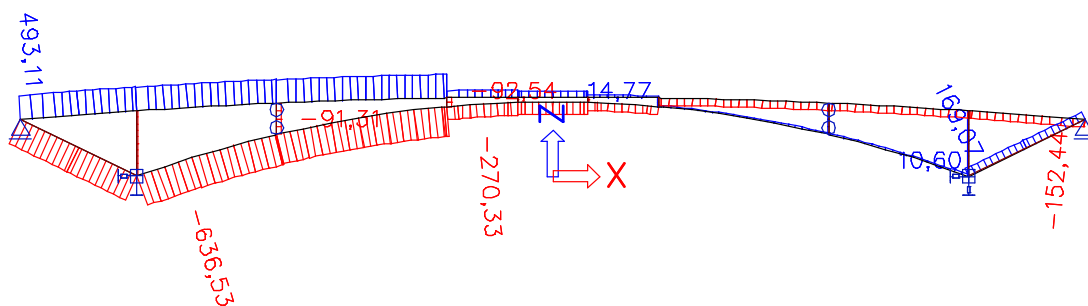
Obrázek 5.16 Průběh My – Gr1 pole 2



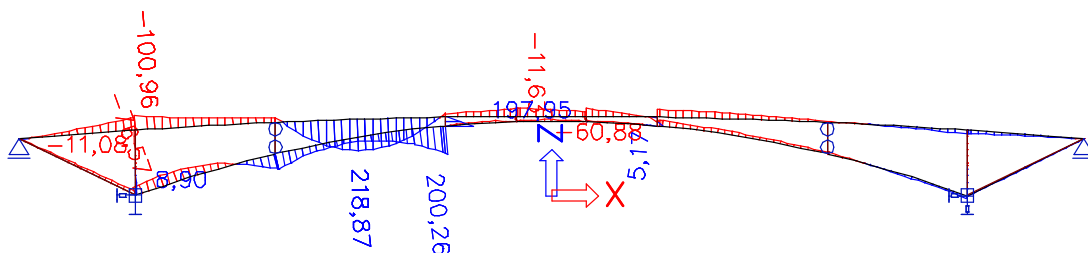
Gr1 – pole 3



Obrázek 5.17 Schéma zatížení – Gr1 pole 3

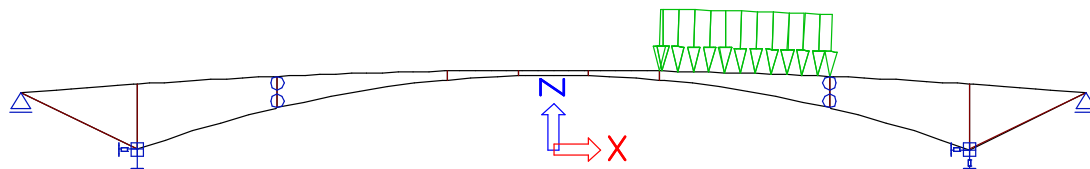


Obrázek 5.18 Průběh N – Gr1 pole 3



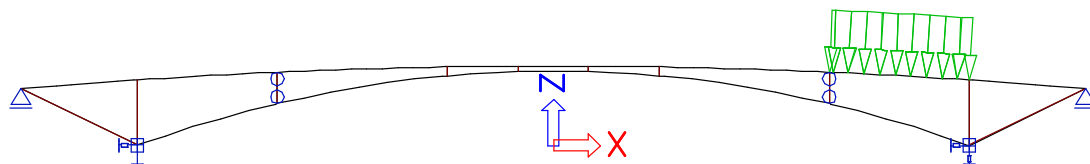
Obrázek 5.19 Průběh My – Gr1 pole 3

Gr1 – pole 4



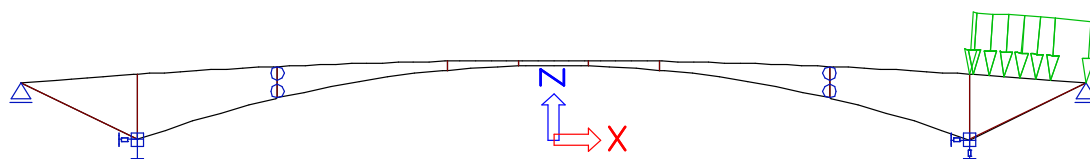
Obrázek 5.20 Schéma zatížení – Gr1 pole 4

Gr1 – pole 5



Obrázek 5.21 Schéma zatížení – Gr1 pole 5

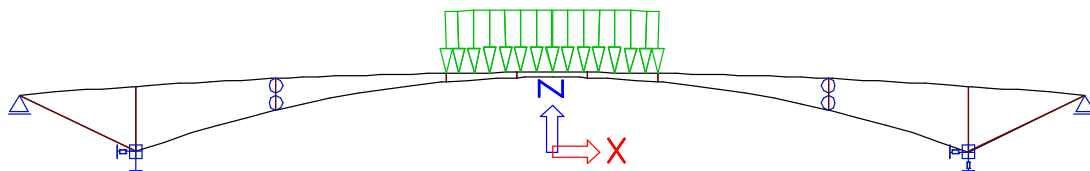
Gr1 – pole 6



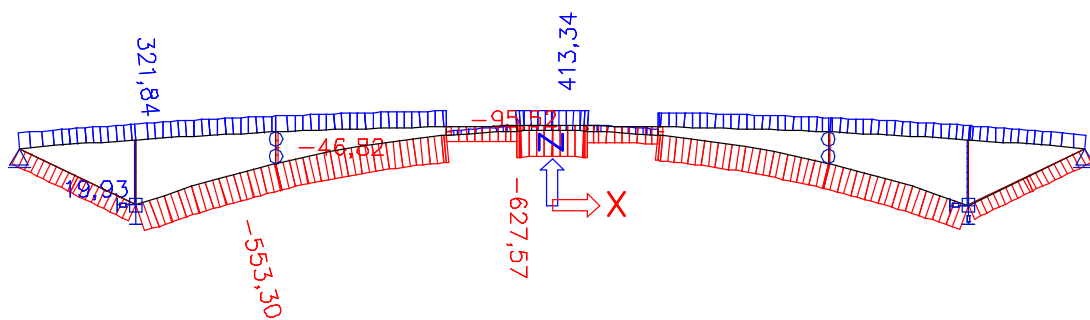
Obrázek 5.22 Schéma zatížení – Gr1 pole 6

Vnitřní síly pro gr1 pole 4, 5 a 6 jsou symetrické k vnitřním silám pro gr1 pole 1, 2 a 3. Program SCIA Engineer kombinuje společně všechna zatížení gr1 a pro vykreslení obálky vnitřních sil vybere nejnejpříznivější kombinaci.

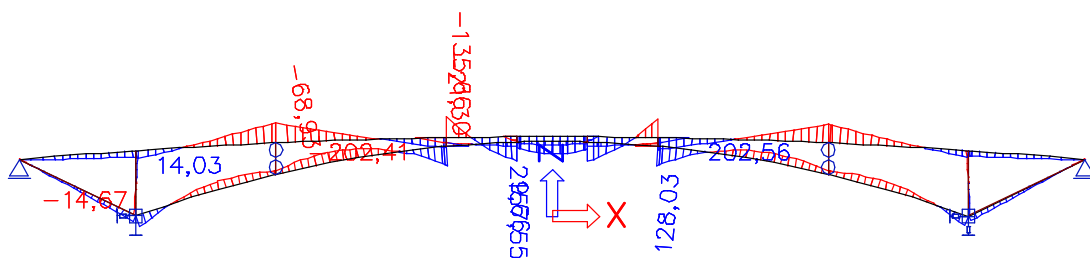
Gr1 – střední pole



Obrázek 5.23 Schéma zatížení – Gr1 střední pole

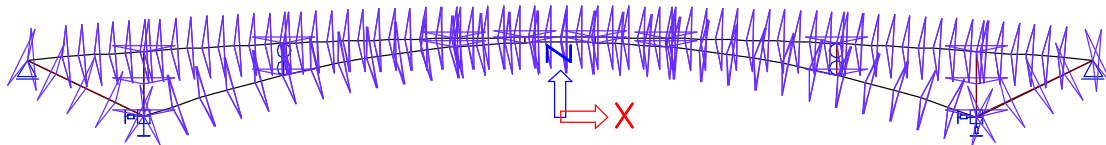


Obrázek 5.24 Průběh N – Gr1 střední pole

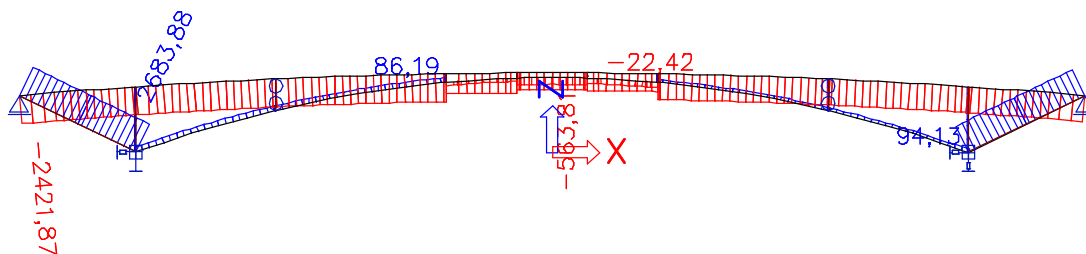


Obrázek 5.25 Průběh M_y – Gr1 střední pole

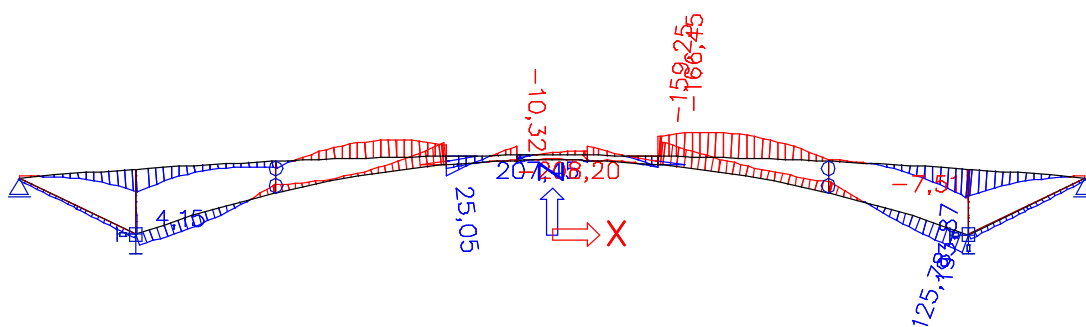
Teplota – rovnoměrné oteplení



Obrázek 5.26 Schéma zatížení – Teplota – rovnoměrné oteplení

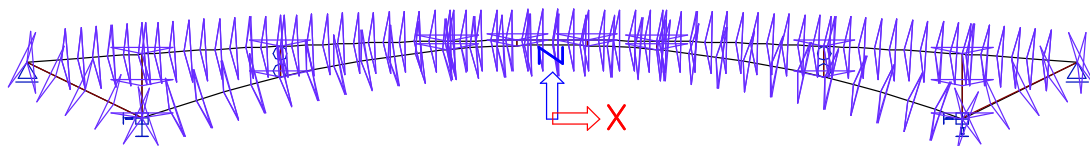


Obrázek 5.27 Průběh N – Teplota – rovnoměrné oteplení

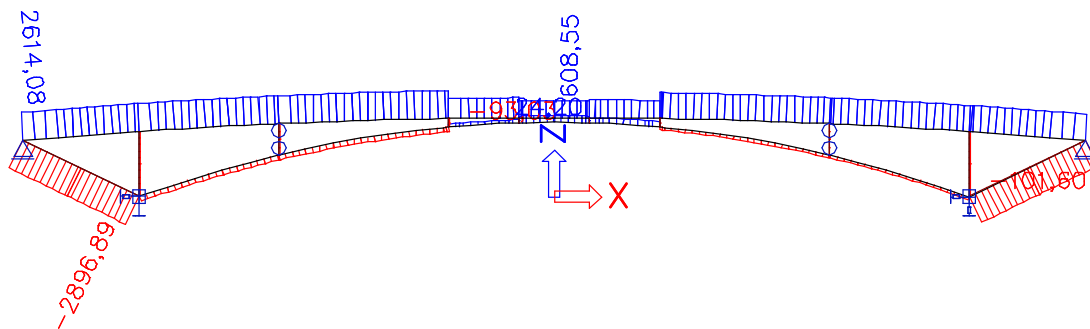


Obrázek 5.28 Průběh My – Teplota – rovnoměrné oteplení

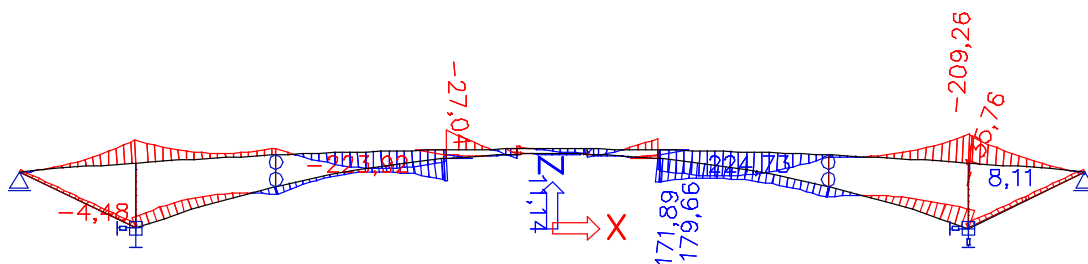
Teplota – rovnoměrné ochlazení



Obrázek 5.29 Schéma zatížení – Teplota – rovnoměrné ochlazení



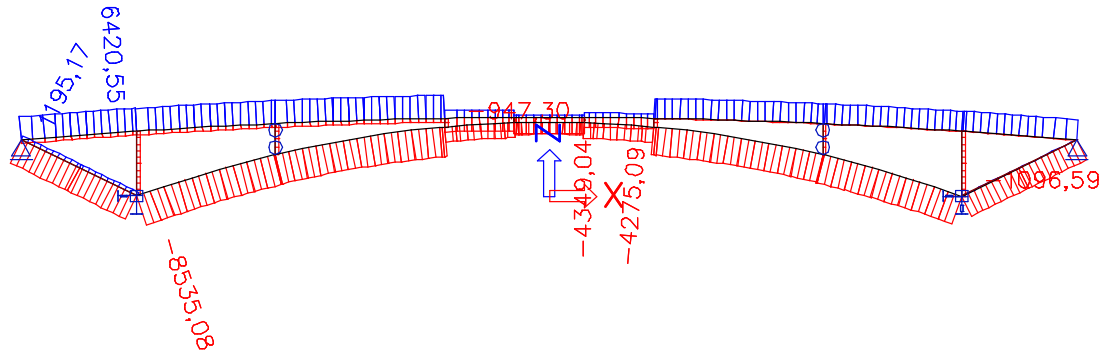
Obrázek 5.30 Průběh N – Teplota – rovnoměrné ochlazení



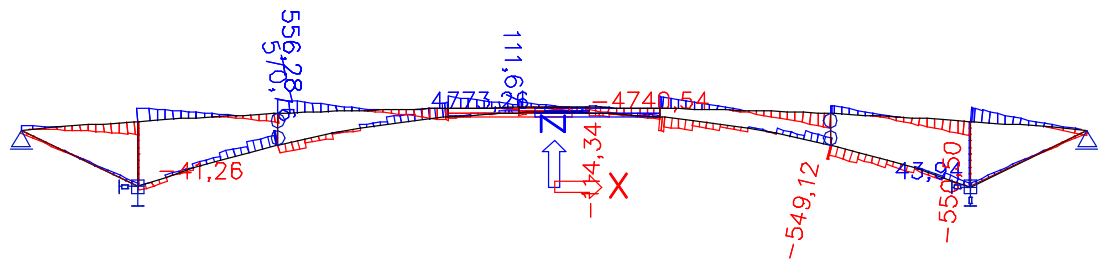
Obrázek 5.31 Průběh M_y – Teplota – rovnoměrné ochlazení

5.3. Obálky jednotlivých kombinací

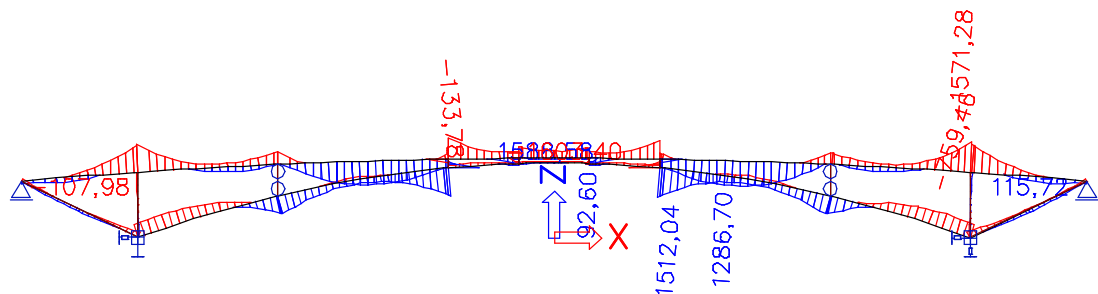
MSÚ – 6.10 – Gr1



Obrázek 5.32 Obálka N – kombinace MSÚ 6.10 - Gr1



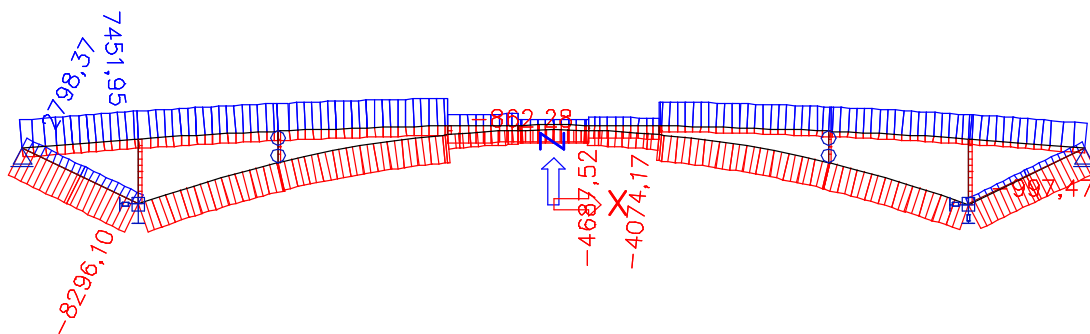
Obrázek 5.33 Obálka Vz – kombinace MSÚ 6.10 - Gr1



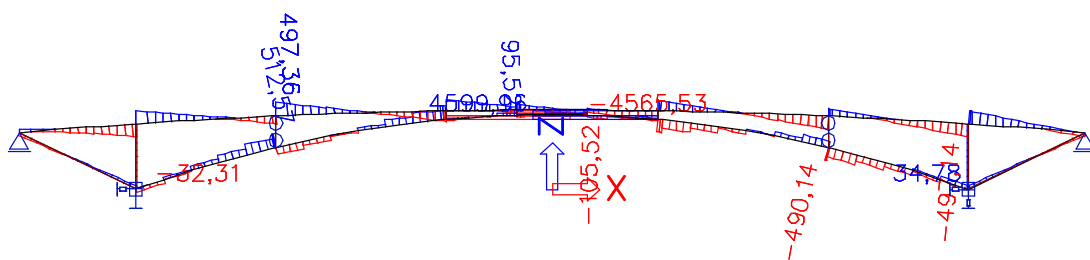
Obrázek 5.34 Obálka My – kombinace MSÚ 6.10 - Gr1



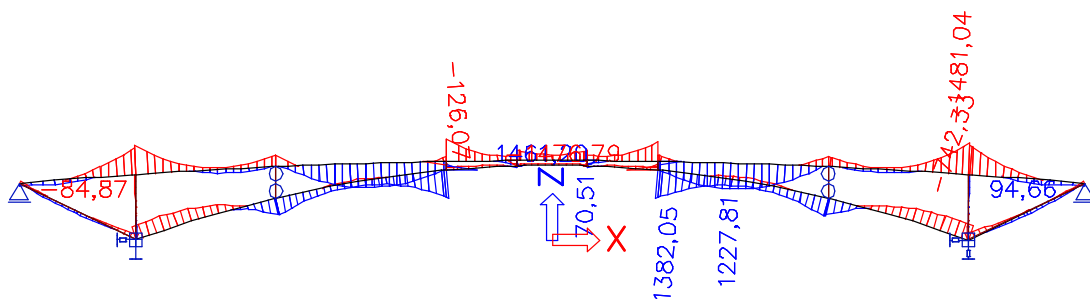
MSÚ – 6.10 – teplota



Obrázek 5.35 Obálka N – kombinace MSÚ 6.10 - Teplota

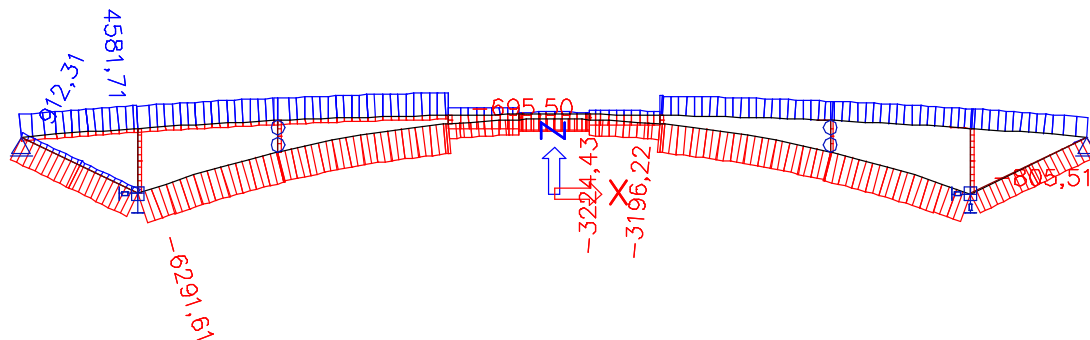


Obrázek 5.36 Obálka Vz – kombinace MSÚ 6.10 - Teplota

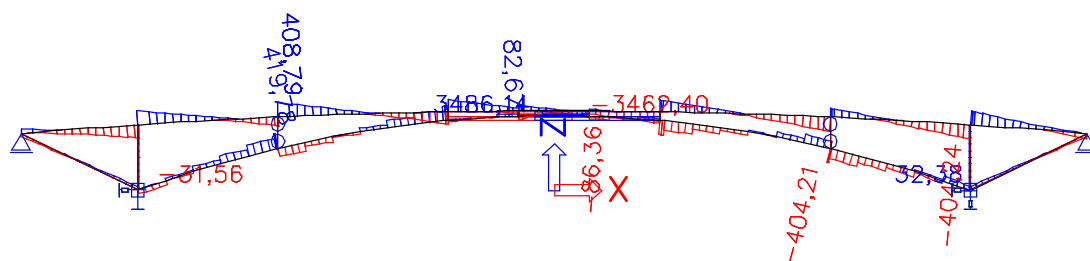


Obrázek 5.37 Obálka My – kombinace MSÚ 6.10 - Teplota

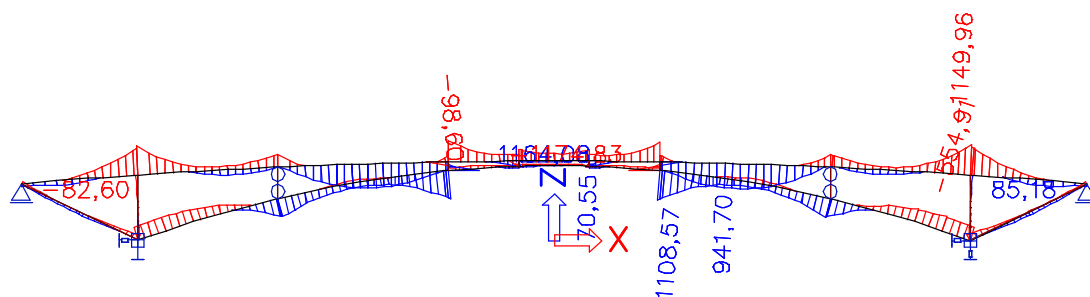
MSP – Charakteristická kombinace (6.14b) – Gr1



Obrázek 5.38 Obálka N – kombinace MSP 6.14b – Gr1



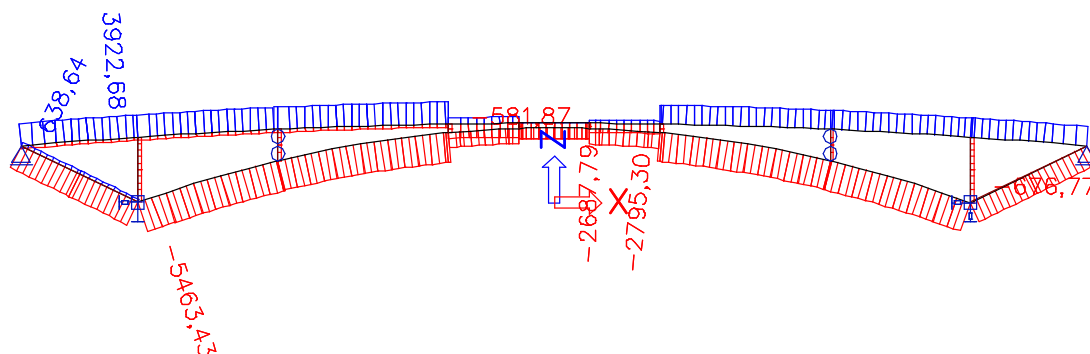
Obrázek 5.39 Obálka Vz – kombinace MSP 6.14b – Gr1



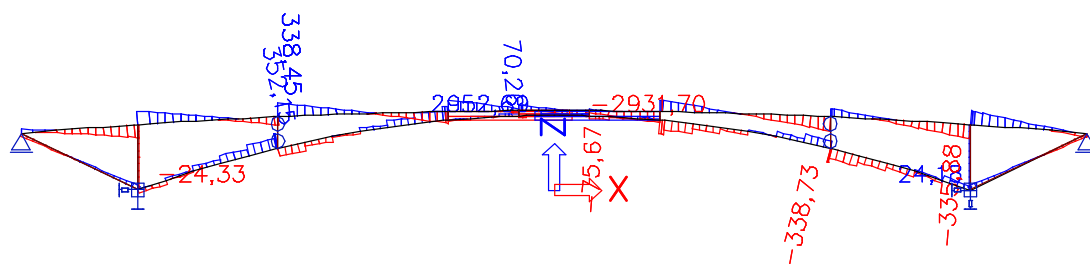
Obrázek 5.40 Obálka My – kombinace MSP 6.14b – Gr1



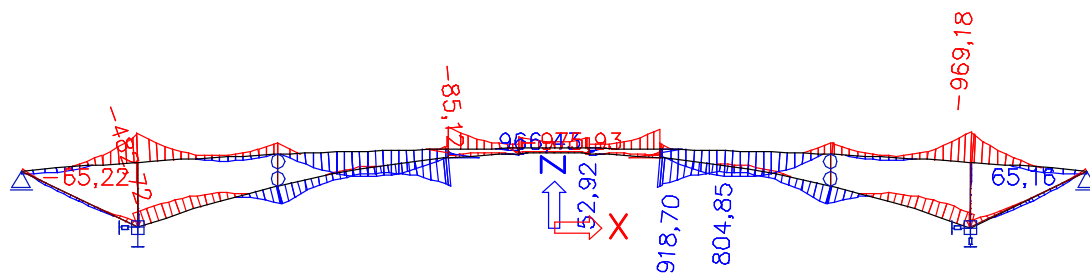
MSP – Častá kombinace (6.15b) – Gr1



Obrázek 5.41 Obálka N – kombinace MSP 6.15b – Gr1

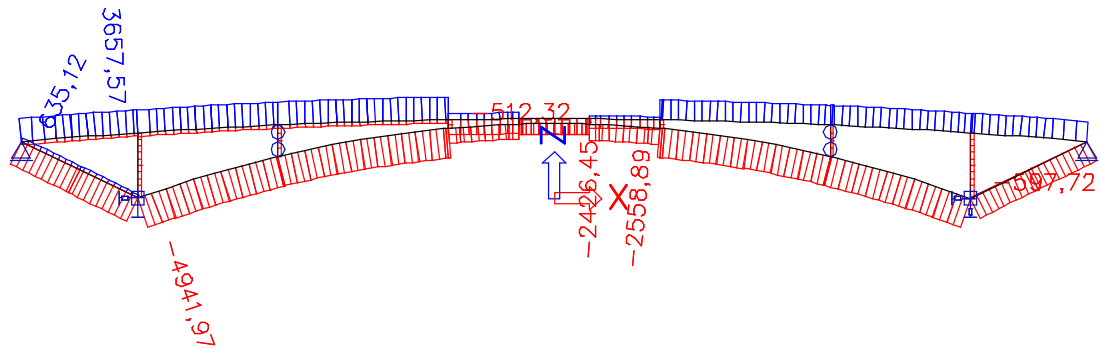


Obrázek 5.42 Obálka Vz – kombinace MSP 6.15b – Gr1

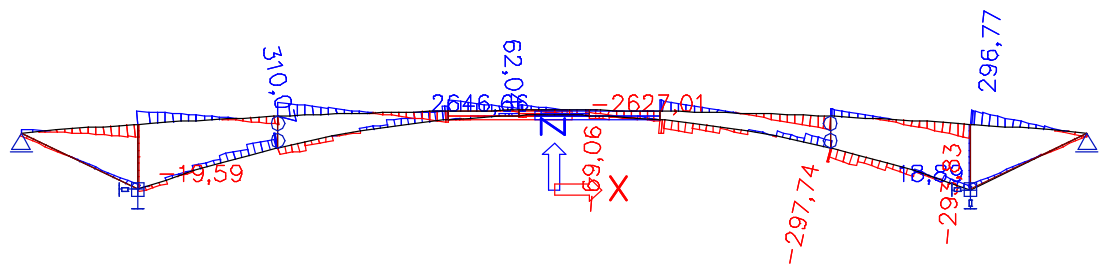


Obrázek 5.43 Obálka My – kombinace MSP 6.15b – Gr1

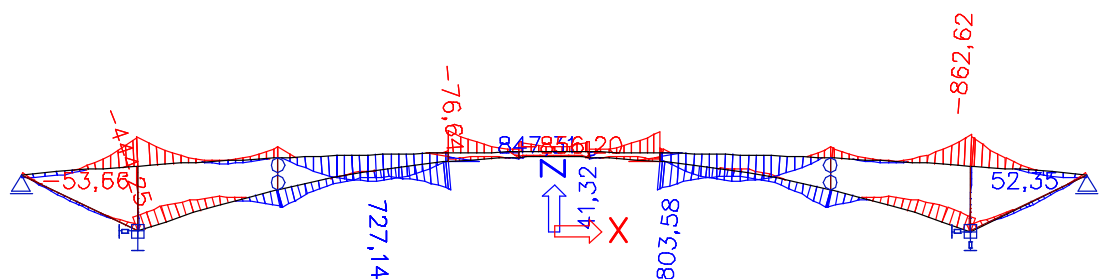
MSP – Kvazistálá kombinace (6.16b)



Obrázek 5.44 Obálka N – kombinace MSP 6.16b

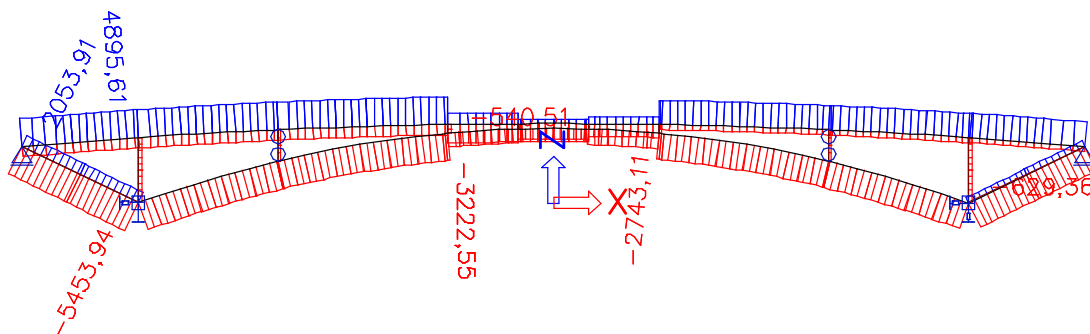


Obrázek 5.45 Obálka Vz – kombinace MSP 6.16b

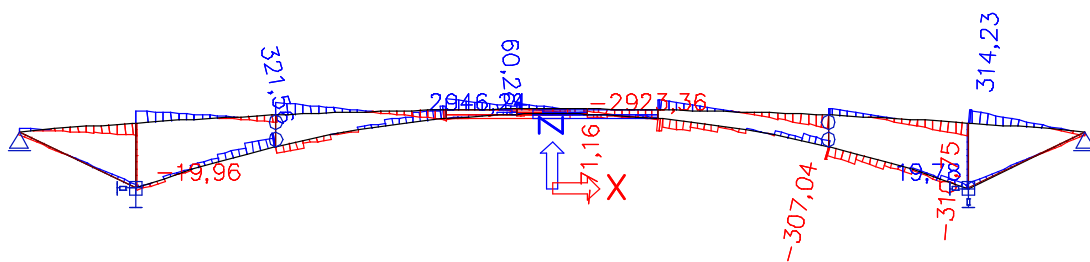


Obrázek 5.46 Obálka My – kombinace MSP 6.16b

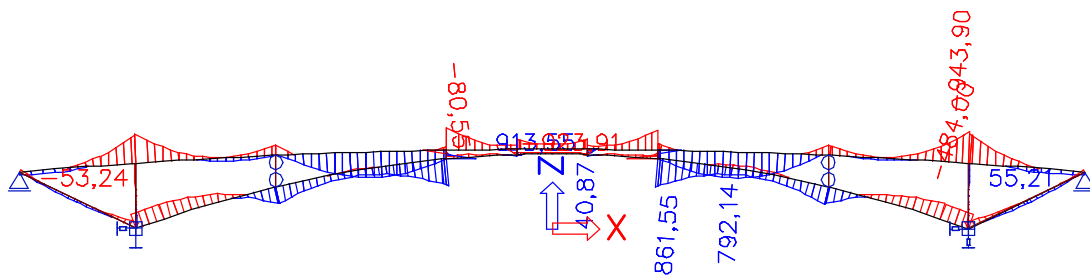
MSP – Charakteristická kombinace (6.14b) – čas vnesení předpětí



Obrázek 5.47 Obálka N – kombinace MSP 6.14b – čas VP

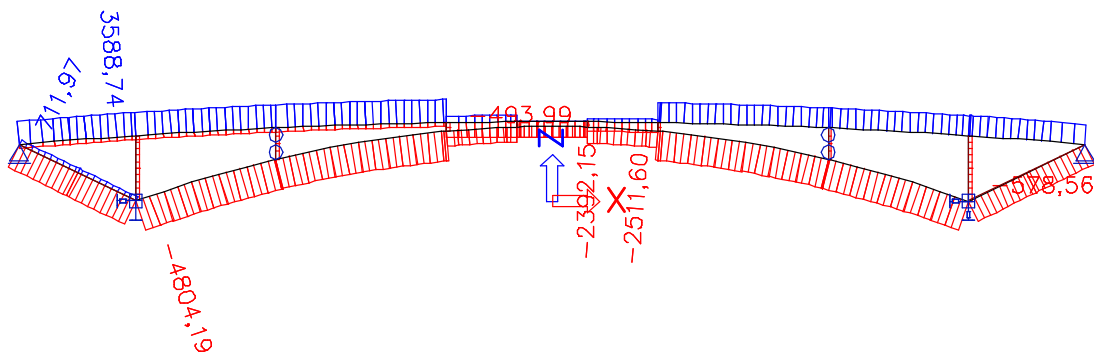


Obrázek 5.48 Obálka Vz – kombinace MSP 6.14b – čas VP

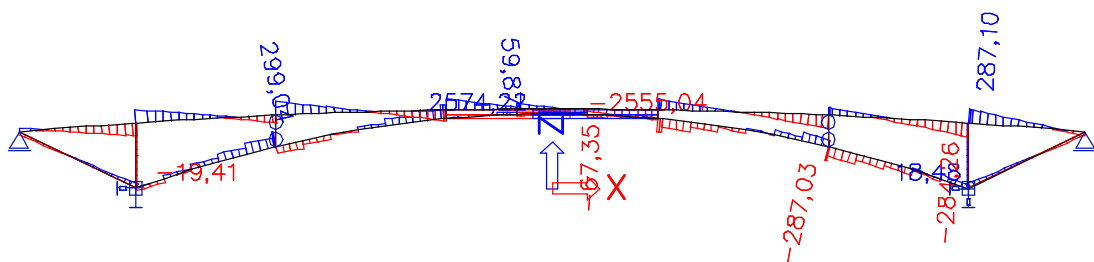


Obrázek 5.49 Obálka My – kombinace MSP 6.14b – čas VP

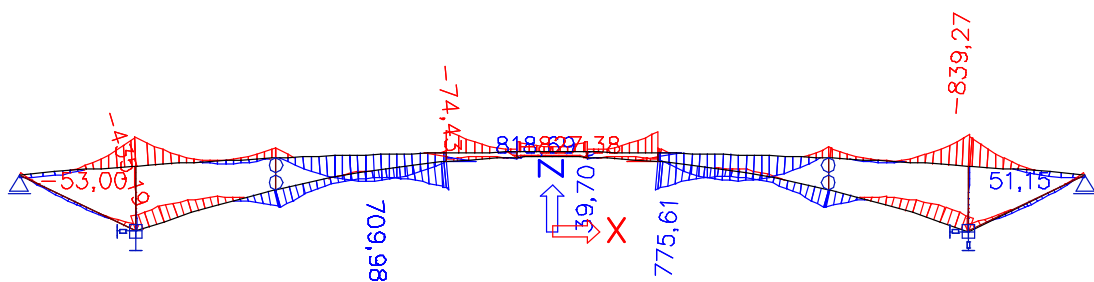
MSP – Častá kombinace (6.15b) a kvazistálá kombinace (6.16b) – čas vnesení předpětí



Obrázek 5.50 Obálka N – kombinace MSP 6.15b a 6.16b – čas VP



Obrázek 5.51 Obálka Vz – kombinace MSP 6.15b a 6.16b – čas VP



Obrázek 5.52 Obálka My – kombinace MSP 6.15b a 6.16b – čas VP



5.4. Shrnutí obálek kombinací

Obálky vnitřních sil jednotlivých kombinací byly spočítány pomocí programu softwaru SCIA Engineer. Hodnoty, které nejsou vyčísleny, nejsou důležité pro posouzení konstrukce v rámci bakalářské práce.

Normálová síla [kN]

Tabulka 5.1 Hodnoty obálky N jednotlivých kombinací

Průřez	6.10 - gr1		6.10 - teplota		Char. - gr1		Čas - gr1		Kvaz.	
	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
1	6371.400	-1078.970	7402.800	-2519.670	4545.290	-823.200	3886.110	-571.860	3620.930	-565.760
2	6303.520	-1134.630	7342.190	-2571.780	4495.350	-865.890	3844.280	-614.440	3584.170	-607.950
3	6321.340	-1117.690	7359.790	-2555.050	4508.520	-853.890	3857.110	-601.830	3596.800	-595.350
4	6329.800	-1126.510	7368.660	-2562.390	4514.790	-859.580	3863.720	-594.400	3603.620	-602.070
5	6306.630	-1113.530	7349.710	-2549.660	4497.790	-849.960	3851.150	-598.830	3593.850	-592.420
6	6309.180	-1109.510	7352.770	-2545.560	4499.690	-846.970	3853.500	-595.850	3596.490	-589.440
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Ohybový moment [kNm]

Tabulka 5.2 Hodnoty obálky My jednotlivých kombinací

Průřez	6.10 - gr1		6.10 - teplota		Char. - gr1		Čas - gr1		Kvaz.	
	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
1	227.780	-201.880	182.600	-166.120	172.920	-145.700	110.370	-87.820	100.300	-53.080
2	-550.380	-1558.230	-472.020	-1467.990	-400.050	-1140.300	-447.550	-959.520	-466.300	-852.950
3	210.660	-171.270	142.330	-113.140	156.610	-124.380	87.440	-60.960	43.440	-45.190
4	-23.080	-660.380	-30.590	-541.920	2.710	-485.820	-27.810	-371.130	-137.970	-303.330
5	1275.040	487.770	1140.870	523.300	909.090	432.900	796.210	371.070	718.390	460.290
6	366.160	-328.850	385.430	-321.660	288.080	-210.260	198.240	-175.420	165.440	-134.140
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Normálová síla [kN] – VP

Tabulka 5.3 Hodnoty obálky N jednotlivých kombinací – čas VP

Průřez	Char. - gr1		Čas - gr1		Kvaz.	
	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
1	4859.050	-1.817	3.552	-0.605	3.552	-0.605
2	4821.230	-1.856	3.517	-0.647	3.517	-0.647
3	4.834	-1.843	3.529	-0.634	3.529	-0.634
4	4.841	-1.848	3.536	-0.640	3.536	-0.640
5	4.831	-1.838	3.527	-0.631	3.527	-0.631
6	4.833	-1.835	3.530	-0.628	3.530	-0.628
7	-	-	-	-	-	-

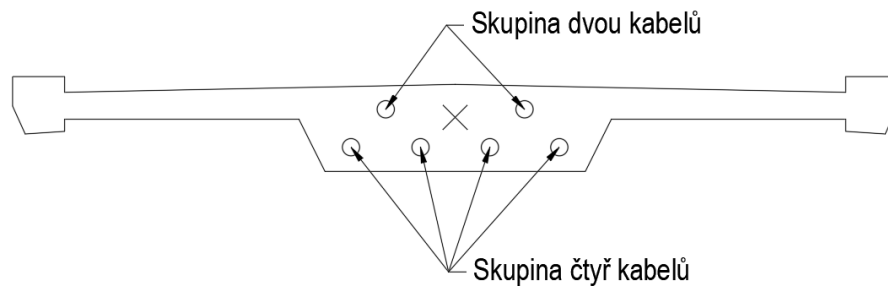
Ohybový moment [kNm] – VP

Tabulka 5.4 Hodnoty obálky My jednotlivých kombinací – čas VP

Průřez	Char. - gr1		Čas - gr1		Kvaz.	
	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
1	98.040	-82.810	71.330	-53.980	71.330	-53.980
2	-934.230	-346.020	-442.950	-829.600	-442.950	-829.600
3	59.640	-40.990	42.320	-22.290	42.320	-22.290
4	-7.380	-307.860	-126.840	-292.200	-126.840	-292.200
5	781.270	273.240	695.720	352.510	695.720	352.510
6	258.290	-107.990	218.190	-70.840	218.190	-70.840
7	-	-	-	-	-	-

6. Návrh předpětí

Návrh: 6 kabelů po 12 lanech Y1860S7-15,7 mm



Obrázek 6.1 Schéma umístění kabelů v řezu 1

Maximální napětí při napínání

$$\sigma_{p,max} = \min(0,8 \cdot f_{pk}; 0,9 \cdot f_{p0,1k}) = \min(1488; 1473,1) = 1473,10 \text{ MPa} = \sigma_{p,in}$$

Maximální napětí po vnesení předpětí

$$\sigma_{pm0} = \min(0,75 \cdot f_{pk}; 0,85 \cdot f_{p0,1k}) = \min(1395; 1391,3) = 1391,30 \text{ MPa}$$

6.1. Konstrukční zásady

6.1.1. Vzdálenost kabelových kanálků

<u>Vodorovná</u>	$\geq 50 \text{ mm}$	
	$\geq \emptyset$	=> 60 mm
	$\geq d_g + 5 \text{ mm}$	
<u>Svislá</u>	$\geq 40 \text{ mm}$	
	$\geq \emptyset$	=> 60 mm

6.2. Ztráty předpětí

6.2.1. Krátkodobé ztráty

Krátkodobé ztráty se počítají automaticky v programu SCIA Engineer.

Krátkodobé ztráty jsou vyčísleny v Příloze 1.



6.2.2. Dlouhodobé ztráty

Dle normy ČSN EN 1992-1-1 [2] se pro výpočet ztrát použijí následující vzorce.

Ztráta dlouhodobou relaxací předpínací výztuže

$$\begin{aligned}\Delta\sigma_{p,r,t=36500d} &= -0,66 \cdot \rho_{1000} \cdot e^{9,1\mu} \left(\frac{t}{1000}\right)^{0,75(1-\mu)} \cdot 10^{-5} \cdot \sigma_{pi} \\ &= -0,66 \cdot 2,5 \cdot e^{9,1 \cdot 0,79} \cdot \left(\frac{876000}{1000}\right)^{0,75 \cdot (1-0,79)} \cdot 10^{-5} \cdot (1473,12 \\ &\quad - 17,13) = -93,2 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Časově závislé ztráty předpětí při napínání

Dlouhodobé ztráty jsou ve výpočtu zjednodušeně uvažovány jako 10 % z napětí v kabelech po krátkodobých ztrátách. Tímto výpočtem dojde jen k ověření, zda ztráty nejsou vyšší.

Dlouhodobé ztráty budou spočítány jen pro průřez č. 1, kde dochází k největšímu tlakovému napětí od skupiny se čtyřmi předpínacími kabely a pro průřez č. 2, kde dochází k největšímu tlakovému napětí od skupiny se dvěma předpínacími kabely.

Dlouhodobé ztráty skupiny se 2 předpínacími kabely:

$$\begin{aligned}\Delta\sigma_{p,c+s+r,2} &= \frac{\varepsilon_{cs} E_p + 0,8 \Delta\sigma_{pr} + \frac{E_p}{E_{cm}} \varphi(t, t_0) \sigma_{c,QP}}{1 + \frac{E_p}{E_{cm}} \frac{A_p}{A_c} \left(1 + \frac{A_c}{I_c} z_{cp}^2\right) [1 + 0,8 \varphi(t, t_0)]} \\ &= \frac{3,6 \cdot 10^{-4} \cdot 195000 + 0,8 \cdot 17,13 + \frac{195000}{35000} \cdot 1,5 \cdot 3,89}{1 + \frac{195000 \cdot 3600}{35000 \cdot 1,48 \cdot 10^6} \cdot \left(1 + \frac{1,48 \cdot 10^6}{2,55 \cdot 10^{10}} \cdot 181^2\right) \cdot (1 + 0,8 \cdot 1,5)} \\ &= 107,32 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Napětí ve skupině se 2 předpínacími kabely po krátkodobých ztrátách: $\sigma_{p2} = 1266,3 \text{ MPa}$

$$\frac{\Delta\sigma_{p,c+s+r,2}}{\sigma_{p2}} = \frac{107,32}{1266,3} = 8,45 \% < 10 \%$$

VYHOVUJE

Dlouhodobé ztráty skupiny se 4 předpínacími kabely:

$$\begin{aligned} \Delta\sigma_{p,c+s+r,4} &= \frac{\varepsilon_{cs}E_p + 0,8\Delta\sigma_{pr} + \frac{E_p}{E_{cm}}\varphi(t, t_0)\sigma_{c,QP}}{1 + \frac{E_p}{E_{cm}}\frac{A_p}{A_c}\left(1 + \frac{A_c}{I_c}z_{cp}^2\right)[1 + 0,8\varphi(t, t_0)]} \\ &= \frac{3,6 \cdot 10^{-4} \cdot 195000 + 0,8 \cdot 17,13 + \frac{195000}{35000} \cdot 1,5 \cdot 8,39}{1 + \frac{195000 \cdot 7200}{35000 \cdot 1,48 \cdot 10^6} \cdot \left(1 + \frac{1,48 \cdot 10^6}{2,55 \cdot 10^{10}} \cdot 173^2\right) \cdot (1 + 0,8 \cdot 1,5)} \\ &= 132,59 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Napětí ve skupině se 2 předpínacími kabely po krátkodobých ztrátách: $\sigma_{p4} = 1210,02 \text{ MPa}$

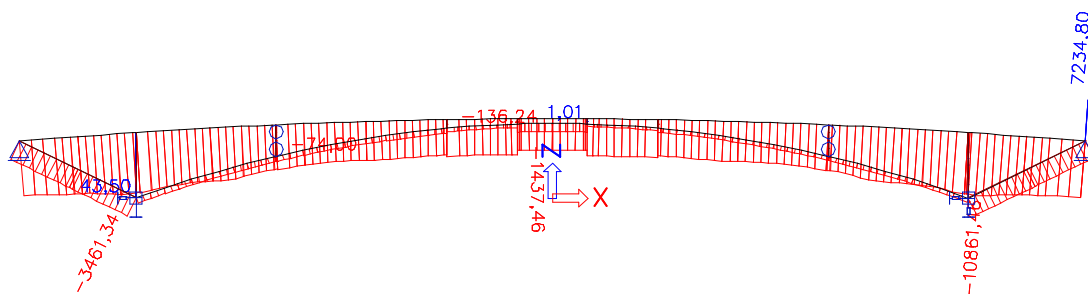
$$\frac{\Delta\sigma_{p,c+s+r,4}}{\sigma_{p4}} = \frac{132,59}{1210,02} = 10,9\% > 10\%$$

NEVYHOVUJE

Jelikož jsou ztráty u skupiny se 2 kabely 8,45 % a u skupiny se 4 kabely 10,9 %, tedy jen o 0,9 % větší, než se předpokládalo, dále se ve výpočtu dlouhodobé ztráty předpokládají zjednodušeně hodnotou 10 %.

6.3. Vnitřní síly od předpětí

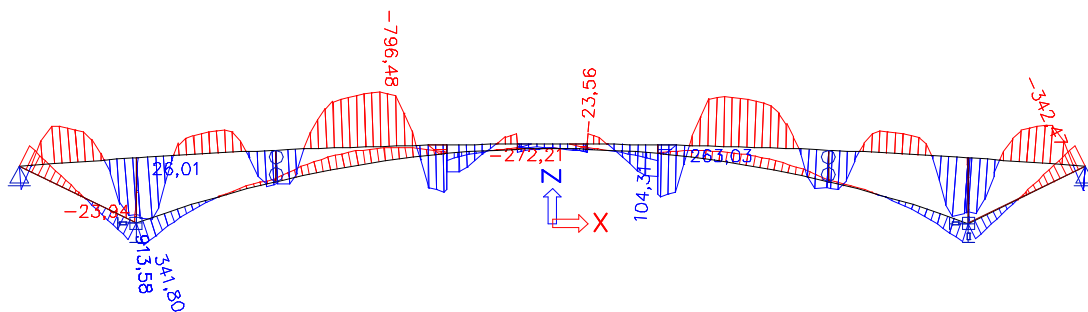
Normálová síla [MN]



Obrázek 6.2 Průběh N – Zatížení předpětím

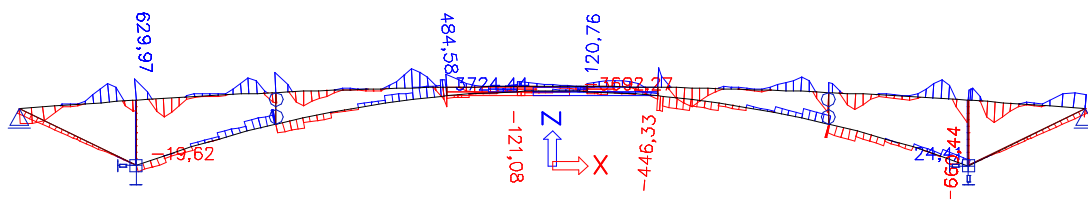


Ohybový moment [MNm]



Obrázek 6.3 Průběh M_y – Zatížení předpětím

Obálka charakteristické kombinace pro posouvající sílu – gr1 (včetně předpětí)



Obrázek 6.4 Průběh V_z – obálka kombinace 6.14b i s uvážením předpětí

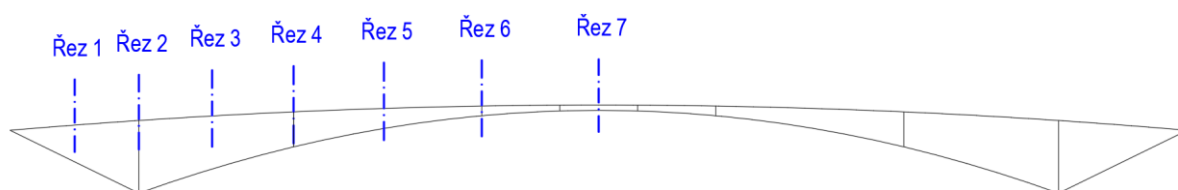


7. Posouzení návrhu v mezním stavu použitelnosti

7.1. Mostovka

7.1.1. Omezení napětí

Posouzení bude provedeno celkem pro sedm průřezů. Jedná se o tři průřezy vždy v polovině rozpětí pole, o tři průřezy nad podporami (nad dvěma stojkami a jeden nad vetknutím oblouku do mostovky) a jeden průřez ve středu rozpětí lávky. Poloha řezů je zobrazena na obrázku 7.1.



Obrázek 7.1 Schéma umístění jednotlivých řezů na mostovce

Výpočet napětí na horních a dolních vláknech bude proveden dle následujících vztahů:

$$\sigma_{c,i,0}^h = \frac{N_{p,0}}{A_c} + \frac{N_{f,i}}{A_c} + \frac{M_{f,i}}{W_h} + \frac{M_{p,0}}{W_h}$$
$$\sigma_{c,i,0}^d = \frac{N_{p,0}}{A_c} + \frac{N_{f,i}}{A_c} + \frac{M_{f,i}}{W_d} + \frac{M_{p,0}}{W_d}$$

Kde:	$N_{p,0}$	Normálová síla od předpětí
	$N_{f,i}$	Normálová síla v i -tém průřezu od zatížení
	A_c	Plocha průřezu mostovky
	$M_{p,0}$	Moment od předpětí
	$M_{f,i}$	Moment v i -tém průřezu od zatížení
	W_h	Průřezový modul horních vláken
	W_d	Průřezový modul dolních vláken

Posudek bude proveden v čase:

- Vnesení předpětí
- Po uvedení do provozu
- Na konci životnosti



Napětí v betonu

Tlakové napětí v betonu je nutné omezit tak, aby se zabránilo vzniku podélných trhlin, rozvoji mikrotrhlin nebo nadměrnému dotvarování.

Podélné trhliny mohou vznikat, když úroveň napětí betonu překročí určitou kritickou hodnotu. Pro výpočet se má tlakové napětí v betonu při charakteristické kombinaci zatížení omezit na hodnotu $0,6 \cdot f_{ck}$ a při stáří betonu $t < 28$ dní na hodnotu $0,6 \cdot f_{ck}(t)$ [8]. Pro posouzení navrhované konstrukce se uvažují následující hodnoty:

$$\begin{aligned}\sigma_c &\leq 0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 40 = 24,00 \text{ MPa} \\ \sigma_c &\leq 0,6 \cdot f_{ck}(20) = 0,6 \cdot 38,27 = 22,96 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Aby byla splněna podmínka dekomprese, nesmí v konstrukci vznikat tahová napětí při časté kombinaci.

$$\sigma_c \leq 0 \text{ MPa}$$

Další omezení se vztahuje ke kvazistálé kombinaci, a to aby bylo možné počítat s lineárním dotvarováním, normálové napětí v betonu při kvazistálé kombinaci musí být omezenou hodnotou $0,45 \cdot f_{ck}$ a při stáří betonu $t < 28$ dní hodnotou $0,45 \cdot f_{ck}(t)$ [8]. Pro posouzení navrhované konstrukce se uvažují následující hodnoty:

$$\begin{aligned}\sigma_c &\leq 0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 40 = 18,00 \text{ MPa} \\ \sigma_c &\leq 0,45 \cdot f_{ck}(20) = 0,45 \cdot 38,27 = 17,22 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Napětí v betonářské výztuži

Napětí v betonářské výztuži se omezuje tak, aby se zabránilo vzniku nepružných poměrných přetvoření a nepříjemných deformací [8]. Napětí proto nesmí při charakteristické kombinaci zatížení překročit následující hodnotu:

$$\sigma_s \leq 0,80 \cdot f_{yk} = 0,80 \cdot 500 = 400,00 \text{ MPa}$$



Charakteristická kombinace

Tabulka 7.1 Hodnoty normálových napětí v jednotlivých řezech mostovky – Charakteristická kombinace

průřez	čas	vlákno	A_c	W_y/W_d	N_D	M_D	N_{char}	M_{char}	σ_n	σ_{lm}	STAV
			[m ²]	[m ³]	[MN]	[MNm]	[MN]	[MNm]	[MPa]	[MPa]	
1	VP	h	1.477	-0.135	-10.461	-0.498	4.859	-0.025	0.083	-	-
		d		0.082					-10.151	-22.964	OK
	UP	h	1.477	-0.135	-9.938	-0.474	4.546	-0.060	0.314	-	-
		d		0.082					-10.155	-24.000	OK
	KZ	h	1.477	-0.135	-8.944	-0.427	4.546	-0.060	0.635	-	-
		d		0.082					-8.905	-24.000	OK
2	VP	h	1.477	-0.135	-11.533	0.931	4.821	-0.797	-5.541	-22.964	OK
		d		0.082					-2.913	-22.964	OK
	UP	h	1.477	-0.135	-10.583	0.887	4.553	-0.917	-3.865	-24.000	OK
		d		0.082					-4.443	-24.000	OK
	KZ	h	1.477	-0.135	-9.525	0.798	4.553	-0.917	-2.491	-24.000	OK
		d		0.082					-4.805	-24.000	OK
3	VP	h	1.477	-0.135	-9.770	-0.328	4.834	-0.041	-0.604	-22.964	OK
		d		0.082					-7.835	-22.964	OK
	UP	h	1.477	-0.135	-9.282	-0.313	4.509	0.001	-0.922	-24.000	OK
		d		0.082					-7.021	-24.000	OK
	KZ	h	1.477	-0.135	-8.353	-0.281	4.509	0.001	-0.525	-24.000	OK
		d		0.082					-6.012	-24.000	OK
4	VP	h	1.477	-0.135	-8.804	0.518	4.841	-0.308	-4.241	-22.964	OK
		d		0.082					-0.130	-22.964	OK
	UP	h	1.477	-0.135	-7.854	0.493	4.515	-0.440	-2.658	-24.000	OK
		d		0.082					-1.610	-24.000	OK
	KZ	h	1.477	-0.135	-7.068	0.444	4.515	-0.440	-1.761	-24.000	OK
		d		0.082					-1.678	-24.000	OK
5	VP	h	1.477	-0.135	-7.741	-0.813	4.831	0.614	-0.493	-22.964	OK
		d		0.082					-4.395	-22.964	OK
	UP	h	1.477	-0.135	-6.791	-0.774	4.498	0.748	-1.359	-24.000	OK
		d		0.082					-1.871	-24.000	OK
	KZ	h	1.477	-0.135	-6.112	-0.697	4.498	0.748	-1.473	-24.000	OK
		d		0.082					-0.469	-24.000	OK
6	VP	h	1.477	-0.135	-7.049	0.692	4.833	-0.046	-6.285	-22.964	OK
		d		0.082					6.346	-	-
	UP	h	1.477	-0.135	-6.099	0.659	4.500	-0.051	-5.591	-24.000	OK
		d		0.082					6.311	-	-
	KZ	h	1.477	-0.135	-5.489	0.593	4.500	-0.051	-4.690	-24.000	OK
		d		0.082					5.923	-	-
7	VP	h	1.881	-0.302	-7.827	-0.151	0.111	0.080	-3.869	-22.964	OK
		d		0.182					-4.490	-22.964	OK
	UP	h	1.881	-0.302	-6.877	-0.144	-1.426	0.076	-4.189	-24.000	OK
		d		0.182					-4.790	-24.000	OK
	KZ	h	1.881	-0.302	-6.189	-0.129	-1.426	0.076	-3.871	-24.000	OK
		d		0.182					-4.345	-24.000	OK



Častá kombinace

Tabulka 7.2 Hodnoty normálových napětí v jednotlivých řezech mostovky – Častá kombinace

průřez	čas	vlákno	A_c	W_y/W_d	N_p	M_p	N_{cas}	M_{cas}	σ_n	σ_{im}	STAV
			[m ²]	[m ³]	[MN]	[MNm]	[MN]	[MNm]	[MPa]	[MPa]	
1	VP	h	1.477	-0.135	-10.888	-0.498	3.552	-0.005	-1.235	0.000	OK
		d		0.082					-11.089	0.000	OK
	UP	h	1.477	-0.135	-9.938	-0.474	3.886	-0.025	-0.396	0.000	OK
		d		0.082					-10.170	0.000	OK
	KZ	h	1.477	-0.135	-8.944	-0.427	3.886	-0.025	-0.074	0.000	OK
		d		0.082					-8.920	0.000	OK
2	VP	h	1.477	-0.135	-11.533	0.931	3.517	-0.715	-7.035	0.000	OK
		d		0.082					-2.795	0.000	OK
	UP	h	1.477	-0.135	-10.583	0.887	3.960	-0.818	-4.998	0.000	OK
		d		0.082					-3.646	0.000	OK
	KZ	h	1.477	-0.135	-9.525	0.798	3.960	-0.818	-3.623	0.000	OK
		d		0.082					-4.008	0.000	OK
3	VP	h	1.477	-0.135	-10.232	-0.328	3.529	-0.022	-1.938	0.000	OK
		d		0.082					-8.803	0.000	OK
	UP	h	1.477	-0.135	-9.282	-0.313	3.973	-0.015	-1.168	0.000	OK
		d		0.082					-7.575	0.000	OK
	KZ	h	1.477	-0.135	-8.353	-0.281	3.973	-0.015	-0.772	0.000	OK
		d		0.082					-6.566	0.000	OK
4	VP	h	1.477	-0.135	-8.804	0.518	3.536	-0.283	-5.308	0.000	OK
		d		0.082					-0.713	0.000	OK
	UP	h	1.477	-0.135	-7.854	0.493	3.980	-0.351	-3.682	0.000	OK
		d		0.082					-0.889	0.000	OK
	KZ	h	1.477	-0.135	-7.068	0.444	3.980	-0.351	-2.784	0.000	OK
		d		0.082					-0.957	0.000	OK
5	VP	h	1.477	-0.135	-7.741	-0.813	3.527	0.555	-0.943	0.000	OK
		d		0.082					-5.986	0.000	OK
	UP	h	1.477	-0.135	-6.791	-0.774	3.967	0.659	-1.060	0.000	OK
		d		0.082					-3.311	0.000	OK
	KZ	h	1.477	-0.135	-6.112	-0.697	3.967	0.659	-1.174	0.000	OK
		d		0.082					-1.910	0.000	OK
6	VP	h	1.477	-0.135	-7.049	0.692	3.530	0.006	-7.560	0.000	OK
		d		0.082					6.107	0.000	-
	UP	h	1.477	-0.135	-6.099	0.659	3.854	-0.023	-6.232	0.000	OK
		d		0.082					6.206	0.000	-
	KZ	h	1.477	-0.135	-5.489	0.593	3.854	-0.023	-5.331	0.000	OK
		d		0.082					5.818	0.000	-
7	VP	h	1.881	-0.302	-7.827	-0.151	-1.599	0.192	-5.146	0.000	OK
		d		0.182					-4.788	0.000	OK
	UP	h	1.881	-0.302	-6.877	-0.144	-1.280	0.066	-4.079	0.000	OK
		d		0.182					-4.764	0.000	OK
	KZ	h	1.881	-0.302	-6.189	-0.129	-1.280	0.066	-3.761	0.000	OK
		d		0.182					-4.320	0.000	OK



Kvazistálá kombinace

Tabulka 7.3 Hodnoty normálových napětí v jednotlivých řezech mostovky – Kvazistálá kombinace

průřez	čas	vlákno	A_c	W_o/W_d	N_D	M_D	N_{kvaz}	M_{kvaz}	σ_n	σ_{im}	STAV
			[m ²]	[m ³]	[MN]	[MNm]	[MN]	[MNm]	[MPa]	[MPa]	
1	VP	h	1.477	-0.135	-10.888	-0.498	3.552	-0.005	-1.235	-17.223	OK
		d		0.082					-11.089	-17.223	OK
	UP	h	1.477	-0.135	-9.938	-0.474	3.621	-0.003	-0.736	-18.000	OK
		d		0.082					-10.086	-18.000	OK
	KZ	h	1.477	-0.135	-8.944	-0.427	3.621	-0.003	-0.415	-18.000	OK
		d		0.082					-8.836	-18.000	OK
2	VP	h	1.477	-0.135	-11.533	0.931	3.517	-0.715	-7.035	-17.223	OK
		d		0.082					-2.795	-17.223	OK
	UP	h	1.477	-0.135	-10.583	0.887	3.584	-0.735	-5.865	-18.000	OK
		d		0.082					-2.896	-18.000	OK
	KZ	h	1.477	-0.135	-9.525	0.798	3.584	-0.735	-4.490	-18.000	OK
		d		0.082					-3.258	-18.000	OK
3	VP	h	1.477	-0.135	-10.232	-0.328	3.529	-0.022	-1.938	-17.223	OK
		d		0.082					-8.803	-17.223	OK
	UP	h	1.477	-0.135	-9.282	-0.313	3.597	-0.021	-1.374	-18.000	OK
		d		0.082					-7.910	-18.000	OK
	KZ	h	1.477	-0.135	-8.353	-0.281	3.597	-0.021	-0.977	-18.000	OK
		d		0.082					-6.902	-18.000	OK
4	VP	h	1.477	-0.135	-8.804	0.518	3.536	-0.283	-5.308	-17.223	OK
		d		0.082					-0.713	-17.223	OK
	UP	h	1.477	-0.135	-7.854	0.493	3.604	-0.298	-4.326	-18.000	OK
		d		0.082					-0.504	-18.000	OK
	KZ	h	1.477	-0.135	-7.068	0.444	3.604	-0.298	-3.428	-18.000	OK
		d		0.082					-0.572	-18.000	OK
5	VP	h	1.477	-0.135	-7.741	-0.813	3.527	0.555	-0.943	-17.223	OK
		d		0.082					-5.986	-17.223	OK
	UP	h	1.477	-0.135	-6.791	-0.774	3.594	0.573	-0.670	-18.000	OK
		d		0.082					-4.617	-18.000	OK
	KZ	h	1.477	-0.135	-6.112	-0.697	3.594	0.573	-0.784	-18.000	OK
		d		0.082					-3.216	-18.000	OK
6	VP	h	1.477	-0.135	-7.049	0.692	3.530	0.006	-7.560	-17.223	OK
		d		0.082					6.107	-	-
	UP	h	1.477	-0.135	-6.099	0.659	3.596	0.000	-6.581	-18.000	OK
		d		0.082					6.320	-	-
	KZ	h	1.477	-0.135	-5.489	0.593	3.596	0.000	-5.680	-18.000	OK
		d		0.082					5.932	-	-
7	VP	h	1.881	-0.302	-7.827	-0.151	-1.599	0.192	-5.146	-17.223	OK
		d		0.182					-4.788	-17.223	OK
	UP	h	1.881	-0.302	-6.877	-0.144	-1.039	0.062	-3.938	-18.000	OK
		d		0.182					-4.658	-18.000	OK
	KZ	h	1.881	-0.302	-6.189	-0.129	-1.039	0.062	-3.620	-18.000	OK
		d		0.182					-4.213	-18.000	OK



7.1.2. Ověření dekomprese

Jelikož v časté kombinaci v průřezech čísla 1, 2, 3, 4, 5 a 7 nevzniká tah, požadavek na dekompresi je splněn.

Průřez číslo 6 je průřez, kde se stýká mostovka se střední částí oblouku. V tomto průřezu vzniká špička ohybového momentu, která by se dala případně redukovat k líci konstrukce. Tahová napětí vznikají v dolních vláknech. Předpínací kabely jsou v horní části průřezu a leží v tlačené zóně průřezu. Tahová napětí v tomto průřezu budou vykryta betonářskou výztuží stanovenou na omezení šířky trhlin. V podrobném statickém výpočtu by bylo třeba tuto část modelovat přesněji.

7.1.3. Omezení trhlin

Jelikož je splněn požadavek na dekompresi při časté kombinaci zatížení v průřezech číslo 1, 2, 3, 4, 5 a 7, vzniku trhlin na konstrukci je zabráněno.

V průřezu číslo 6 by byla potřeba navrhnout výztuž na omezení šířky trhlin.

7.1.4. Ověření hlavních napětí

Ověření hlavních napětí v předpjatých prvcích se provádí pro omezení vzniku smykových trhlin. Pro zjednodušení bude zanedbán vliv betonářské výztuže a zároveň budou ověřeny velikosti hlavních napětí, tzn. vypočtené tahové hodnoty hlavního napětí budou porovnány s hodnotou $f_{ctb,min}$ stanovenou dle následujícího vztahu: [8]

$$f_{ctb,min} = \left(1 - 0,8 \frac{\sigma_3}{f_{ck}}\right) \cdot f_{ctk,0,05} = \left(1 - 0,8 \frac{21}{40}\right) \cdot 2,5 = 1,30 \text{ MPa}$$

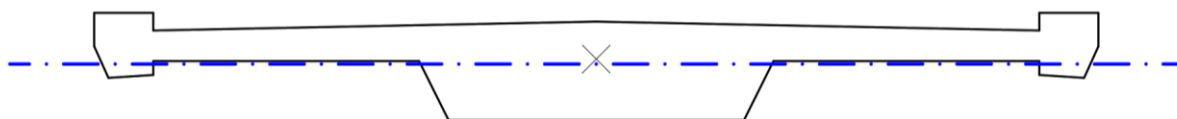
Kde: σ_3 větší hlavní napětí v tlaku, dosazené kladnou hodnotou, $\sigma_3 = 0,6 \cdot f_{ck}$
 $f_{ctk,0,05}$ pevnost betonu v tahu dolní kvantil
 $f_{ctb,min}$ pevnost v betonu v tahu před vznikem trhlin při dvouosé napjatosti

Za předpokladu, kdy vypočtené hodnoty σ_1 (tahové hodnoty hlavního napětí) budou menší než hodnota $f_{ctb,min}$, konstrukce vyhoví. V takovém případě se trhliny vlivem hlavních napětí nebudou rozvíjet a dostatečným řešením bude návrh výztuže dle konstrukčních zásad (a dle minimální požadované plochy dle článku 7.3.2 normy ČSN EN 1992-2 [9]).

$$\sigma_1 < f_{ctb,min}$$



Posouzení hlavního napětí bude provedeno pro průřezy 2 a 4 v místě přechodu desky mostovky na trám mostovky viz. Obrázek 7.2. Tyto nadpodporové průřezy byly vybrány z důvodu působení největší posouvající síly na nejmenší průřez.



Obrázek 7.2 Schéma posuzovaného řezu na průřezu mostovky

Napětí v hlavním tahu lze stanovit dle následujícího zjednodušeného vztahu. Uvažuje se jen napětí v normálovém směru.

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_n}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_n}{2}\right)^2 + \tau_z^2}$$

Kde: $\sigma_{1,2}$ *napětí v hlavním tahu*
 σ_n *normálové napětí*
 τ_z *smykové napětí od posouvající síly*

Normálové napětí je již stanoveno pro jednotlivé průřezy v kapitole 6.1.1. Smykové napětí se stanoví podle následujícího vztahu.

$$\tau_z = \frac{V_{z,i} \cdot S_z}{b_w \cdot I_y}$$

Kde: τ_z *smykové napětí*
 V_z *posouvající síla v i-tého průřezu*
 S_z *statický moment části průřezu nad posuzovanými vlákny k těžišťové ose*
 b_w *šířka průřezu v místě hledaného napětí*
 I_y *moment setrvačnosti celého průřezu*



Tabulka 7.4 Hodnoty hlavních napětí – Charakteristická kombinace

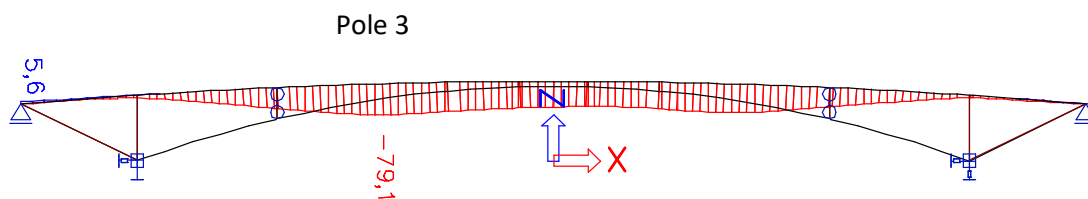
Průřez	b_w	z	A	S_z	V_z	I_y	σ_n	τ_z	σ_1	σ_2	$f_{ctb,min}$	STAV
	[m]	[m]	[m ²]	[m ³]	[kN]	[m ⁴]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	
2	1.800	0.079	0.982	0.077	923.500	0.026	-4.096	1.554	0.523	-4.619	1.300	OK
4	1.800	0.079	0.982	0.077	921.850	0.026	-2.239	1.551	0.793	-3.032	1.300	OK

Dle výše uvedené tabulky je zřejmé, že tahové hlavní napětí je v obou průřezech menší než hodnota $f_{ctb,min}$. Z tohoto důvodu postačí navrhnout smykovou výztuž jen dle konstrukčních zásad.

vznik smykových trhlin se NEPŘEDPOKLÁDÁ

VYHOVUJE

7.1.5. Ověření průhybu



Obrázek 7.3 Průběh průhybu ve směru osy z na konstrukci

Průhyb na celé konstrukci

$$u_z \leq \frac{L}{600} = \frac{68500}{600} = 114,17 \text{ mm}$$

$$79,10 \text{ mm} < 114,17 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

Průhyb v poli 3

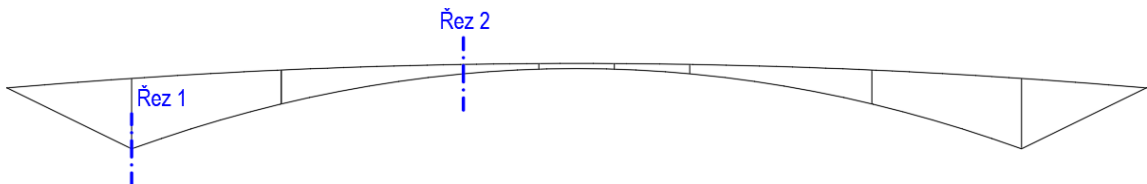
$$u_z \leq \frac{L}{600} = \frac{10950}{600} = 18,25 \text{ mm}$$

$$10,35 \text{ mm} < 18,25 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

7.2. Oblouk

Posudek bude proveden pro charakteristickou kombinaci zatížení pro dva nejvíce namáhané průřezy, které jsou znázorněny na obrázku 7.4.



Obrázek 7.4 Schéma umístění jednotlivých řezů na oblouku

Výpočet napětí na horních a dolních vláknech bude proveden dle následujících vztahů:

$$\sigma_{c,i,0}^h = \frac{N_{p,0}}{A_c} + \frac{N_{f,i}}{A_c} + \frac{M_{f,i}}{W_h} + \frac{M_{p,0}}{W_h}$$

$$\sigma_{c,i,0}^d = \frac{N_{p,0}}{A_c} + \frac{N_{f,i}}{A_c} + \frac{M_{f,i}}{W_d} + \frac{M_{p,0}}{W_d}$$

Tlakové napětí v betonu se omezí na následující hodnoty:

$$\sigma_c \leq 0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 35 = 21,00 \text{ MPa}$$

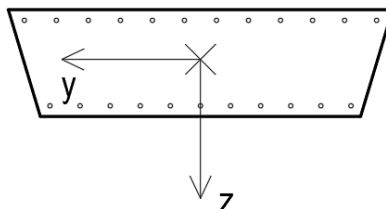
$$\sigma_c \leq 0,6 \cdot f_{ck}(7) = 0,6 \cdot 27,21 = 16,32 \text{ MPa}$$

Napětí v betonářské výztuži se omezí na následující hodnotu:

$$\sigma_s \leq 0,80 \cdot f_{yk} = 0,80 \cdot 500 = 400,00 \text{ MPa}$$



Průřezové charakteristiky byly přepočítány pro vyztužený průřez.



Obrázek 7.5 Průřezové charakteristiky – oblouk s uvážením betonářské výztuže

Plocha průřezu	A	=	0,864	m^2
Vzdálenost těžiště od spodních vláken	z_T	=	0,267	m
Moment setrvačnosti k ose y	I_y	=	0,017	m^4
Průřezový modul k horním vláknům	W_h	=	0,075	m^3
Průřezový modul ke spodním vláknům	W_d	=	0,065	m^3

Posouzení je provedeno v tabulce 7.4.

Tabulka 7.5 Hodnoty normálových napětí v jednotlivých řezech oblouku – Charakteristická kombinace

průřez	čas	vlákno	A	W_h/W_d	N_p	M_p	N_{char}	M_{char}	σ_n	σ_{lim}	STAV
			[m^2]	[m^3]	[MN]	[MNm]	[MN]	[MNm]	[MPa]	[MPa]	
1	VP	h	0.865	-0.075	-0.960	0.359	-4.977	-0.463	-5.480	-22.964	OK
		d		0.065					-8.459	-22.964	OK
	UP	h	0.865	-0.075	-0.914	0.342	-6.234	-0.522	-5.874	-24.000	OK
		d		0.065					-11.017	-24.000	OK
	KZ	h	0.865	-0.075	-0.823	0.308	-6.234	-0.522	-5.313	-24.000	OK
		d		0.065					-11.434	-24.000	OK
2	VP	h	0.865	-0.075	-0.945	0.011	-4.760	0.751	-16.744	-22.964	OK
		d		0.065					5.052	-	-
	UP	h	0.865	-0.075	-0.900	0.010	-5.974	0.970	-20.998	-24.000	OK
		d		0.065					7.031	-	-
	KZ	h	0.865	-0.075	-0.810	0.009	-5.974	0.970	-20.880	-24.000	OK
		d		0.065					7.120	-	-

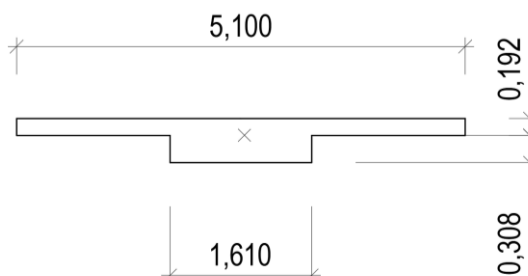
Tahová napětí budou pokryta betonářskou výztuží.

VYHOVUJE

8. Posouzení návrhu v mezním stavu únosnosti

8.1. Mostovka

Zjednodušení průřezu:



Obrázek 8.1 Zjednodušený průřez mostovky pro MSÚ

8.1.1. Posudek průřezu v poli

Posouzení únosnosti průřezu v poli bude proveden pro nejvíce namáhané pole, tedy pro pole, ve kterém dochází k největšímu ohybovému namáhání z kombinace 6.10, 6.10a a 6.10b. Jako nejnepříznivější se ukázala kombinace 6.10. Jedná se o průřez 5.

Ve výpočtu je zanedbán vliv betonářské výztuže.

Návrhový moment: $M_{Ed} = 1215,91$ kNm

Ověření zplastizování předpínací výztuže

Výpočet základního poměrného přetvoření předpínací výztuže vychází z napětí v průřezu na konci životnosti od charakteristické kombinace zatížení. Napětí a přetvoření ve vláknech v tomto stavu ukazuje obrázek 8.2. Napětí v předpínací výztuži jsou získána z výpočetního programu.

Napětí v předpínací výztuži 2: $\sigma_{p2} = 828,54$ MPa

Napětí v předpínací výztuži 4: $\sigma_{p4} = 829,94$ MPa

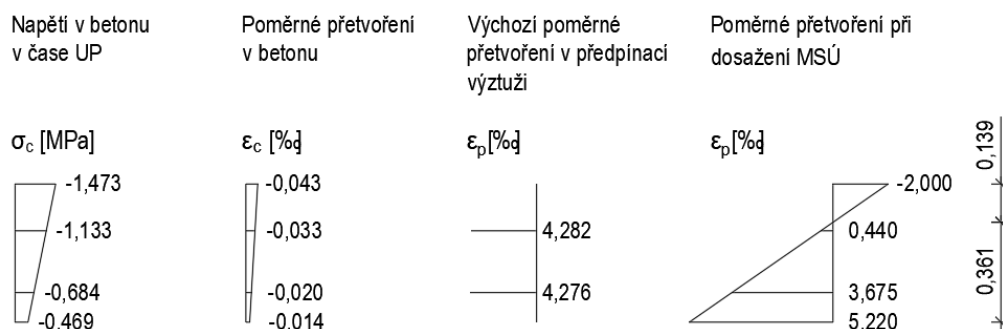
Základní poměrná přetvoření v předpínací výztuži jsou tedy:

$$\varepsilon_{p,z2} = \frac{\sigma_{p2}}{E_p} - \frac{\sigma_{c2}}{E_c} = \frac{828,54}{195000} - \frac{-1,134}{34100} = 4,282 \text{ ‰}$$
$$\varepsilon_{p,z4} = \frac{\sigma_{p4}}{E_p} - \frac{\sigma_{c4}}{E_c} = \frac{829,94}{195000} - \frac{-0,684}{34100} = 4,276 \text{ ‰}$$



Pro výpočet vnitřních sil byla použita metoda mezních přetvoření, kterou byla iterací nalezena výška tlačené oblasti betonu $x = 0,139$ m [10].

Poměrná přetvoření v předpínací výztuži ukazuje Obrázek 8.2.



Obrázek 8.2 Napětí a přetvoření v průřezu – MSÚ – Průřez v poli

Celková poměrná přetvoření výztuži jsou tedy:

$$\epsilon_{p2} = 4,282 + 0,440 = 4,722 \text{ ‰} < \frac{f_{pd}}{E_p} = \frac{1423,3}{195000} = 7,299 \text{ ‰}$$

výztuž NEZPLASTIZUJE

$$\epsilon_{p4} = 4,276 + 3,675 = 7,951 \text{ ‰} > \frac{f_{pd}}{E_p} = \frac{1423,3}{195000} = 7,299 \text{ ‰}$$

výztuž ZPLASTIZUJE

Ověření rovnováhy

Napětí v předpínací výztuži 2:

$$\sigma_{p2} = \epsilon_{p2} \cdot E_p = 4,722 \cdot 10^{-3} \cdot 195000 = 920,73 \text{ MPa}$$

$$N_{cd} + N_{pd2} + N_{pd4} = 0$$

$$N_{pd2} = A_{p2} \cdot \sigma_{p2} = 150 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 920,73 = 3,31 \text{ MN}$$

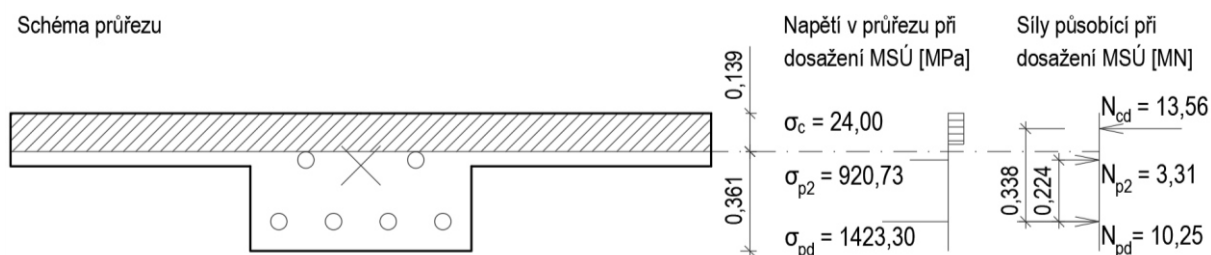
$$N_{pd4} = A_{p4} \cdot f_{pd} = 150 \cdot 4 \cdot 12 \cdot 1423,30 = 10,25 \text{ MN}$$

$$N_{cd} = b_d \cdot 0,8 \cdot x \cdot f_{cd} = 5,1 \cdot 0,139 \cdot 0,8 \cdot 24,0 = 13,56 \text{ MN}$$

$$-13,56 + 3,31 + 10,25 = 0$$

podmínka rovnováhy SPLNĚNA

Stanovení mezní únosnosti průřezu



Obrázek 8.3 Rozložení napětí po průřezu – Průřez v poli

$$M_{Rd} = N_{pd2} \cdot r_{p2} + N_{cd} \cdot r_c = -3,31 \cdot 0,22 + 13,56 \cdot 0,34 = 3,84 \text{ MNm}$$

$$M_{Rd} = 3,84 \text{ MNm} > M_{Ed} = 1,22 \text{ MNm}$$

využití 31,65 %

VYHOVUJE

8.1.2. Posudek průřezu nad podporou

Posouzení únosnosti průřezu nad podporou bude provedeno pro nejvíce namáhaný průřez nad podporou, tedy pro průřez, ve kterém dochází k největšímu ohybovému namáhání z kombinace 6.10, 6.10a a 6.10b. Jako nejnejpříznivější se ukázala kombinace 6.10. Jedná se o průřez 2.

Ve výpočtu není uvažován vliv betonářské výztuže.

Návrhový moment: $M_{Ed} = 1460,38 \text{ kNm}$

Ověření zplastizování předpínací výztuže

Výpočet výchozí poměrného přetvoření předpínací výztuže vychází z napětí v průřezu na konci životnosti, od charakteristické kombinace zatížení. Napětí a přetvoření ve vláknech v tomto stavu ukazuje Obrázek 8.4. Napětí v předpínací výztuži jsou získána z výpočetního programu.

Napětí v předpínací výztuži 2: $\sigma_{p2} = 1139,85 \text{ MPa}$

Napětí v předpínací výztuži 4: $\sigma_{p4} = 1135,95 \text{ MPa}$

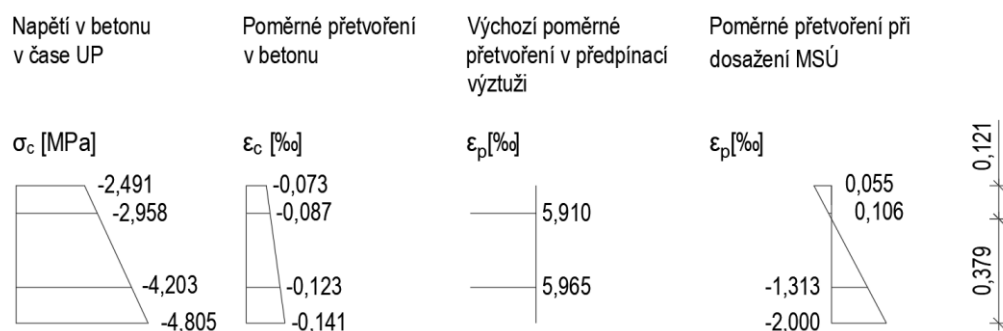
Základní poměrná přetvoření v předpínací výztuži jsou tedy:

$$\varepsilon_{p,z2} = \frac{\sigma_{p2}}{E_p} - \frac{\sigma_{c2}}{E_c} = \frac{1139,85}{195000} - \frac{-4,20}{34100} = 5,965 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_{p,z4} = \frac{\sigma_{p4}}{E_p} - \frac{\sigma_{c4}}{E_c} = \frac{1135,95}{195000} - \frac{-2,958}{34100} = 5,910 \text{ ‰}$$

Pro výpočet vnitřních sil byla použita metoda mezních přetvoření, kterou byla iterací nalezena výška tlačené oblasti betonu $x = 0,379$ m [10].

Poměrná přetvoření v předpínací výztuži ukazuje obrázek 8.4.



Obrázek 8.4 Napětí a přetvoření v průřezu – MSÚ – Průřez nad podporou

Celková poměrná přetvoření výztuži jsou tedy:

$$\epsilon_{p2} = 5,965 - 1,313 = 4,652 \text{ ‰} < \frac{f_{pd}}{E_p} = \frac{1423,3}{195000} = 7,299 \text{ ‰}$$

výztuž NEZPLASTIZUJE

$$\epsilon_{p4} = 5,910 + 0,106 = 6,016 \text{ ‰} < \frac{f_{pd}}{E_p} = \frac{1423,3}{195000} = 7,299 \text{ ‰}$$

výztuž NEZPLASTIZUJE



Ověření rovnováhy

Napětí v předpínací výztuži 2:

$$\sigma_{p2} = \varepsilon_{p2} \cdot E_p = 4,652 \cdot 10^{-3} \cdot 195000 = 907,06 \text{ MPa}$$

Napětí v předpínací výztuži 4:

$$\sigma_{p4} = \varepsilon_{p4} \cdot E_p = 6,016 \cdot 10^{-3} \cdot 195000 = 1173,06 \text{ MPa}$$

$$N_{cd} + N_{pd2} + N_{pd4} = 0$$

$$N_{pd2} = A_{p2} \cdot \sigma_{p2} = 150 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 907,06 = 3,27 \text{ MN}$$

$$N_{pd4} = A_{p4} \cdot \sigma_{p4} = 150 \cdot 4 \cdot 12 \cdot 1173,06 = 8,45 \text{ MN}$$

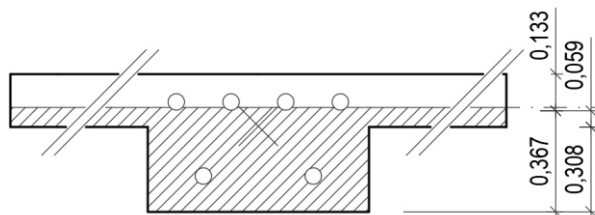
$$N_{cd} = b_t \cdot 0,8 \cdot x \cdot f_{cd} = 1,61 \cdot 0,38 \cdot 0,8 \cdot 24,0 = 11,71 \text{ MN}$$

$$-11,71 + 3,27 + 8,45 = 0,01$$

podmínka rovnováhy SPLNĚNA

Stanovení mezní únosnosti průřezu

Schéma průřezu



Napětí v průřezu při
dosažení MSÚ [MPa]

$$\sigma_{p4} = 1173,06$$

$$\sigma_c = 24,00$$

$$\sigma_{p2} = 907,06$$

Síly působící při
dosažení MSÚ [MN]

$$N_{p4} = 8,45$$

$$N_{cd} = 11,71$$

0,269

$$N_{p2} = 3,27$$

0,024

Obrázek 8.5 Rozložení napětí po průřezu – Průřez nad podporou

$$M_{Rd} = N_{pd4} \cdot r_{p4} - N_{cd} \cdot r_c = 8,45 \cdot 0,27 - 11,71 \cdot 0,02 = 1,99 \text{ MNm}$$

$$\mathbf{M_{Rd} = 1,99 \text{ MNm} > M_{Ed} = 1,46 \text{ MNm}}$$

využití 73,33 %

VYHOVUJE



8.1.3. Návrh výztuže proti křehkému lomu v poli

Postup návrhu a posouzení je převzatý ze skript [8], kdy se navrhne minimální plocha betonářské výztuže pro přenesení tahů, které by vznikly nekontrolovaným snížením předpínací síly. Předpokládá se, že v takto taženém betonu náhle vzniknou trhliny, což následně způsobí pokles maximálního ohybového momentu, který může být průřezem přenesen. Vznik trhlin nastane, když v dolních vláknech betonového průřezu bude hodnota tahového napětí $f_{ctm} = 3,50$ MPa.

$$M_{rep,5} = f_{ctm} \cdot W_d = 3,5 \cdot 0,082 = 0,288 \text{ MNm}$$

$$z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 0,437 = 0,393 \text{ m}$$

$$A_{s,min} = \frac{M_{rep,5}}{z \cdot f_{yk}} = \frac{0,288 \cdot 10^9}{0,393 \cdot 10^3 \cdot 500} = 1463,49 \text{ mm}^2$$

Návrh: 11x Ø16, $A_s = 2211,68 \text{ mm}^2$

$$N_{ck} = N_{sk} = A_s \cdot f_{yk} = 2211,68 \cdot 500 = 1,106 \text{ MN}$$

$$x_u = \frac{N_{ck}}{b \cdot f_{ck}} = \frac{1,106}{5,1 \cdot 40} = 0,005 \text{ m}$$

Rameno vnitřních sil:

$$z = h - t_s - \frac{x_u}{2} = 0,5 - 0,079 - 0,003 = 0,418 \text{ m}$$

Moment únosnosti:

$$M_{Rk} = N_{sk} \cdot z = 1,106 \cdot 0,418 = 0,462 \text{ MNm}$$

$$\mathbf{M_{Rk} = 0,462 \text{ MNm} > M_{Ek} = M_{rep,5} = 0,288 \text{ MNm}}$$

využití 54,66 %

VYHOVUJE



8.1.4. Návrh výztuže proti křehkému lomu nad podporou

$$M_{rep,2} = f_{ctm} \cdot W_h = 3,5 \cdot 0,135 = 0,472 \text{ MNm}$$

$$z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 0,437 = 0,393 \text{ m}$$

$$A_{s,min} = \frac{M_{rep,5}}{z \cdot f_{yk}} = \frac{0,472 \cdot 10^9}{0,393 \cdot 10^3 \cdot 500} = 2400,00 \text{ mm}^2$$

Návrh: 22x Ø16, A_s = 4423,36 mm²

$$N_{ck} = N_{sk} = A_s \cdot f_{yk} = 6911,50 \cdot 500 = 2,212 \text{ MN}$$

$$x_u = \frac{N_{ck}}{b \cdot f_{ck}} = \frac{2,212}{1,61 \cdot 40} = 0,057 \text{ m}$$

Rameno vnitřních sil:

$$z = h - t_s - \frac{x_u}{2} = 0,5 - 0,081 - 0,029 = 0,390 \text{ m}$$

Moment únosnosti:

$$M_{Rd} = N_{sk} \cdot z = 2,212 \cdot 0,390 = 0,863 \text{ MNm}$$

$$\mathbf{M_{Rd} = 0,863 \text{ MNm} > M_{Ed} = M_{rep,5} = 0,472 \text{ MNm}}$$

využití 67,72 %

VYHOVUJE



8.1.5. Posouzení smyku

Posouzení smyku bude provedeno pro průřez 2. Posouzení bude provedeno jako posouzení prvku s ohybovými trhlinami na mezi únosnosti – prvky nevyžadující návrh smykové výztuže výpočtem podle skript [8].

Návrhové vnitřní síly

$$V_{Ed} = 766,03 \text{ kN} \quad \text{Maximální posouvající síla od zatížení}$$

$$N_{Ed} = 10546,2 \text{ kN} \quad \text{Normálová síla v průřezu od zatížení a účinků předpětí}$$

Posouzení

$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \sigma_{cp} \right] b_w d = \left[0,12 \cdot 1,71 \cdot (100 \cdot 0,01 \cdot 40000)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 4800 \right] \\ = 930,25 \text{ kN}$$

Kde:

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = \frac{10546,2}{1476,6} = 7,14 \text{ MPa} > 0,2 \cdot f_{cd} = 0,2 \cdot 24 = 4,80 \text{ MPa}$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{399}} = 1,71 < 2,0$$

$$\rho_{sl} = \frac{A_{sl}}{b_w d} = \frac{3600}{1610 \cdot 399} = 0,01 < 0,02$$

Minimální únosnost průřezu je:

$$V_{Rd,c,min} = (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d = (490 + 0,15 \cdot 4800) \cdot 1,61 \cdot 0,399 = 779,93 \text{ kN}$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,71^{\frac{3}{2}} \cdot 40^{\frac{1}{2}} = 0,49 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,c} = 930,25 \text{ kN} > V_{Ed} = 766,03 \text{ kN}$$

využití 82,34%

VYHOVUJE

Stačí navrhnout pouze konstrukční smykovou výztuž.



Návrh: Šestistřížné třmínky $\varnothing 12$ po 300 mm, $A_{sw} = 678,58 \text{ mm}^2$

8.1.5.1. Konstrukční zásady

Stupeň vyztužení

$$\rho_{sw} = \frac{A_{sw}}{b \cdot s} = \frac{678,58}{1610 \cdot 300} = 1,41 \cdot 10^{-3}$$

$$\rho_{sw,min} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{40}}{500} = 1,01 \cdot 10^{-3}$$

$$\rho_{sw} = 1,41 \cdot 10^{-3} > \rho_{sw,min} = 1,01 \cdot 10^{-3}$$

VYHOVUJE



8.2. Oblouk

Posudek bude proveden pro dva nejvíce namáhané průřezy (stejně jako pro MSP). Jako nejnepříznivější kombinace zatížení se ukázala kombinace 6.10.

8.2.1. Posouzení průřezu 1

Působící vnitřní síly

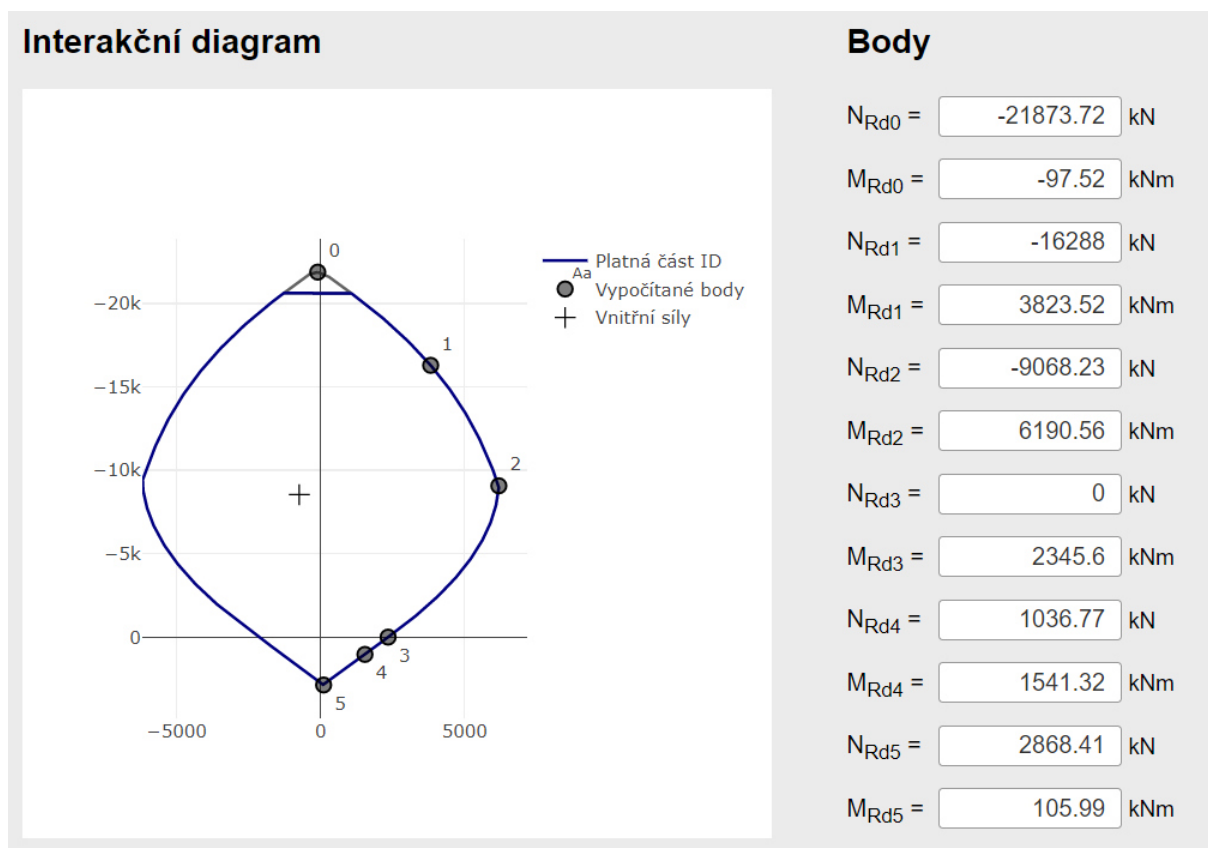
$$N = -8535,05 \text{ kN}$$

$$M = -738,45 \text{ kN}$$

Návrh výztuže

Návrh horní povrch: 11x $\varnothing 20$ (po 150 mm)

Návrh dolní povrch: 10x $\varnothing 20$ (po 140 mm)



Obrázek 8.6 Interakční diagram – Průřez 1

VYHOVUJE



8.2.2. Posouzení průřezu 2

Působící vnitřní síly

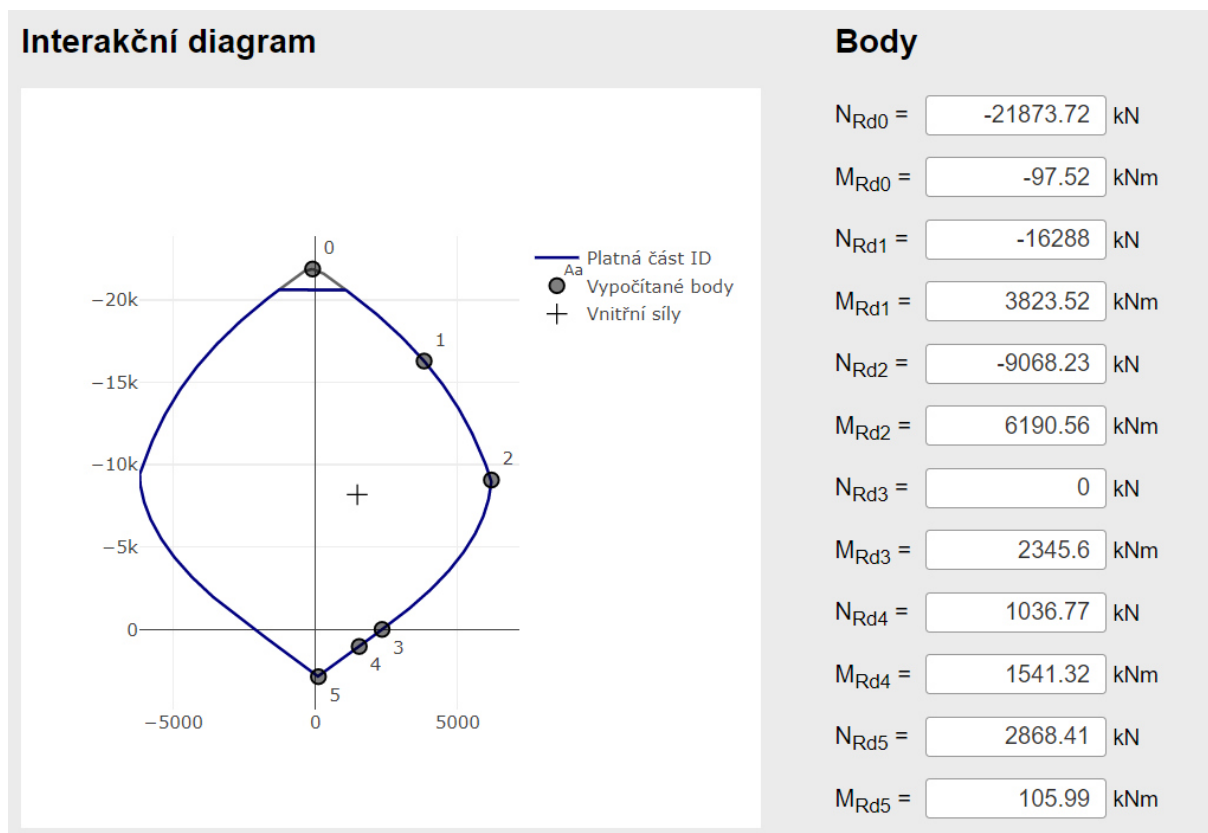
$$N = -8179,37 \text{ kN}$$

$$M = 1471,19 \text{ kN}$$

Návrh výztuže

Návrh horní povrch: 11x $\varnothing 20$ (po 150 mm)

Návrh dolní povrch: 10x $\varnothing 20$ (po 140 mm)



Obrázek 8.7 Interakční diagram – Průřez 2

VYHOVUJE



8.2.3. Posouzení konstrukčních zásad

Minimální světlá vzdálenost

$$s_l \geq \max(20 \text{ mm}; 1,2\phi; D_{max} + 5 \text{ mm}) = \max(20 \text{ mm}; 24 \text{ mm}; 21 \text{ mm})$$

$$120 \text{ mm} > 24 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

Maximální osová vzdálenost

$$s \leq \min(2h; 250 \text{ mm}) = \min(1000 \text{ mm}; 250 \text{ mm})$$

$$140 \text{ mm} < 250 \text{ mm}$$

VYHOVUJE



9. Použitá literatura

- [1] ČSN EN 206-1: *Beton - Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*. 2001.
- [2] ČSN EN 1992-1-1: *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. 2019.
- [3] ČSN 42 0139: *Ocel pro výztuž do betonu - Svařitelná betonářská ocel žebírková a hladká*. 2011.
- [4] ČSN EN 1991-1-5 *Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení teplotou*. 2005.
- [5] ČSN EN 1991-2 *Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou*.
- [6] ČSN EN 1991-1-4 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem*. 2020.
- [7] ČSN EN 1990 *Zásady zatížení konstrukcí*.
- [8] *Betonové mosty 2*. České vysoké učení technické. Fakulta stavební, 2014. ISBN 978-80-01-05543-4.
- [9] ČSN EN 1992-2: *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 2: Betonové mosty - Navrhování a konstrukční zásady*. 2007.
- [10] VÍTEK, Jan L. *Betonové konstrukce 03 K*. České vysoké učení technické. Fakulta stavební.



10. Použité výpočetní programy

Scia Engineer 21

InDiOn – Interakční diagram online



Příloha 1

V Příloze 1 je vyčíslen průběh krátkodobých ztrát obou skupin předpínacích kabelů.

Jméno kabelu: 2kabely_

Typ historie naplnání: 1

Výpočet korekce relaxace a ztráty krátkodobou relaxací, vypočtené z napětí při korekci

Kabel napínáný z obou konců, zakotvený na začátku a poté dopnutý z konce

Ztráty pokluzem vymizí uvnitř kabelu, nepřekročí bod minimálního napětí (dosah tření)

Délka ovlivněná třením od začátku:

přímá část: 34,121 [m]

oblouk: 83,42 [deg]

Dosah pokluzu od počátku:

přímá část: 0,000 [m]

oblouk: 0,00 [deg]

Dosah pokluzu od konce:

přímá část: 0,000 [m]

oblouk: 0,00 [deg]

Teoretické prodloužení kabelu před přenosem 0,379 [m]

Teoretické prodloužení kabelu po přenosu 0,379 [m]

x [m]	y [m]	z [m]	Ztráty třením [MPa]	Krátkodobá relaxace [MPa]	Napětí po relaxaci [MPa]	Relaxace proběhla [MPa]	Relaxace proběhne [MPa]
0,000	0,000	0,000	0,00	-0,86	1439,14	-6,41	0,00
0,500	0,000	0,022	-0,65	-0,85	1438,50	-6,38	0,00
1,000	0,000	0,044	-1,30	-0,85	1437,86	-6,34	0,00
1,500	0,000	0,066	-1,94	-0,84	1437,21	-6,30	0,00
2,000	0,000	0,085	-12,12	-0,77	1427,11	-5,73	0,00
2,500	0,000	0,087	-23,38	-0,70	1415,92	-5,16	0,00
3,000	0,000	0,085	-24,02	-0,69	1415,29	-5,13	0,00
3,500	0,000	0,084	-24,65	-0,69	1414,66	-5,10	0,00
4,000	0,000	0,082	-25,29	-0,68	1414,03	-5,07	0,00
4,500	0,000	0,078	-37,34	-0,62	1402,04	-4,53	0,00
5,000	0,000	0,047	-64,07	-0,49	1375,44	-3,53	0,00
5,500	0,000	-0,016	-90,44	-0,39	1349,17	-2,77	0,00
6,000	0,000	-0,104	-112,89	-0,33	1326,78	-2,25	0,00
6,500	0,000	-0,171	-138,35	-0,27	1301,88	-1,78	0,00
7,000	0,000	-0,206	-163,17	-0,22	1276,61	-1,41	0,00
7,500	0,000	-0,215	-173,50	-0,20	1266,30	-1,29	0,00
8,000	0,000	-0,220	-181,47	-0,19	1258,34	-1,19	0,00
8,500	0,000	-0,204	-200,78	-0,16	1239,06	-1,00	0,00
9,000	0,000	-0,163	-219,84	-0,14	1220,02	-0,84	0,00
9,500	0,000	-0,101	-228,09	-0,13	1211,78	-0,78	0,00
10,000	0,000	-0,048	-245,92	-0,11	1193,96	-0,66	0,00
10,500	0,000	-0,021	-264,26	-0,10	1175,64	-0,56	0,00
11,000	0,000	-0,018	-282,29	-0,08	1157,63	-0,47	0,00
11,500	0,000	-0,031	-284,47	-0,08	1155,45	-0,46	0,00
12,000	0,000	-0,043	-284,99	-0,08	1154,93	-0,46	0,00
12,500	0,000	-0,055	-285,51	-0,08	1154,41	-0,46	0,00
13,000	0,000	-0,068	-286,03	-0,08	1153,89	-0,45	0,00
13,500	0,000	-0,080	-286,55	-0,08	1153,37	-0,45	0,00
14,000	0,000	-0,102	-307,91	-0,07	1132,02	-0,37	0,00
14,500	0,000	-0,171	-342,19	-0,05	1097,76	-0,27	0,00
15,000	0,000	-0,290	-368,66	-0,04	1071,30	-0,21	0,00
15,500	0,000	-0,392	-401,46	-0,03	1038,51	-0,15	0,00
16,000	0,000	-0,443	-432,78	-0,02	1007,20	-0,12	0,00

Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská v

erze

x [m]	y [m]	z [m]	Ztráty třením [MPa]	Krátkodobá relaxace [MPa]	Napětí po relaxaci [MPa]	Relaxace proběhla [MPa]	Relaxace proběhne [MPa]
16,500	0,000	-0,462	-438,02	-0,02	1001,95	-0,11	0,00
17,000	0,000	-0,479	-441,92	-0,02	998,06	-0,11	0,00
17,500	0,000	-0,478	-457,22	-0,02	982,76	-0,09	0,00
18,000	0,000	-0,453	-472,31	-0,02	967,67	-0,08	0,00
18,500	0,000	-0,408	-476,94	-0,02	963,04	-0,08	0,00
19,000	0,000	-0,370	-487,81	-0,02	952,18	-0,07	0,00
19,500	0,000	-0,355	-502,41	-0,01	937,57	-0,06	0,00
20,000	0,000	-0,365	-516,79	-0,01	923,20	-0,05	0,00
20,500	0,000	-0,390	-518,15	-0,01	921,83	-0,05	0,00
21,000	0,000	-0,414	-518,57	-0,01	921,42	-0,05	0,00
21,500	0,000	-0,439	-518,98	-0,01	921,01	-0,05	0,00
22,000	0,000	-0,464	-519,40	-0,01	920,59	-0,05	0,00
22,500	0,000	-0,488	-519,81	-0,01	920,18	-0,05	0,00
23,000	0,000	-0,513	-520,23	-0,01	919,76	-0,05	0,00
23,500	0,000	-0,537	-520,64	-0,01	919,35	-0,05	0,00
24,000	0,000	-0,562	-521,05	-0,01	918,94	-0,05	0,00
24,500	0,000	-0,587	-521,47	-0,01	918,52	-0,05	0,00
25,000	0,000	-0,619	-528,80	-0,01	911,19	-0,05	0,00
25,500	0,000	-0,657	-529,21	-0,01	910,78	-0,05	0,00
26,000	0,000	-0,694	-529,62	-0,01	910,37	-0,05	0,00
26,500	0,000	-0,731	-531,14	-0,01	908,85	-0,05	0,00
27,000	0,000	-0,771	-531,92	-0,01	908,07	-0,05	0,00
27,500	0,000	-0,811	-532,33	-0,01	907,66	-0,05	0,00
28,000	0,000	-0,851	-532,74	-0,01	907,25	-0,04	0,00
28,500	0,000	-0,891	-533,15	-0,01	906,84	-0,04	0,00
29,000	0,000	-0,931	-533,55	-0,01	906,44	-0,04	0,00
29,500	0,000	-0,971	-533,96	-0,01	906,03	-0,04	0,00
30,000	0,000	-1,011	-534,37	-0,01	905,62	-0,04	0,00
30,500	0,000	-1,051	-534,78	-0,01	905,21	-0,04	0,00
31,000	0,000	-1,091	-535,18	-0,01	904,81	-0,04	0,00
31,500	0,000	-1,131	-535,59	-0,01	904,40	-0,04	0,00
32,000	0,000	-1,171	-536,00	-0,01	903,99	-0,04	0,00
32,500	0,000	-1,211	-536,40	-0,01	903,59	-0,04	0,00
33,000	0,000	-1,251	-536,81	-0,01	903,18	-0,04	0,00
33,500	0,000	-1,291	-537,22	-0,01	902,77	-0,04	0,00
34,000	0,000	-1,331	-537,62	-0,01	902,37	-0,04	0,00
34,500	0,000	-1,371	-537,41	-0,01	902,58	-0,04	0,00
35,000	0,000	-1,411	-537,01	-0,01	902,98	-0,04	0,00
35,500	0,000	-1,451	-536,60	-0,01	903,39	-0,04	0,00
36,000	0,000	-1,491	-536,19	-0,01	903,80	-0,04	0,00
36,500	0,000	-1,531	-535,79	-0,01	904,20	-0,04	0,00
37,000	0,000	-1,571	-535,38	-0,01	904,61	-0,04	0,00
37,500	0,000	-1,611	-534,97	-0,01	905,02	-0,04	0,00
38,000	0,000	-1,651	-534,57	-0,01	905,42	-0,04	0,00
38,500	0,000	-1,691	-534,16	-0,01	905,83	-0,04	0,00
39,000	0,000	-1,731	-533,75	-0,01	906,24	-0,04	0,00
39,500	0,000	-1,771	-533,34	-0,01	906,65	-0,04	0,00
40,000	0,000	-1,811	-532,93	-0,01	907,06	-0,04	0,00
40,500	0,000	-1,851	-532,53	-0,01	907,46	-0,04	0,00

Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze

erze

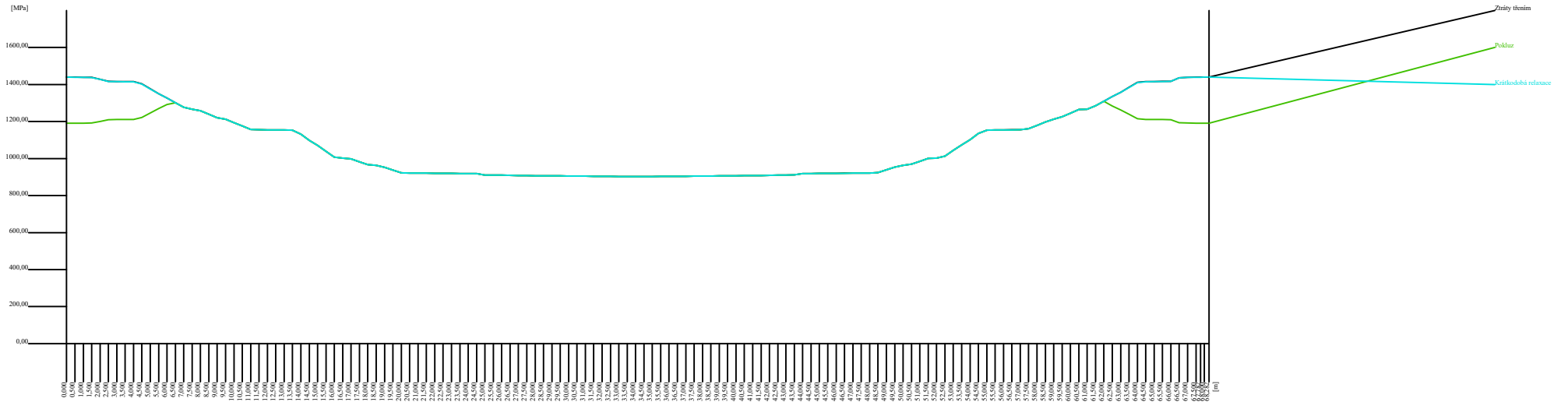
x [m]	y [m]	z [m]	Ztráty třením [MPa]	Krátkodobá relaxace [MPa]	Napětí po relaxaci [MPa]	Relaxace proběhla [MPa]	Relaxace proběhne [MPa]
41,000	0,000	-1,891	-532,12	-0,01	907,87	-0,05	0,00
41,500	0,000	-1,931	-531,71	-0,01	908,28	-0,05	0,00
42,000	0,000	-1,971	-530,96	-0,01	909,03	-0,05	0,00
42,500	0,000	-2,014	-529,39	-0,01	910,60	-0,05	0,00
43,000	0,000	-2,057	-528,98	-0,01	911,01	-0,05	0,00
43,500	0,000	-2,099	-528,57	-0,01	911,42	-0,05	0,00
44,000	0,000	-2,147	-521,25	-0,01	918,73	-0,05	0,00
44,500	0,000	-2,202	-520,84	-0,01	919,15	-0,05	0,00
45,000	0,000	-2,258	-520,43	-0,01	919,56	-0,05	0,00
45,500	0,000	-2,313	-520,01	-0,01	919,98	-0,05	0,00
46,000	0,000	-2,369	-519,60	-0,01	920,39	-0,05	0,00
46,500	0,000	-2,424	-519,18	-0,01	920,80	-0,05	0,00
47,000	0,000	-2,480	-518,77	-0,01	921,22	-0,05	0,00
47,500	0,000	-2,535	-518,36	-0,01	921,63	-0,05	0,00
48,000	0,000	-2,590	-517,94	-0,01	922,05	-0,05	0,00
48,500	0,000	-2,646	-515,96	-0,01	924,02	-0,05	0,00
49,000	0,000	-2,717	-501,43	-0,01	938,55	-0,06	0,00
49,500	0,000	-2,814	-486,55	-0,02	953,43	-0,07	0,00
50,000	0,000	-2,937	-476,71	-0,02	963,27	-0,08	0,00
50,500	0,000	-3,062	-470,24	-0,02	969,74	-0,08	0,00
51,000	0,000	-3,166	-454,83	-0,02	985,15	-0,09	0,00
51,500	0,000	-3,243	-439,31	-0,02	1000,67	-0,11	0,00
52,000	0,000	-3,305	-437,77	-0,02	1002,20	-0,11	0,00
52,500	0,000	-3,365	-427,35	-0,03	1012,63	-0,12	0,00
53,000	0,000	-3,386	-396,00	-0,03	1043,97	-0,16	0,00
53,500	0,000	-3,356	-366,41	-0,04	1073,55	-0,21	0,00
54,000	0,000	-3,324	-337,93	-0,05	1102,02	-0,28	0,00
54,500	0,000	-3,342	-303,82	-0,07	1136,11	-0,38	0,00
55,000	0,000	-3,404	-286,30	-0,08	1153,62	-0,45	0,00
55,500	0,000	-3,471	-285,78	-0,08	1154,14	-0,45	0,00
56,000	0,000	-3,539	-285,26	-0,08	1154,66	-0,46	0,00
56,500	0,000	-3,607	-284,74	-0,08	1155,17	-0,46	0,00
57,000	0,000	-3,675	-284,22	-0,08	1155,69	-0,46	0,00
57,500	0,000	-3,743	-279,18	-0,09	1160,73	-0,48	0,00
58,000	0,000	-3,831	-260,84	-0,10	1179,06	-0,57	0,00
58,500	0,000	-3,945	-242,01	-0,12	1197,87	-0,68	0,00
59,000	0,000	-4,085	-227,82	-0,13	1212,05	-0,78	0,00
59,500	0,000	-4,227	-214,63	-0,15	1225,23	-0,88	0,00
60,000	0,000	-4,343	-195,05	-0,17	1244,78	-1,05	0,00
60,500	0,000	-4,432	-175,37	-0,20	1264,43	-1,26	0,00
61,000	0,000	-4,506	-173,18	-0,20	1266,62	-1,29	0,00
61,500	0,000	-4,571	-155,03	-0,23	1284,73	-1,52	0,00
62,000	0,000	-4,606	-130,06	-0,29	1309,65	-1,92	0,00
62,500	0,000	-4,609	-104,66	-0,35	1334,99	-2,43	0,00
63,000	0,000	-4,606	-82,49	-0,42	1357,09	-2,98	0,00
63,500	0,000	-4,633	-56,14	-0,52	1383,34	-3,80	0,00
64,000	0,000	-4,691	-29,12	-0,66	1410,22	-4,89	0,00
64,500	0,000	-4,770	-24,99	-0,69	1414,32	-5,08	0,00
65,000	0,000	-4,849	-24,35	-0,69	1414,96	-5,11	0,00

Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze

Studentská verze

x [m]	y [m]	z [m]	Ztráty třením [MPa]	Ztráta pokluzem [MPa]	Krátkodobá relaxace [MPa]	Nap. po zakotvení / po vnesení předpětí [MPa]	Relaxace proběhla [MPa]	Relaxace proběhne [MPa]
60,000	0,000	-4,343	-195,05	0,00	-0,17	1244,95	-1,05	-41,33
60,500	0,000	-4,432	-175,37	0,00	-0,20	1264,63	-1,26	-43,86
61,000	0,000	-4,506	-173,18	0,00	-0,20	1266,82	-1,29	-44,15
61,500	0,000	-4,571	-155,03	0,00	-0,23	1284,97	-1,52	-46,61
62,000	0,000	-4,606	-130,06	-1,04	-0,29	1308,90	-1,92	-49,99
62,500	0,000	-4,609	-104,66	-51,33	-0,35	1284,01	-2,43	-48,56
63,000	0,000	-4,606	-82,49	-94,47	-0,42	1263,04	-2,98	-41,92
63,500	0,000	-4,633	-56,14	-144,88	-0,52	1238,98	-3,80	-37,78
64,000	0,000	-4,691	-29,12	-195,62	-0,66	1215,26	-4,89	-33,66
64,500	0,000	-4,770	-24,99	-203,29	-0,69	1211,71	-5,08	-33,03
65,000	0,000	-4,849	-24,35	-204,48	-0,69	1211,17	-5,11	-32,93
65,500	0,000	-4,928	-23,72	-205,66	-0,69	1210,62	-5,14	-32,84
66,000	0,000	-5,007	-23,08	-206,84	-0,70	1210,08	-5,17	-32,74
66,500	0,000	-5,095	-3,99	-242,01	-0,83	1193,99	-6,18	-29,82
67,000	0,000	-5,198	-1,66	-246,28	-0,85	1192,06	-6,32	-29,46
67,500	0,000	-5,301	-1,01	-247,46	-0,85	1191,52	-6,35	-29,36
67,782	0,000	-5,359	-0,65	-248,13	-0,85	1191,22	-6,39	-29,30
68,000	0,000	-5,404	-0,37	-248,65	-0,86	1190,99	-6,39	-29,26
68,282	0,000	-5,463	0,00	-249,32	-0,86	1190,68	-6,41	-29,20

x [m]	y [m]	z [m]	Maximální napětí po přenosu [MPa]
62,000	0,000	-4,606	1308,90



Jméno kabelu: 4kabely

Typ historie napínání: 1

Výpočet korekce relaxace a ztráty krátkodobou relaxací, vypočtené z napětí při korekci

Kabel napínáný z obou konců, zakotvený na začátku a poté dopnutý z konce

Ztráty pokluzem vymizí uvnitř kabelu, nepřekročí bod minimálního napětí (dosah tření)

Délka ovlivněná třením od začátku:

přímá část: 34,178 [m]

oblouk: 102,05 [deg]

Dosah pokluzu od počátku:

přímá část: 0,000 [m]

oblouk: 0,00 [deg]

Dosah pokluzu od konce:

přímá část: 0,000 [m]

oblouk: 0,00 [deg]

Teoretické prodloužení kabelu před přenosem 0,372 [m]

Teoretické prodloužení kabelu po přenosu 0,372 [m]

x [m]	y [m]	z [m]	Ztráty třením [MPa]	Krátkodobá relaxace [MPa]	Napětí po relaxaci [MPa]	Relaxace proběhla [MPa]	Relaxace proběhne [MPa]
0,000	0,000	0,000	0,00	-0,86	1439,14	-6,41	0,00
0,500	0,000	-0,043	-0,65	-0,85	1438,50	-6,38	0,00
1,000	0,000	-0,085	-1,30	-0,85	1437,86	-6,34	0,00
1,500	0,000	-0,128	-1,94	-0,84	1437,21	-6,30	0,00
2,000	0,000	-0,162	-20,44	-0,71	1418,84	-5,30	0,00
2,500	0,000	-0,172	-38,13	-0,61	1401,26	-4,50	0,00
3,000	0,000	-0,173	-38,76	-0,61	1400,64	-4,47	0,00
3,500	0,000	-0,175	-39,39	-0,60	1400,01	-4,44	0,00
4,000	0,000	-0,176	-40,02	-0,60	1399,38	-4,42	0,00
4,500	0,000	-0,173	-53,72	-0,53	1385,75	-3,89	0,00
5,000	0,000	-0,146	-75,00	-0,45	1364,55	-3,19	0,00
5,500	0,000	-0,095	-96,04	-0,38	1343,58	-2,63	0,00
6,000	0,000	-0,019	-109,04	-0,34	1330,63	-2,33	0,00
6,500	0,000	0,045	-141,38	-0,26	1298,86	-1,73	0,00
7,000	0,000	0,060	-177,26	-0,20	1262,55	-1,24	0,00
7,500	0,000	0,053	-177,83	-0,19	1261,98	-1,24	0,00
8,000	0,000	0,047	-178,39	-0,19	1261,41	-1,23	0,00
8,500	0,000	0,028	-205,21	-0,16	1234,63	-0,96	0,00
9,000	0,000	-0,039	-235,83	-0,12	1204,05	-0,72	0,00
9,500	0,000	-0,122	-236,37	-0,12	1203,51	-0,72	0,00
10,000	0,000	-0,196	-252,54	-0,11	1187,36	-0,62	0,00
10,500	0,000	-0,244	-270,83	-0,09	1169,08	-0,52	0,00
11,000	0,000	-0,268	-287,60	-0,08	1152,32	-0,45	0,00
11,500	0,000	-0,280	-288,12	-0,08	1151,80	-0,44	0,00
12,000	0,000	-0,292	-288,64	-0,08	1151,28	-0,44	0,00
12,500	0,000	-0,305	-289,16	-0,08	1150,76	-0,44	0,00
13,000	0,000	-0,317	-289,68	-0,08	1150,25	-0,44	0,00
13,500	0,000	-0,330	-290,19	-0,08	1149,73	-0,44	0,00
14,000	0,000	-0,330	-311,06	-0,07	1128,88	-0,36	0,00
14,500	0,000	-0,294	-335,55	-0,05	1104,39	-0,29	0,00
15,000	0,000	-0,223	-356,97	-0,05	1082,98	-0,23	0,00
15,500	0,000	-0,160	-387,76	-0,04	1052,20	-0,18	0,00
16,000	0,000	-0,147	-419,34	-0,03	1020,63	-0,13	0,00

Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská v

erze

x [m]	y [m]	z [m]	Ztráty třením [MPa]	Krátkodobá relaxace [MPa]	Napětí po relaxaci [MPa]	Relaxace proběhla [MPa]	Relaxace proběhne [MPa]
16,500	0,000	-0,165	-423,13	-0,03	1016,84	-0,13	0,00
17,000	0,000	-0,182	-423,59	-0,03	1016,38	-0,13	0,00
17,500	0,000	-0,213	-446,10	-0,02	993,87	-0,10	0,00
18,000	0,000	-0,293	-472,54	-0,02	967,44	-0,08	0,00
18,500	0,000	-0,390	-478,33	-0,02	961,66	-0,08	0,00
19,000	0,000	-0,472	-488,45	-0,02	951,53	-0,07	0,00
19,500	0,000	-0,536	-498,42	-0,01	941,56	-0,06	0,00
20,000	0,000	-0,584	-508,25	-0,01	931,74	-0,06	0,00
20,500	0,000	-0,614	-516,60	-0,01	923,39	-0,05	0,00
21,000	0,000	-0,639	-517,02	-0,01	922,97	-0,05	0,00
21,500	0,000	-0,664	-517,43	-0,01	922,56	-0,05	0,00
22,000	0,000	-0,688	-517,85	-0,01	922,14	-0,05	0,00
22,500	0,000	-0,713	-518,26	-0,01	921,73	-0,05	0,00
23,000	0,000	-0,737	-518,68	-0,01	921,31	-0,05	0,00
23,500	0,000	-0,762	-519,09	-0,01	920,90	-0,05	0,00
24,000	0,000	-0,786	-521,55	-0,01	918,44	-0,05	0,00
24,500	0,000	-0,795	-535,63	-0,01	904,36	-0,04	0,00
25,000	0,000	-0,778	-549,51	-0,01	890,48	-0,04	0,00
25,500	0,000	-0,737	-560,33	-0,01	879,66	-0,03	0,00
26,000	0,000	-0,688	-560,73	-0,01	879,27	-0,03	0,00
26,500	0,000	-0,657	-583,03	-0,01	856,97	-0,03	0,00
27,000	0,000	-0,674	-602,78	-0,01	837,21	-0,02	0,00
27,500	0,000	-0,705	-603,16	-0,01	836,84	-0,02	0,00
28,000	0,000	-0,737	-603,54	-0,01	836,46	-0,02	0,00
28,500	0,000	-0,769	-609,57	-0,01	830,43	-0,02	0,00
29,000	0,000	-0,818	-613,19	-0,01	826,80	-0,02	0,00
29,500	0,000	-0,868	-613,56	-0,01	826,43	-0,02	0,00
30,000	0,000	-0,917	-613,93	-0,01	826,06	-0,02	0,00
30,500	0,000	-0,967	-614,31	-0,01	825,69	-0,02	0,00
31,000	0,000	-1,016	-614,68	-0,01	825,32	-0,02	0,00
31,500	0,000	-1,064	-617,83	-0,01	822,17	-0,02	0,00
32,000	0,000	-1,105	-620,03	0,00	819,96	-0,02	0,00
32,500	0,000	-1,145	-620,40	0,00	819,59	-0,02	0,00
33,000	0,000	-1,185	-620,77	0,00	819,22	-0,02	0,00
33,500	0,000	-1,225	-621,14	0,00	818,85	-0,02	0,00
34,000	0,000	-1,265	-621,51	0,00	818,49	-0,02	0,00
34,500	0,000	-1,305	-621,40	0,00	818,59	-0,02	0,00
35,000	0,000	-1,345	-621,04	0,00	818,96	-0,02	0,00
35,500	0,000	-1,385	-620,67	0,00	819,33	-0,02	0,00
36,000	0,000	-1,425	-620,30	0,00	819,70	-0,02	0,00
36,500	0,000	-1,465	-619,93	0,00	820,07	-0,02	0,00
37,000	0,000	-1,504	-617,88	-0,01	822,11	-0,02	0,00
37,500	0,000	-1,536	-614,57	-0,01	825,42	-0,02	0,00
38,000	0,000	-1,567	-614,20	-0,01	825,80	-0,02	0,00
38,500	0,000	-1,598	-613,83	-0,01	826,17	-0,02	0,00
39,000	0,000	-1,628	-613,46	-0,01	826,54	-0,02	0,00
39,500	0,000	-1,659	-613,08	-0,01	826,91	-0,02	0,00
40,000	0,000	-1,690	-610,56	-0,01	829,44	-0,02	0,00
40,500	0,000	-1,736	-603,42	-0,01	836,57	-0,02	0,00

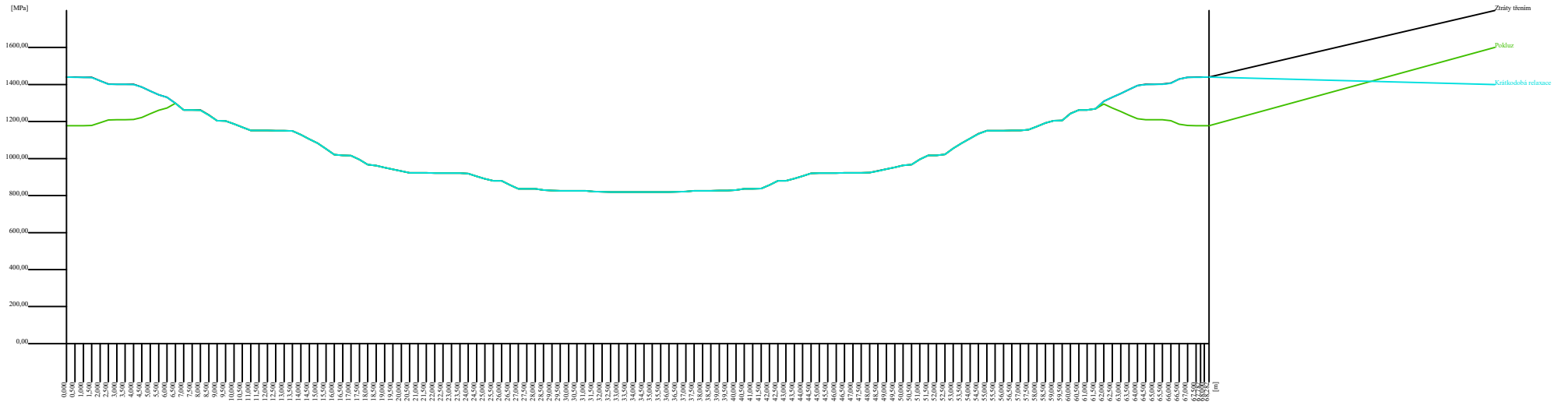
Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze

erze

x [m]	y [m]	z [m]	Ztráty třením [MPa]	Krátkodobá relaxace [MPa]	Napětí po relaxaci [MPa]	Relaxace proběhla [MPa]	Relaxace proběhne [MPa]
41,000	0,000	-1,785	-603,05	-0,01	836,95	-0,02	0,00
41,500	0,000	-1,833	-602,67	-0,01	837,32	-0,02	0,00
42,000	0,000	-1,896	-583,67	-0,01	856,33	-0,03	0,00
42,500	0,000	-2,007	-560,61	-0,01	879,38	-0,03	0,00
43,000	0,000	-2,139	-560,21	-0,01	879,78	-0,03	0,00
43,500	0,000	-2,262	-548,73	-0,01	891,26	-0,04	0,00
44,000	0,000	-2,358	-534,61	-0,01	905,38	-0,04	0,00
44,500	0,000	-2,428	-520,37	-0,01	919,62	-0,05	0,00
45,000	0,000	-2,483	-518,96	-0,01	921,02	-0,05	0,00
45,500	0,000	-2,539	-518,55	-0,01	921,44	-0,05	0,00
46,000	0,000	-2,594	-518,13	-0,01	921,85	-0,05	0,00
46,500	0,000	-2,650	-517,72	-0,01	922,27	-0,05	0,00
47,000	0,000	-2,705	-517,30	-0,01	922,68	-0,05	0,00
47,500	0,000	-2,761	-516,89	-0,01	923,10	-0,05	0,00
48,000	0,000	-2,816	-516,47	-0,01	923,51	-0,05	0,00
48,500	0,000	-2,864	-507,06	-0,01	932,93	-0,06	0,00
49,000	0,000	-2,894	-497,24	-0,01	942,75	-0,06	0,00
49,500	0,000	-2,909	-487,33	-0,02	952,65	-0,07	0,00
50,000	0,000	-2,906	-477,32	-0,02	962,66	-0,08	0,00
50,500	0,000	-2,889	-472,40	-0,02	967,58	-0,08	0,00
51,000	0,000	-2,893	-444,18	-0,02	995,80	-0,10	0,00
51,500	0,000	-2,944	-423,42	-0,03	1016,56	-0,13	0,00
52,000	0,000	-3,006	-422,96	-0,03	1017,01	-0,13	0,00
52,500	0,000	-3,069	-416,81	-0,03	1023,16	-0,13	0,00
53,000	0,000	-3,167	-384,56	-0,04	1055,40	-0,18	0,00
53,500	0,000	-3,319	-356,43	-0,05	1083,52	-0,24	0,00
54,000	0,000	-3,469	-331,42	-0,06	1108,53	-0,30	0,00
54,500	0,000	-3,580	-306,30	-0,07	1133,63	-0,38	0,00
55,000	0,000	-3,655	-290,00	-0,08	1149,93	-0,44	0,00
55,500	0,000	-3,723	-289,48	-0,08	1150,44	-0,44	0,00
56,000	0,000	-3,791	-288,96	-0,08	1150,96	-0,44	0,00
56,500	0,000	-3,859	-288,44	-0,08	1151,48	-0,44	0,00
57,000	0,000	-3,926	-287,92	-0,08	1152,00	-0,45	0,00
57,500	0,000	-3,994	-284,36	-0,08	1155,55	-0,46	0,00
58,000	0,000	-4,045	-266,28	-0,10	1173,63	-0,54	0,00
58,500	0,000	-4,070	-247,98	-0,11	1191,91	-0,65	0,00
59,000	0,000	-4,072	-236,18	-0,12	1203,70	-0,72	0,00
59,500	0,000	-4,069	-234,47	-0,12	1205,40	-0,73	0,00
60,000	0,000	-4,093	-197,14	-0,17	1242,69	-1,03	0,00
60,500	0,000	-4,161	-178,23	-0,19	1261,58	-1,23	0,00
61,000	0,000	-4,235	-177,66	-0,20	1262,15	-1,24	0,00
61,500	0,000	-4,309	-170,98	-0,21	1268,81	-1,32	0,00
62,000	0,000	-4,418	-130,81	-0,28	1308,91	-1,91	0,00
62,500	0,000	-4,575	-108,82	-0,34	1330,85	-2,34	0,00
63,000	0,000	-4,728	-88,94	-0,40	1350,66	-2,81	0,00
63,500	0,000	-4,854	-67,26	-0,48	1372,26	-3,43	0,00
64,000	0,000	-4,952	-45,49	-0,57	1393,94	-4,20	0,00
64,500	0,000	-5,032	-39,76	-0,60	1399,64	-4,43	0,00
65,000	0,000	-5,110	-39,13	-0,61	1400,26	-4,45	0,00

Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze

Studentská verze





ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí

Lávka přes řeku Labe v Hradci Králové

Footbridge crossing the Labe River in Hradec Králové

Bakalářská práce

Část D: Založení

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

Vedoucí práce: prof. Ing. Jan L. Vítek, CSc., FEng.
Konzultace k Části D: Ing. Jan Ježek

Tomáš Vízner

Praha 2022



Obsah

1. Obecné informace	3
2. Statický výpočet – analytické řešení	4
3. Závěr.....	21
4. Použité výpočetní programy	22



1. Obecné informace

Základy oblouku jsou založeny na velkopřůměrových vrtaných pilotách $\varnothing 0,90$ m délky 10 m. Opěry jsou založeny na velkopřůměrových vrtaných pilotách $\varnothing 0,90$ m délky 12 m. U opěry se vyskytuje tahová reakce, která může být v některých zatěžovacích stavech tlaková. Piloty budou prováděny pod ochranou ocelové výpažnice. Vrtání všech pilot na břehu bude prováděno z úrovně vrtné plošiny na úrovni odhumusovaného terénu s využitím hluchého vrtání. Horní část pilot (300-500 mm) bude po odtěžení odbourána tak, aby nad horní povrch podkladního betonu vystupovalo minimálně 30 mm zdravého betonu.

Výztuž pilot bude vystupovat do základových bloků.

Materiál pilot vstupujících do výpočtu je beton C 20/25 vyztužen ocelovým košem oceli B500B. Objemová tíha materiálu pilot je ve výpočtu uvažována jako 1 kg/m^3 .



2. Statický výpočet – analytické řešení

Svislá únosnost byla spočítána pomocí analytického řešení pro skupinu pilot a i zjednodušeně na jedné pilotě (program GEO 5 automaticky určil zatížení na jednu pilotu), protože program pro skupinu pilot nedokázal správně posoudit únosnost pro tahová zatížení.

Návrhové zatížení bylo určeno z výpočetního modelu jako nejnepříznivější kombinace zatížení.

Posouzení skupiny pilot - TLAK

Vstupní data

Nastavení

(zadané pro aktuální úlohu)

Materiály a normy

Betonové konstrukce : EN 1992-1-1 (EC2)
Součinitele EN 1992-1-1 : standardní
Ocelové konstrukce : EN 1993-1-1 (EC3)
Díličí součinitel únosnosti ocelového průřezu : $\gamma_{M0} = 1,00$

Skupina pilot

Metodika posouzení : výpočet podle EN 1997
Výpočet pro odvodněné podmínky : ČSN 73 1002
Výpočet pro neodvodněné podmínky : Masopust
Účinnost skupiny pilot : La Barré (ČSN 73 1002)
Návrhový přístup : 2 - redukce zatížení a odporu

Součinitele redukce zatížení (F)			
Trvalá návrhová situace			
		Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení :	$\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]

Součinitele redukce odporu (R)			
Trvalá návrhová situace			
Součinitel redukce odporu na plášti :	$\gamma_s =$	1,10 [-]	
Součinitel redukce odporu na patě :	$\gamma_b =$	1,10 [-]	

Parametry zemín

Třída S5

Objemová tíha : $\gamma = 18,50 \text{ kN/m}^3$
Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 27,00^\circ$
Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 8,00 \text{ kPa}$
Edometrický modul : $E_{oed} = 12,50 \text{ MPa}$
Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 18,50 \text{ kN/m}^3$

Třída G2, ulehlá

Objemová tíha : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 38,50^\circ$
Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 1,00 \text{ kPa}$
Edometrický modul : $E_{oed} = 180,00 \text{ MPa}$
Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$

Třída F1, konzistence tuhá

Objemová tíha : $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$
Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 29,00^\circ$
Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 8,00 \text{ kPa}$
Edometrický modul : $E_{oed} = 24,00 \text{ MPa}$
Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$



Pouze pro nekomerční využití



Konstrukce

Šířka základové desky	$b_x = 3,90 \text{ m}$
	$b_y = 6,40 \text{ m}$
Průměr piloty	$d = 0,90 \text{ m}$
Počet pilot	$n_x = 2$
	$n_y = 3$
Osová vzdálenost	$s_x = 2,30 \text{ m}$
	$s_y = 2,30 \text{ m}$

Geometrie

Hloubka založení	$h_z = 2,50 \text{ m}$
Vysazení piloty	$h = 0,00 \text{ m}$
Tloušťka základové desky	$t = 2,40 \text{ m}$
Délka pilot	$l = 10,00 \text{ m}$

Materiál konstrukce

Objemová tíha $\gamma = 1,00 \text{ kN/m}^3$

Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992-1-1 (EC2).

Beton: C 20/25

Válcová pevnost v tlaku	$f_{ck} = 20,00 \text{ MPa}$
Pevnost v tahu	$f_{ctm} = 2,20 \text{ MPa}$
Modul pružnosti	$E_{cm} = 30000,00 \text{ MPa}$
Modul pružnosti ve smyku	$G = 12500,00 \text{ MPa}$

Ocel podélná: B500B

Mez kluzu	$f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$
-----------	-------------------------------

Ocel příčná: B500B

Mez kluzu	$f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$
-----------	-------------------------------

Geologický profil a přiřazení zemín

Číslo	Mocnost vrstvy t [m]	Hloubka z [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	2,40	0,00 .. 2,40	Třída S5	
2	6,60	2,40 .. 9,00	Třída G2, ulehlá	
3	2,30	9,00 .. 11,30	Třída F1, konzistence tuhá	
4	-	11,30 .. ∞	Třída S5	

Zatížení

Číslo	Zatížení		Název	Typ	N [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	H_x [kN]	H_y [kN]	M_z [kNm]
	nové	změna								
1	Ano		Zatížení č. 1	Návrhové	6207,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	Ano		Zatížení č. 2	Návrhové	-3760,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	Ano		Zatížení č. 1 - provozní	Užitné	4434,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	Ano		Zatížení č. 2 - provozní	Užitné	-2686,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Hladina podzemní vody

Hladina podzemní vody je v hloubce 0,80 m od původního terénu.

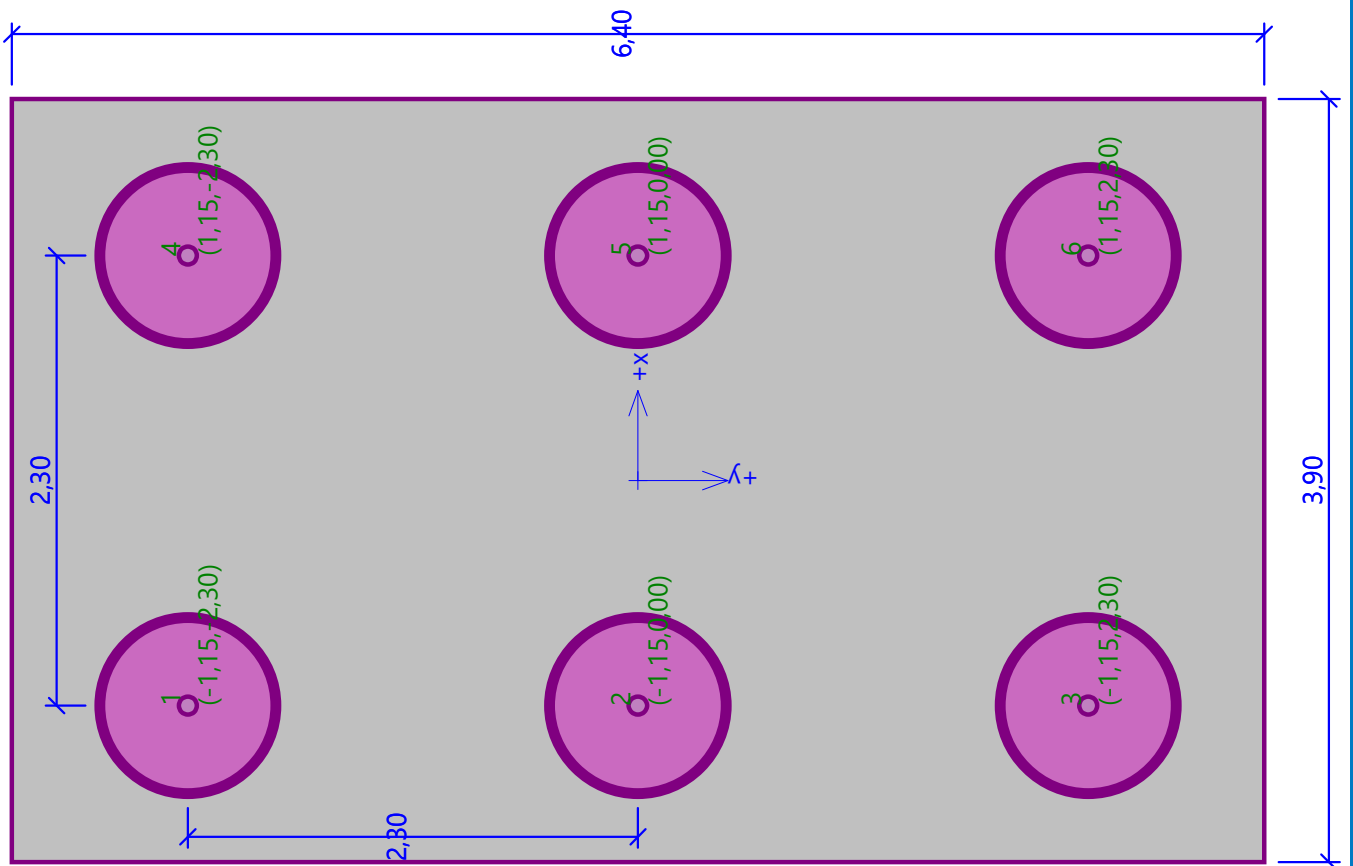


Pouze pro nekomerční využití



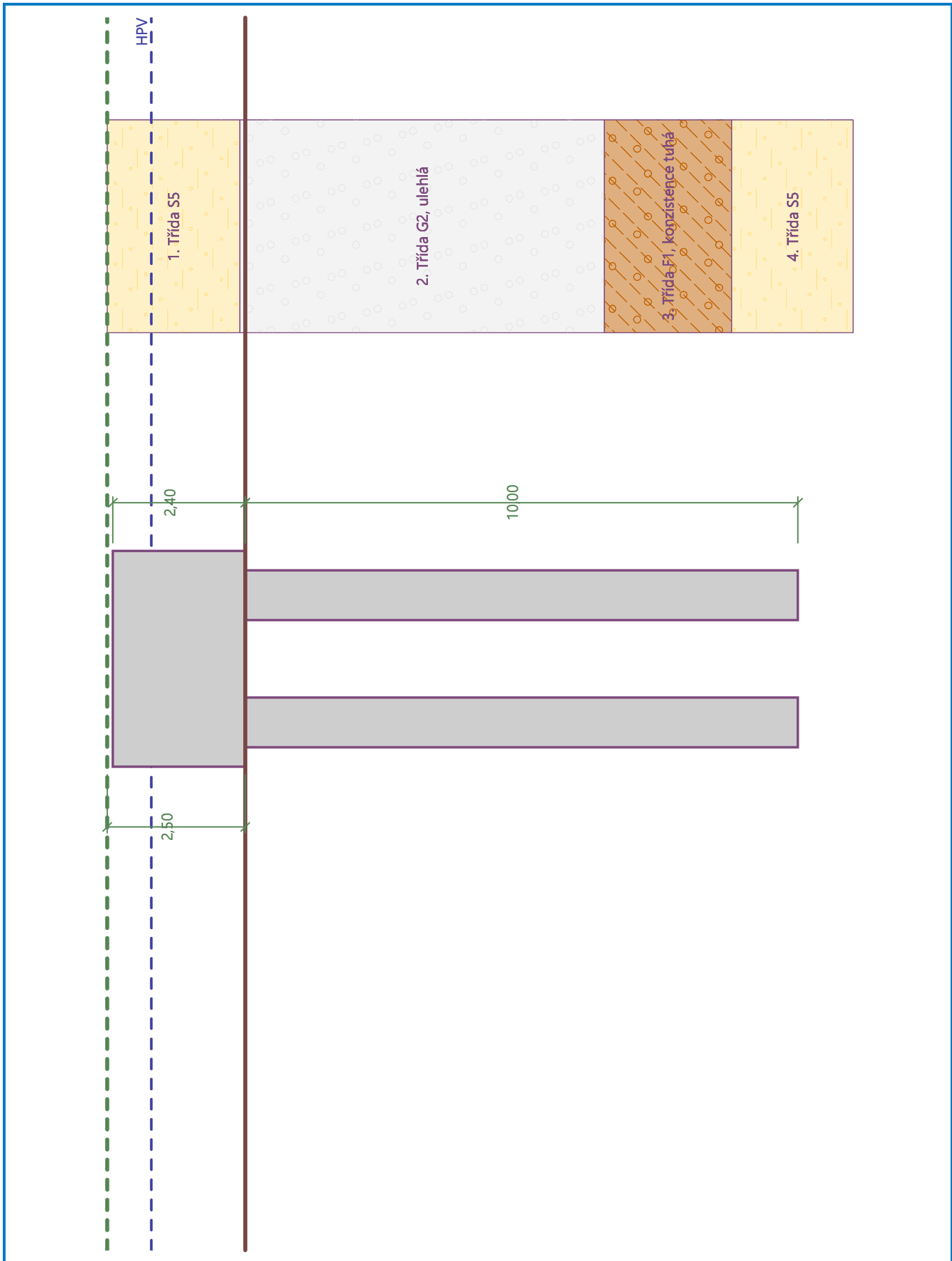
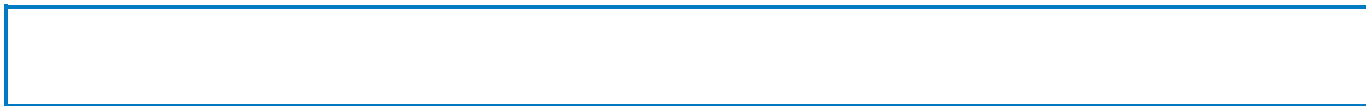
Název :

Fáze : 1



Pouze pro nekomerční využití





! Pouze pro nekomerční využití !

Celkové nastavení výpočtu

Typ výpočtu : analytické řešení
Typ podloží : nesoudržná zemina

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá

Posouzení čís. 1

Posouzení svislé únosnosti - vstupní data

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.

Souč. vlivu technologie - orientační hodnoty podle Sedleckého : $k = 1,50$
(1.5 - bet. do vrtu chráněného folií PVC,PE tl.>0.25 mm, ocelovou vypažnicí)

Posouzení svislé únosnosti skupiny pilot v nesoudržné zemině

Max. svislá síla se uvažuje včetně tíhy základové desky.

Únosnost piloty na plášti $R_s = 475,70$ kN

Únosnost piloty v patě $R_b = 1211,77$ kN

Svislá únosnost osamělé piloty $R_c = 1687,47$ kN

Svislá únosnost skupiny pilot $R_g = 7319,99$ kN

Maximální svislá síla $V_d = 6288,72$ kN

$R_g = 7319,99$ kN > $6288,72$ kN = V_d

Svislá únosnost skupiny pilot VYHOVUJE

Posouzení čís. 1

Výpočet zatěžovací křivky piloty - vstupní data

Vrstva číslo	E_s [MPa]
1	90,00
2	45,00
3	70,00

Limitní sedání piloty $s_{lim} = 25,0$ mm

Výpočet zatěžovací křivky piloty - mezivýsledky

Opravný součinitel tuhosti piloty $C_k = 0,87$

Opravný součinitel Poissonova čísla $C_v = 0,77$

Opravný součinitel tuhosti zeminy $C_b = 1,00$

Součinitel přenosu zat. nestl. piloty $\beta_0 = 0,10$

Součinitel přenosu zatížení do paty $\beta = 0,07$

Příčinkové součinitele sedání :

Základní - závislý na poměru l/d $l_0 = 0,14$

Součinitel vlivu tuhosti piloty $R_k = 1,20$

Součinitel vlivu nestlačitelné vrstvy $R_h = 1,00$

Korekční součinitel Poissonova čísla $R_v = 0,90$

Výpočet sednutí skupiny pilot v nesoudržné zemině

Max. svislá síla se uvažuje včetně tíhy základové desky.

Součinitel skupinového účinku $g_f = 2,08$

Zatížení na mezi mobilizace plášť.tření $R_{yu} = 3357,92$ kN

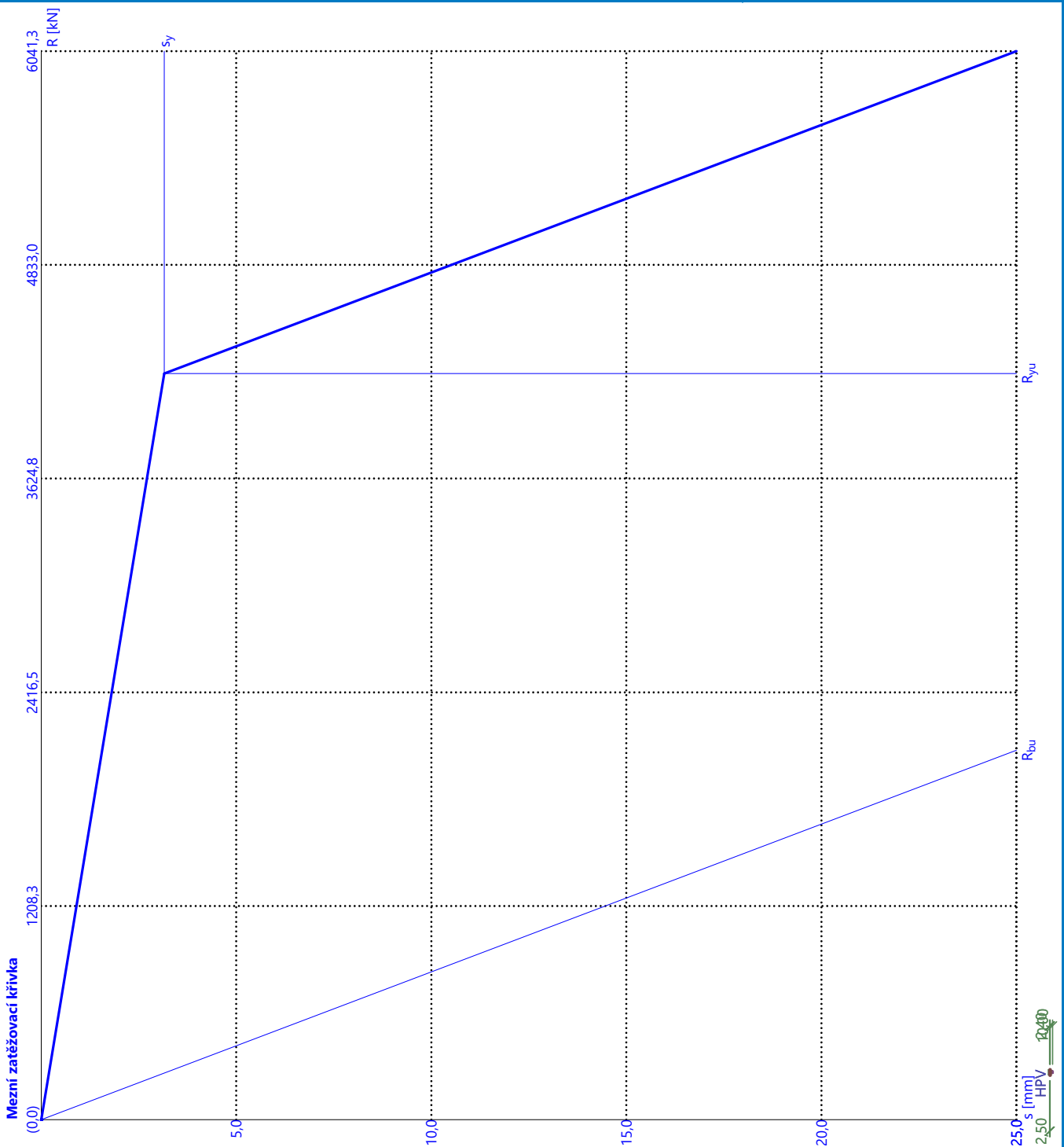
Velikost sedání odpovídající síle R_{yu} $s_y = 2,5$ mm

Celková únosnost $R_c = 5248,27$ kN

Limitní sedání $s_{lim} = 25,0$ mm

Pro maximální užité svislé zatížení $V = 4494,08$ kN je sednutí skupiny pilot 16,0 mm.





Výpočet sednutí skupiny pilot v nesoudržné zemině

Max. svislá síla se uvažuje včetně tíhy základové desky.

Součinitel skupinového účinku $g_f = 2,08$

Zatížení na mezi mobilizace pláště tření $R_{yu} = 4218,00 \text{ kN}$

Velikost sedání odpovídající síle R_{yu} $s_y = 3,2 \text{ mm}$

Celková únosnost $R_c = 6041,26 \text{ kN}$

Limitní sedání $s_{lim} = 25,0 \text{ mm}$

Pro maximální užité svislé zatížení $V = 4494,08 \text{ kN}$ je sednutí skupiny pilot $6,5 \text{ mm}$.



Pouze pro nekomerční využití



Posouzení piloty - TLAK

Vstupní data

Nastavení

(zadané pro aktuální úlohu)

Materiály a normy

Betonové konstrukce :	EN 1992-1-1 (EC2)
Součinitele EN 1992-1-1 :	standardní
Ocelové konstrukce :	EN 1993-1-1 (EC3)
Dílčí součinitel únosnosti ocelového průřezu :	$\gamma_{M0} = 1,00$
Dřevěné konstrukce :	EN 1995-1-1 (EC5)
Dílčí součinitel vlastností dřeva :	$\gamma_M = 1,30$
Součinitel vlivu zatížení a vlhkosti (dřevo) :	$k_{mod} = 0,50$
Součinitel šířky průřezu ve smyku (dřevo) :	$k_{cr} = 0,67$

Piloty

Metodika posouzení :	výpočet podle EN 1997
Výpočet pro odvodněné podmínky :	ČSN 73 1002
Zatěžovací křivka :	nelineární (Masopust)
Vodorovná únosnost :	pružný poloprostor
Návrhový přístup :	2 - redukce zatížení a odporu

Součinitele redukce zatížení (F)			
Trvalá návrhová situace			
		Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení :	$\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]

Součinitele redukce odporu (R)			
Trvalá návrhová situace			
Součinitel redukce odporu na plášti :	$\gamma_s =$	1,10 [-]	
Součinitel redukce odporu na patě :	$\gamma_b =$	1,10 [-]	
Součinitel redukce únosnosti tažené piloty :	$\gamma_{st} =$	1,15 [-]	

Geometrie

Profil piloty: kruhová

Rozměry

Průměr $d = 0,90$ m

Délka $l = 10,00$ m

Spočtené průřezové charakteristiky

Plocha $A = 6,36E-01$ m²

Moment setrvačnosti $I = 3,22E-02$ m⁴

Umístění

Vysazení $h = 0,00$ m

Hloubka upraveného terénu $h_z = 0,00$ m

Typ technologie: Vrtané piloty

Materiál konstrukce

Objemová tíha $\gamma = 1,00$ kN/m³

Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992-1-1 (EC2).

Beton: C 20/25

Válcová pevnost v tlaku $f_{ck} = 20,00$ MPa

Pevnost v tahu $f_{ctm} = 2,20$ MPa



Pouze pro nekomerční využití



Modul pružnosti $E_{cm} = 30000,00$ MPa
Modul pružnosti ve smyku $G = 12500,00$ MPa

Ocel podélná: B500B

Mez kluzu $f_{yk} = 500,00$ MPa

Ocel příčná: B500B

Mez kluzu $f_{yk} = 500,00$ MPa

Zatížení

Číslo	Zatížení		Název	Typ	N [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	H_x [kN]	H_y [kN]
	nové	změna							
1	Ano		ZS 1	Návrhové	1153,94	0,00	0,00	0,00	0,00
2	Ano		ZS 3	Užitné	828,49	0,00	0,00	0,00	0,00

Celkové nastavení výpočtu

Výpočet svislé únosnosti : analytické řešení
Typ výpočtu : výpočet pro odvodněné podmínky

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá
Metodika posouzení : bez redukce vstupních dat

Posouzení čís. 1

Posouzení svislé únosnosti piloty podle teorie MS - mezivýsledky

Výpočet únosnosti v patě:
Součinitel únosnosti $N_c = 23,94$
Součinitel únosnosti $N_d = 13,20$
Součinitel únosnosti $N_b = 9,32$
Součinitel únosnosti $K_1 = 1,00$
Výpočtová únosnost na patě piloty $R_{bd} = 2095,27$ kPa
Plocha příčného řezu piloty $A_p = 6,36E-01$ m²

Únosnost na plášti piloty:
Zkrácení účinné délky piloty $L_p = 1,26$ m

Hloubka [m]	Mocnost [m]	φ_d [°]	c_{ud} [kPa]	γ [kN/m ³]	γ_{R2} [-]	f_s [kPa]	R_{si} [kN]
6,50	6,50	38,50	1,00	10,00	1,00	16,62	277,64
8,74	2,24	29,00	8,00	9,00	1,00	34,35	198,06

Posouzení svislé únosnosti piloty podle teorie MS - výsledky

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.

Posouzení tlačené piloty:
Nejnepříznivější zatěžovací stav číslo 1. (ZS 1)
Únosnost piloty na plášti $R_s = 475,70$ kN
Únosnost piloty v patě $R_b = 1211,77$ kN

Únosnost piloty $R_c = 1687,47$ kN
Extrémní svislá síla $V_d = 1153,94$ kN

$R_c = 1687,47$ kN > $1153,94$ kN = V_d

Svislá únosnost piloty VYHOVUJE



Pouze pro nekomerční využití



Posouzení skupiny pilot - TAH

Vstupní data

Nastavení

(zadané pro aktuální úlohu)

Materiály a normy

Betonové konstrukce : EN 1992-1-1 (EC2)
Součinitele EN 1992-1-1 : standardní
Ocelové konstrukce : EN 1993-1-1 (EC3)
Dílní součinitel únosnosti ocelového průřezu : $\gamma_{M0} = 1,00$

Skupina pilot

Metodika posouzení : výpočet podle EN 1997
Výpočet pro odvodněné podmínky : ČSN 73 1002
Výpočet pro neodvodněné podmínky : Masopust
Účinnost skupiny pilot : La Barré (ČSN 73 1002)
Návrhový přístup : 2 - redukce zatížení a odporu

Součinitele redukce zatížení (F)			
Trvalá návrhová situace			
		Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení :	$\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]

Součinitele redukce odporu (R)			
Trvalá návrhová situace			
Součinitel redukce odporu na plášti :	$\gamma_s =$	1,10 [-]	
Součinitel redukce odporu na patě :	$\gamma_b =$	1,10 [-]	

Parametry zemín

Třída S5

Objemová tíha : $\gamma = 18,50 \text{ kN/m}^3$
Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 27,00^\circ$
Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 8,00 \text{ kPa}$
Edometrický modul : $E_{oed} = 12,50 \text{ MPa}$
Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 18,50 \text{ kN/m}^3$

Třída G2, ulehlá

Objemová tíha : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 38,50^\circ$
Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 1,00 \text{ kPa}$
Edometrický modul : $E_{oed} = 180,00 \text{ MPa}$
Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$

Třída F1, konzistence tuhá

Objemová tíha : $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$
Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 29,00^\circ$
Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 8,00 \text{ kPa}$
Edometrický modul : $E_{oed} = 24,00 \text{ MPa}$
Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$



Pouze pro nekomerční využití



1

Konstrukce

Šířka základové desky	$b_x = 3,90$ m
	$b_y = 6,40$ m
Průměr piloty	$d = 0,90$ m
Počet pilot	$n_x = 2$
	$n_y = 3$
Osová vzdálenost	$s_x = 2,30$ m
	$s_y = 2,30$ m

Geometrie

Hloubka založení	$h_z = 2,50$ m
Vysazení piloty	$h = 0,00$ m
Tloušťka základové desky	$t = 2,40$ m
Délka pilot	$l = 12,00$ m

Materiál konstrukce

Objemová tíha $\gamma = 1,00$ kN/m³

Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992-1-1 (EC2).

Beton: C 20/25

Válcová pevnost v tlaku	$f_{ck} = 20,00$ MPa
Pevnost v tahu	$f_{ctm} = 2,20$ MPa
Modul pružnosti	$E_{cm} = 30000,00$ MPa
Modul pružnosti ve smyku	$G = 12500,00$ MPa

Ocel podélná: B500B

Mez kluzu	$f_{yk} = 500,00$ MPa
-----------	-----------------------

Ocel příčná: B500B

Mez kluzu	$f_{yk} = 500,00$ MPa
-----------	-----------------------

Geologický profil a přiřazení zemín

Číslo	Mocnost vrstvy t [m]	Hloubka z [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	2,40	0,00 .. 2,40	Třída S5	
2	6,60	2,40 .. 9,00	Třída G2, ulehlá	
3	2,30	9,00 .. 11,30	Třída F1, konzistence tuhá	
4	-	11,30 .. ∞	Třída S5	

Zatížení

Číslo	Zatížení		Název	Typ	N [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	H _x [kN]	H _y [kN]	M _z [kNm]
	nové	změna								
1	Ano		Zatížení č. 2	Návrhové	-3760,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	Ano		Zatížení č. 2 - provozní	Užitné	-2686,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Hladina podzemní vody

Hladina podzemní vody je v hloubce 0,80 m od původního terénu.

Celkové nastavení výpočtu

Typ výpočtu : analytické řešení

Typ podloží : nesoudržná zemina

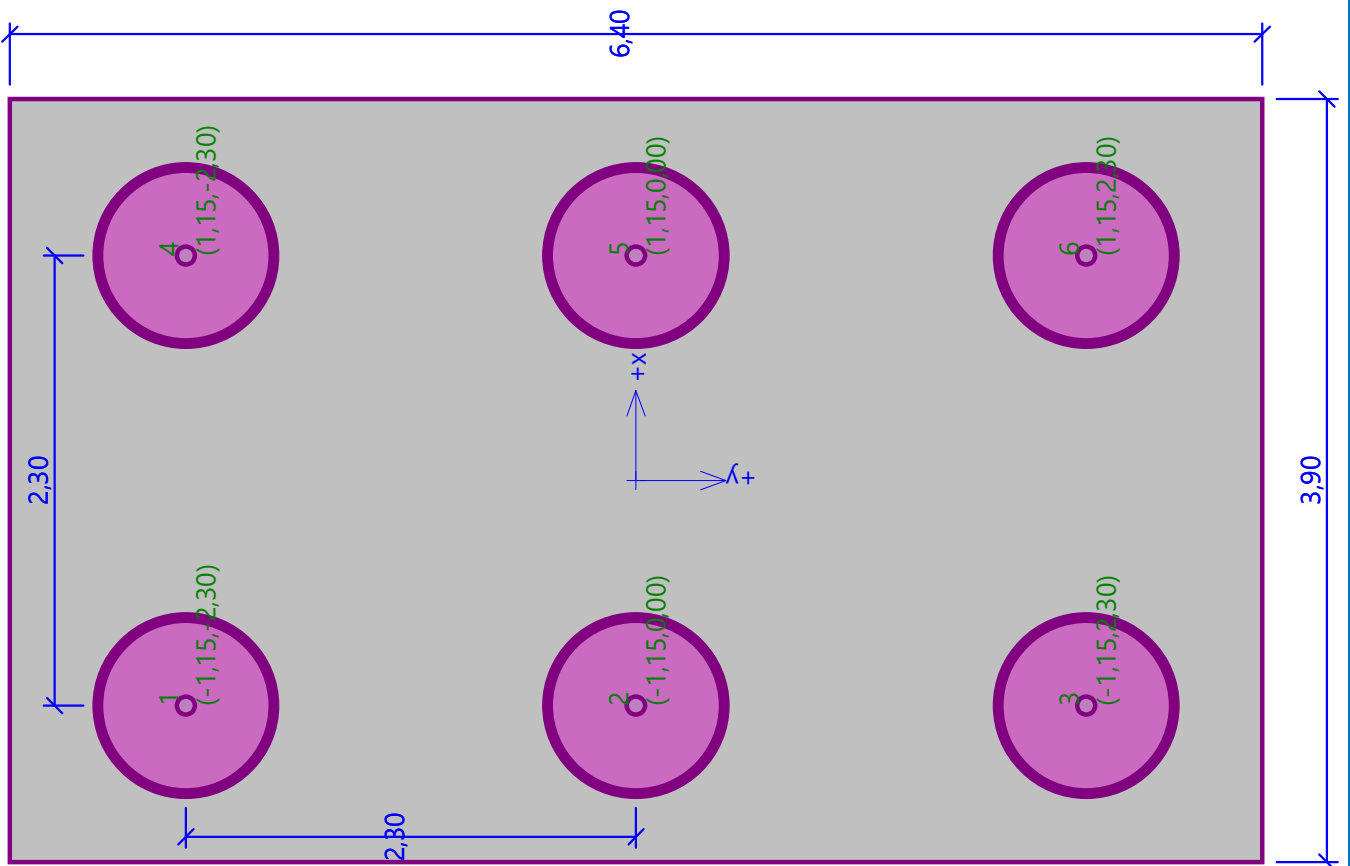


Pouze pro nekomerční využití



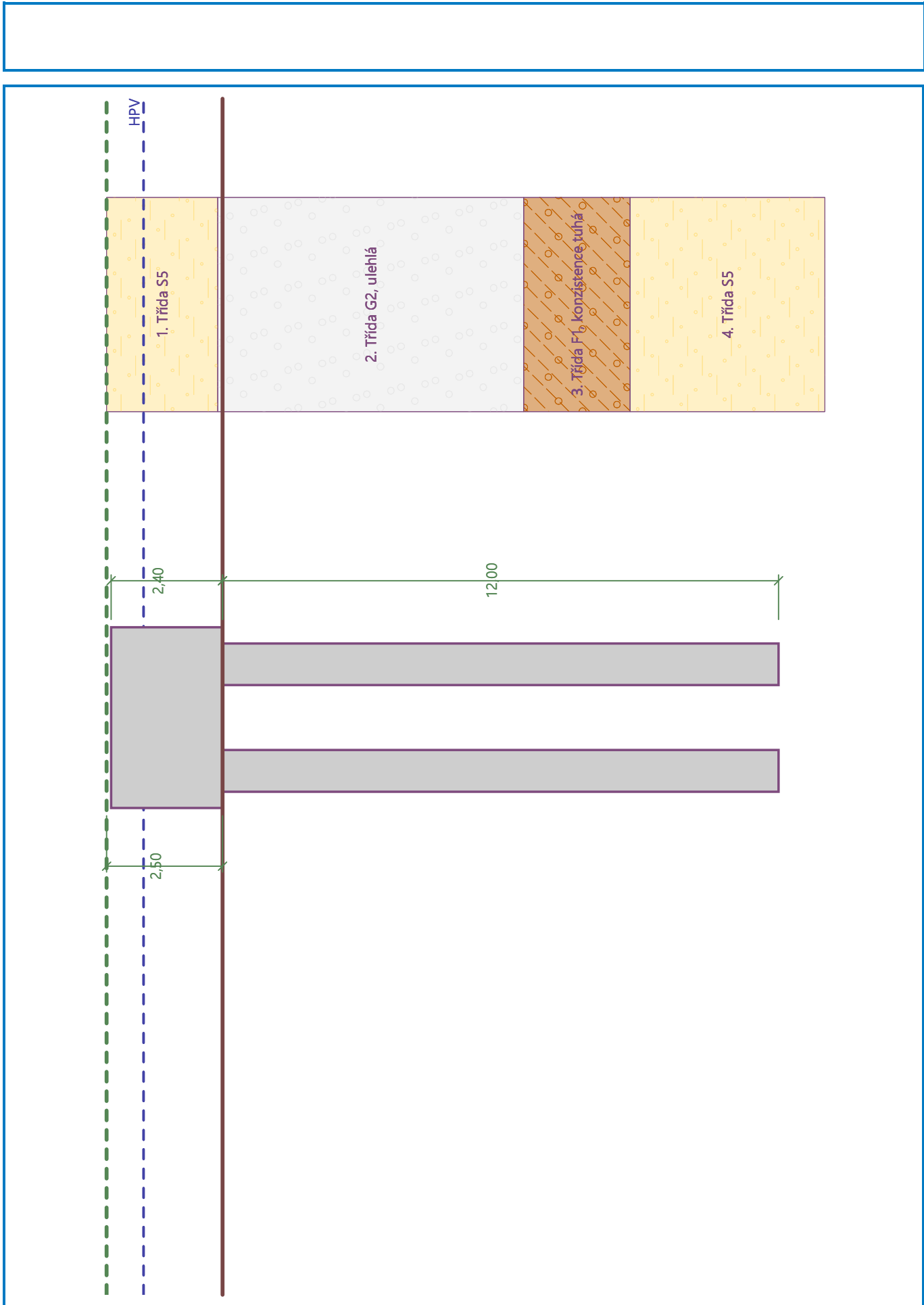
Název :

Fáze : 1



Pouze pro nekomerční využití





Pouze pro nekomerční využití



Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá

Posouzení čís. 1

Posouzení svislé únosnosti - vstupní data

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.

Souč. vlivu technologie - orientační hodnoty podle Sedleckého : $k = 1,50$

(1.5 - bet. do vrtu chráněného folií PVC,PE tl.>0.25 mm, ocelovou vypažnicí)

Posouzení svislé únosnosti skupiny pilot v nesoudržné zemině

Max. svislá síla se uvažuje včetně tíhy základové desky.

Únosnost piloty na plášti $R_s = 673,69$ kN

Únosnost piloty v patě $R_b = 1400,46$ kN

Svislá únosnost osamělé piloty $R_c = 2074,15$ kN

Svislá únosnost skupiny pilot $R_g = 8997,33$ kN

Maximální svislá síla $V_d = -3679,98$ kN

$R_g = 8997,33$ kN > $-3679,98$ kN = V_d

Svislá únosnost skupiny pilot VYHOVUJE

Posouzení čís. 1

Výpočet zatěžovací křivky piloty - vstupní data

Vrstva číslo	E_s [MPa]
1	90,00
2	45,00
3	70,00

Limitní sedání piloty $s_{lim} = 25,0$ mm

Výpočet zatěžovací křivky piloty - mezivýsledky

Opravný součinitel tuhosti piloty $C_k = 0,85$

Opravný součinitel Poissonova čísla $C_v = 0,78$

Opravný součinitel tuhosti zeminy $C_b = 1,00$

Součinitel přenosu zat. nestl. piloty $\beta_0 = 0,09$

Součinitel přenosu zatížení do paty $\beta = 0,06$

Příčinkové součinitele sedání :

Základni - závislý na poměru l/d $l_0 = 0,12$

Součinitel vlivu tuhosti piloty $R_k = 1,24$

Součinitel vlivu nestlačitelné vrstvy $R_h = 1,00$

Korekční součinitel Poissonova čísla $R_v = 0,91$

Výpočet sednutí skupiny pilot v nesoudržné zemině

Max. svislá síla se uvažuje včetně tíhy základové desky.

Součinitel skupinového účinku $g_f = 2,08$

Zatížení na mezi mobilizace plášť.tření $R_{yu} = 4726,15$ kN

Velikost sedání odpovídající síle R_{yu} $s_y = 3,1$ mm

Celková únosnost $R_c = 6603,77$ kN

Limitní sedání $s_{lim} = 25,0$ mm



Název :

Fáze - výpočet : 1 - 1



Výpočet sednutí skupiny pilot v nesoudržné zemině

Max. svislá síla se uvažuje včetně tíhy základové desky.

Součinitel skupinového účinku $g_f = 2,08$

Zatížení na mezi mobilizace plášť.tření $R_{yu} = 4726,15 \text{ kN}$

Velikost sedání odpovídající síle R_{yu} $s_y = 3,1 \text{ mm}$

Celková únosnost $R_c = 6603,77 \text{ kN}$

Limitní sedání $s_{lim} = 25,0 \text{ mm}$



Pouze pro nekomerční využití



Posouzení piloty - TAH

Vstupní data

Nastavení

(zadané pro aktuální úlohu)

Materiály a normy

Betonové konstrukce :	EN 1992-1-1 (EC2)
Součinitele EN 1992-1-1 :	standardní
Ocelové konstrukce :	EN 1993-1-1 (EC3)
Dílčí součinitel únosnosti ocelového průřezu :	$\gamma_{M0} = 1,00$
Dřevěné konstrukce :	EN 1995-1-1 (EC5)
Dílčí součinitel vlastností dřeva :	$\gamma_M = 1,30$
Součinitel vlivu zatížení a vlhkosti (dřevo) :	$k_{mod} = 0,50$
Součinitel šířky průřezu ve smyku (dřevo) :	$k_{cr} = 0,67$

Piloty

Metodika posouzení :	výpočet podle EN 1997
Výpočet pro odvodněné podmínky :	ČSN 73 1002
Zatěžovací křivka :	nelineární (Masopust)
Vodorovná únosnost :	pružný poloprostor
Návrhový přístup :	2 - redukce zatížení a odporu

Součinitele redukce zatížení (F)			
Trvalá návrhová situace			
		Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení :	$\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]

Součinitele redukce odporu (R)			
Trvalá návrhová situace			
Součinitel redukce odporu na plášti :	$\gamma_s =$	1,10 [-]	
Součinitel redukce odporu na patě :	$\gamma_b =$	1,10 [-]	
Součinitel redukce únosnosti tažené piloty :	$\gamma_{st} =$	1,15 [-]	

Geometrie

Profil piloty: kruhová

Rozměry

Průměr $d = 0,90$ m

Délka $l = 12,00$ m

Spočtené průřezové charakteristiky

Plocha $A = 6,36E-01$ m²

Moment setrvačnosti $I = 3,22E-02$ m⁴

Umístění

Vysazení $h = 0,00$ m

Hloubka upraveného terénu $h_z = 0,00$ m

Typ technologie: Vrtané piloty

Materiál konstrukce

Objemová tíha $\gamma = 1,00$ kN/m³

Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992-1-1 (EC2).

Beton: C 20/25

Válcová pevnost v tlaku $f_{ck} = 20,00$ MPa

Pevnost v tahu $f_{ctm} = 2,20$ MPa



Pouze pro nekomerční využití



Modul pružnosti $E_{cm} = 30000,00$ MPa
Modul pružnosti ve smyku $G = 12500,00$ MPa

Ocel podélná: B500B

Mez kluzu $f_{yk} = 500,00$ MPa

Ocel příčná: B500B

Mez kluzu $f_{yk} = 500,00$ MPa

Zatížení

Číslo	Zatížení		Název	Typ	N [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	H_x [kN]	H_y [kN]
	nové	změna							
1	Ano		ZS 2	Návrhové	-675,26	0,00	0,00	0,00	0,00
2	Ano		ZS 4	Užitné	-478,09	0,00	0,00	0,00	0,00

HPV + nestlačitelné podloží

Hladina podzemní vody je v hloubce -1,70 m od původního terénu.

Nestlačitelné podloží je v hloubce 2,00 m od původního terénu.

Celkové nastavení výpočtu

Výpočet svislé únosnosti : analytické řešení

Typ výpočtu : výpočet pro odvodněné podmínky

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá

Metodika posouzení : bez redukce vstupních dat

Posouzení čís. 1

Únosnost tažené piloty:

Hloubka [m]	Mocnost [m]	φ_d [°]	c_{ud} [kPa]	γ [kN/m ³]	γ_{R2} [-]	f_s [kPa]	R_{si} [kN]
6,50	6,50	38,50	1,00	10,00	1,00	16,62	305,41
8,80	2,30	29,00	8,00	9,00	1,00	34,44	223,94
12,00	3,20	27,00	8,00	8,50	1,00	40,26	364,30

Posouzení svislé únosnosti piloty podle teorie MS - výsledky

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.

Posouzení tažené piloty:

Nejnepříznivější zatěžovací stav číslo 2. (ZS 4)

Únosnost tažené piloty $R_{sdt} = 777,09$ kN

Vlastní hmotnost piloty $w_p = -68,71$ kN

Extrémní tahová síla $V_d = 743,96$ kN

$$R_c = 777,09 \text{ kN} > 743,96 \text{ kN} = V_d$$

Únosnost tažené piloty VYHOVUJE





3. Závěr

Dle statického výpočtu je zřejmé, že navržené založení na dané zatížení vyhoví.

Analytickým řešením bylo pro maximální užité svislé zatížení spočteno sednutí skupiny pilot 6,5 mm.



4. Použité výpočetní programy

GEO 5



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí

Lávka přes řeku Labe v Hradci Králové

Footbridge crossing the Labe River in Hradec Králové

Bakalářská práce

Část E: Výkresová dokumentace

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

Vedoucí práce: prof. Ing. Jan L. Vítek, CSc., FEng.

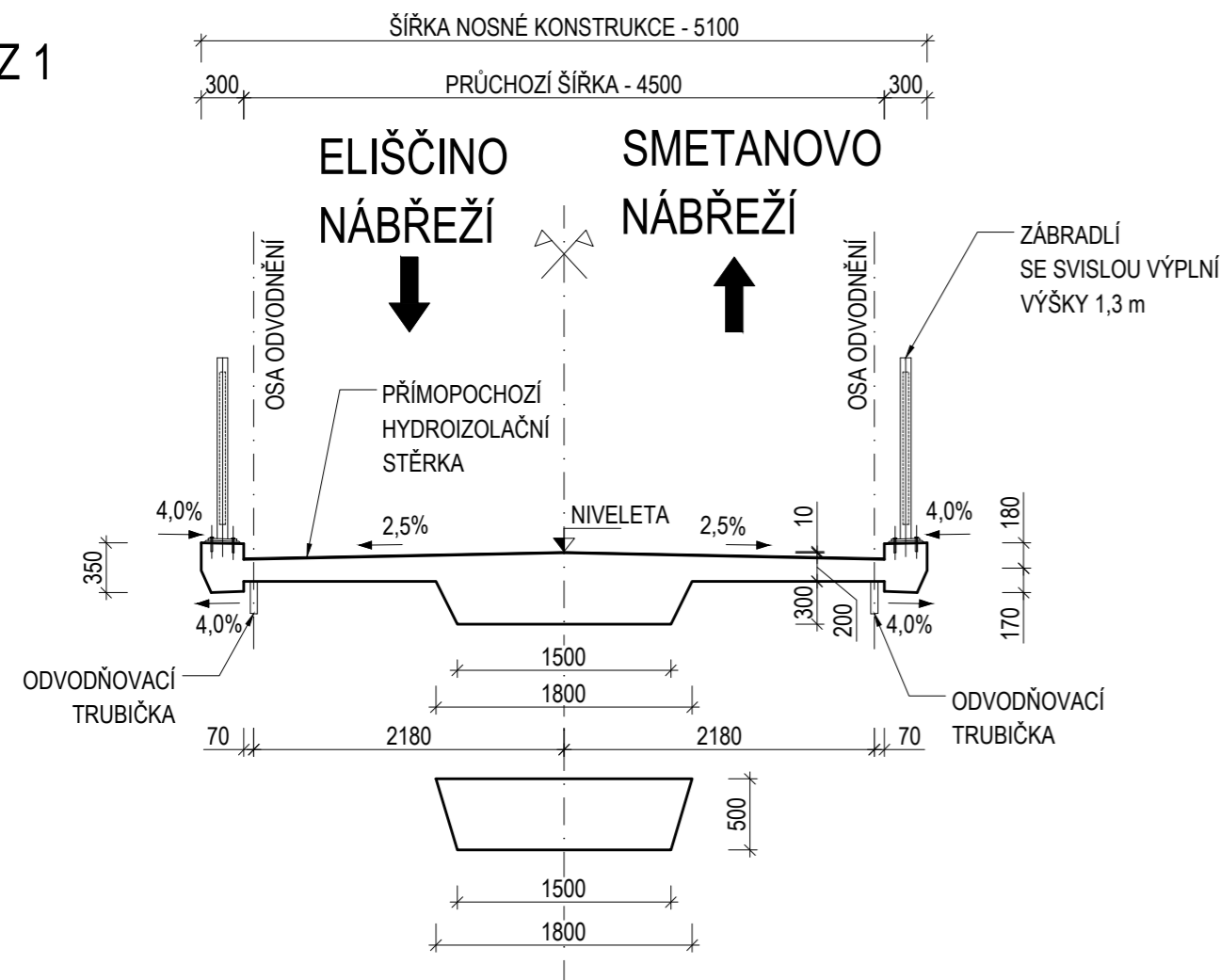
Tomáš Vízner

Praha 2022

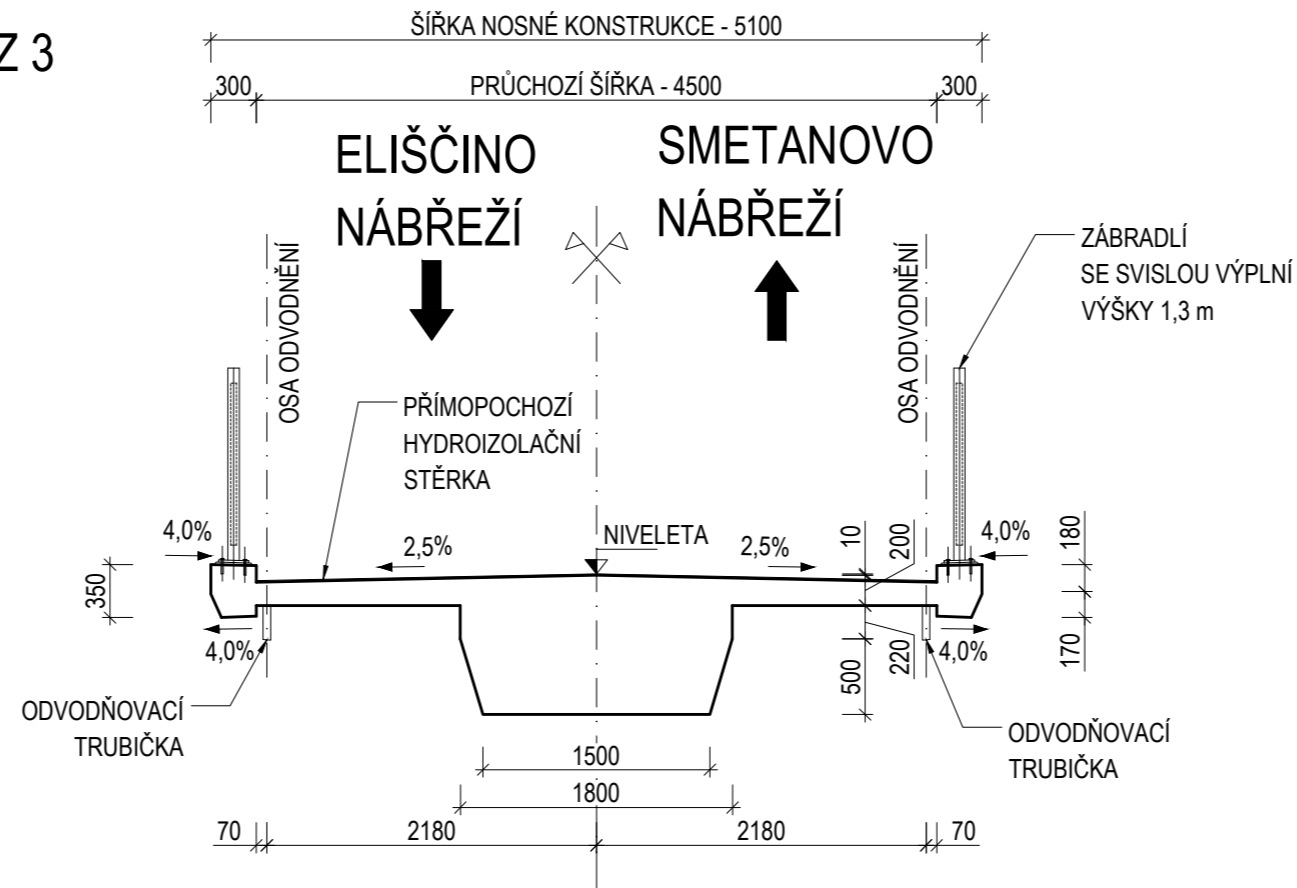
PŘÍČNÉ ŘEZY

M 1:50

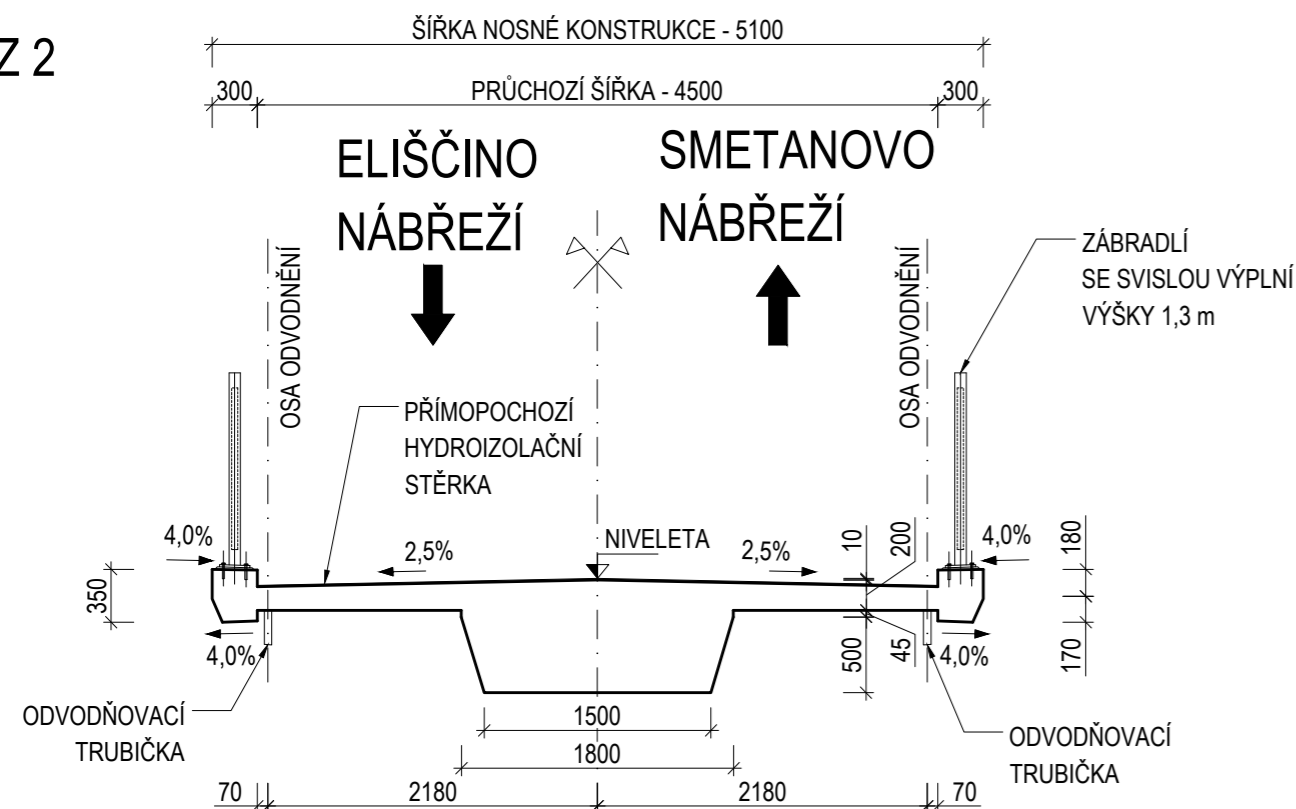
ŘEZ 1



ŘEZ 3



ŘEZ 2



MATERIÁL:

PEVNOSTNÍ TRÍDY DLE ČSN EN 1992-1-1
STUPNĚ VLIVU PROSTŘEDÍ DLE TKP 18 A ČSN EN 206

NOSNÁ KONSTRUKCE

C40/50 - XF4, XD3, XC3

BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ
PŘEDPÍNAČÍ VÝZTUŽ

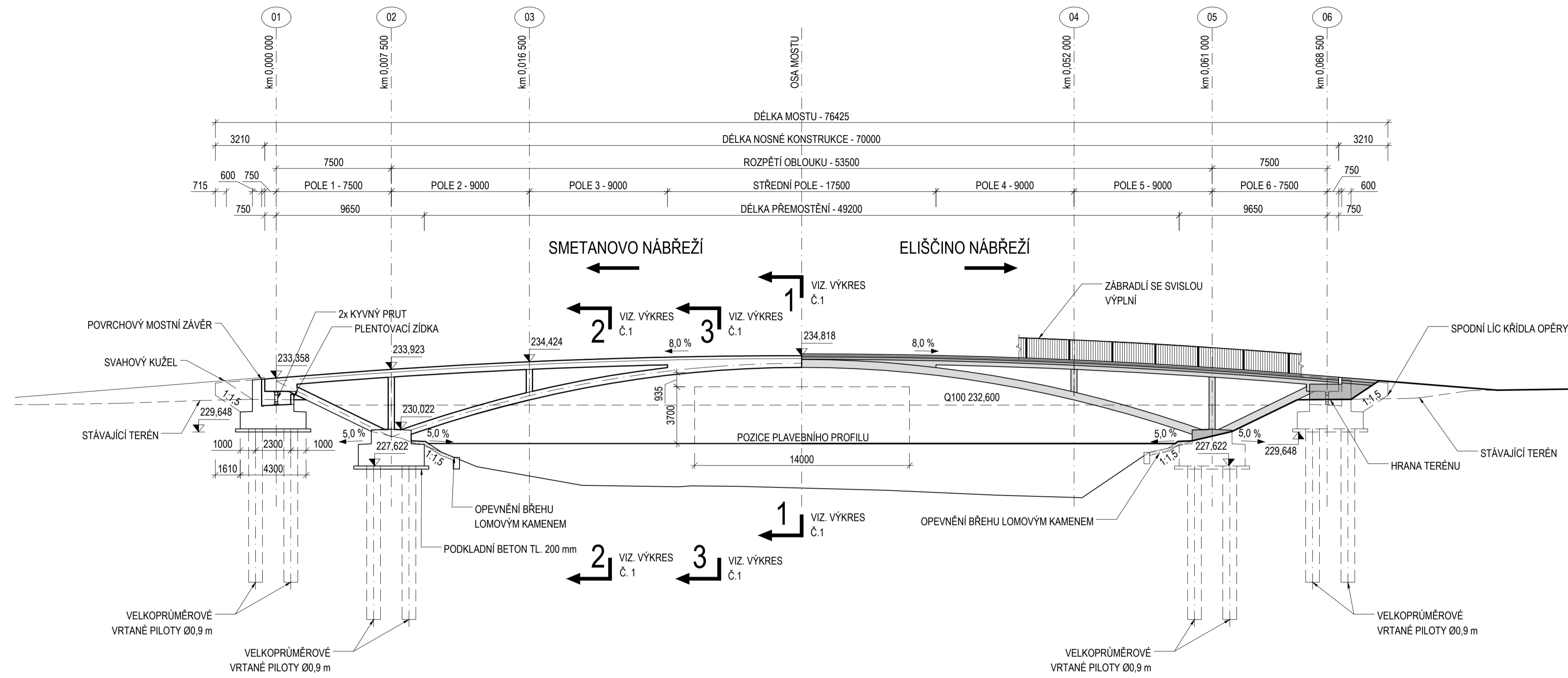
B500B
Y1860S7 - 15,7 - A

POZNÁMKY:

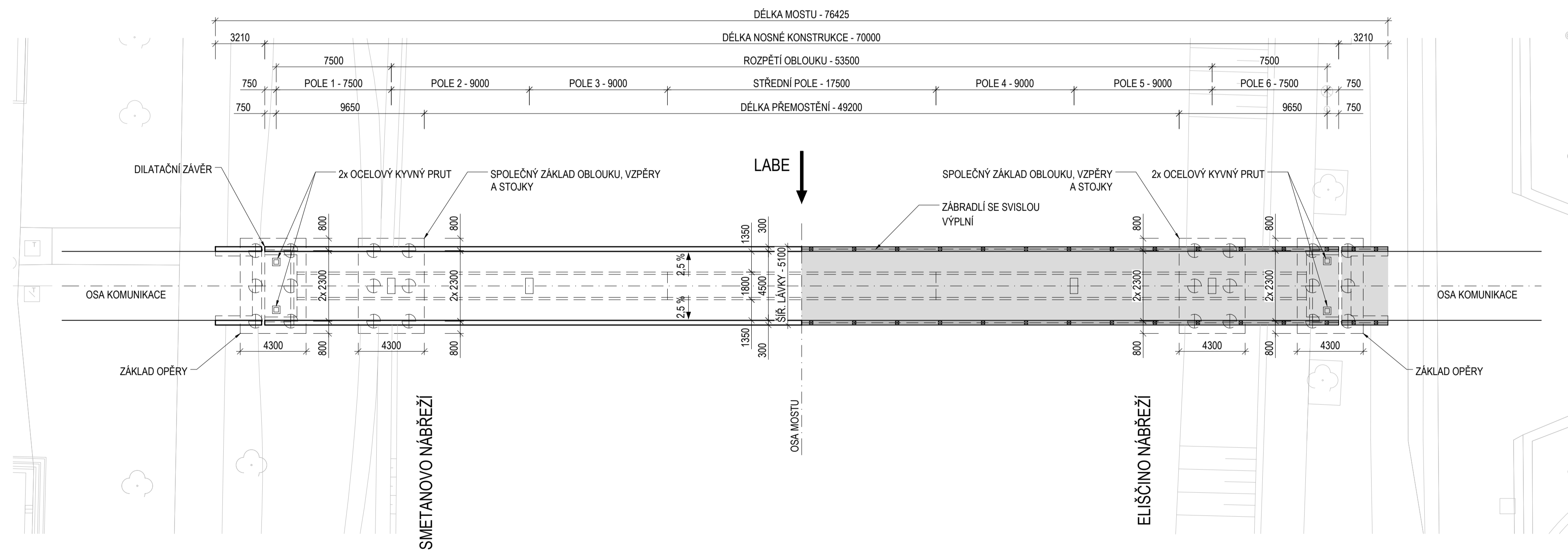
- POKUD NENÍ NA VÝKRESE UVEDENO JINAK, ZKOSENÍ HRAN 15/15 mm
- DETAILS BUDOU PROVEDENY DLE VZOROVÝCH LISTŮ VL4 (LEDEN 2021)
- ŘEZ 1 LEŽÍ V POLOVINĚ ROZPĚTÍ TŘETÍHO POLE MOSTOVKY VIZ. VÝKRES Č. 2
- ŘEZ 2 LEŽÍ VE STŘEDU ROZPĚTÍ LÁVKY VIZ. VÝKRES Č. 2
- ŘEZ 3 VIZ. VÝKRES Č. 2

Zpracoval: Tomáš Vizner	Vyučující: prof. Ing. Jan L. Vítek, CSc., FEEng.	Ročník: 4. roč. - K	
Předmět: 133BAPK - Bakalářská práce	Katedra: 133		
Projekt: Lávka přes řeku Labe v Hradci Králové			
Výkres: Příčné řezy	Číslo výkresu: 1	Formát: 3x A4	
		Měřítko: 1:200, 1:100	
		Datum: 5. 5. 2022	

PODÉLNÝ ŘEZ/POHLED
M 1:200



PŮDORYS
M 1:200



MATERIÁL:

PEVNOSTNÍ TRÍDY DLE ČSN EN 1992-1-1
STUPNĚ VLIVU PROSTŘEDÍ DLE TKP 18 A ČSN EN 206

PODKLADNÍ BETON PILOTY	C12/15 - X0 C20/25 - XA2
ZÁKLADY OPĚR A OBLOUKU OPĚRY	C20/25 - XF2, XC2, XA2 C30/37 - XF3, XD2, XC2, XA2
NOSNÁ KONSTRUKCE	C40/50 - XF4, XD3, XC3

BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ PŘEDPÍNAČÍ VÝZTUŽ	B500B Y1860S7 - 15,7 - A
--	-----------------------------

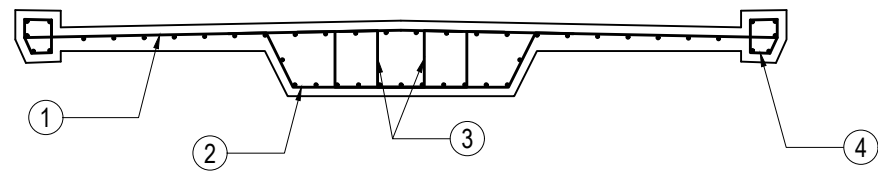
POZNÁMKY:

- POKUD NEJÍ NA VÝKRESE UVEDENO JINAK, ZKOSENÍ HRAN 15/15 mm
- DETAILS BUDOU PROVEDENY DLE VZOROVÝCH LISTŮ VL4 (LEDEN 2021)

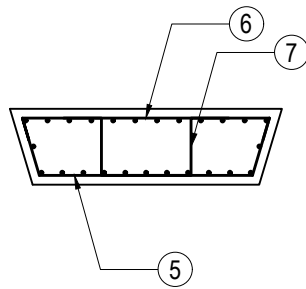
Zpracoval: Tomáš Vizner	Využil: prof. Ing. Jan L. Vitek, CSc., FEng.	Ročník: 4. roč. - K	
Předmět: 133BAPK - Bakalářská práce	Katedra: 133		
Projekt: Lávka přes řeku Labe v Hradci Králové			
Výkres: Podélný řez/pohled Půdorys	Číslo výkresu: 2	Formát: 8x A4	
		Měřítko: 1:200	
		Datum: 5. 5. 2022	

VÝKRES VÝZTUŽE V PŘÍČNÝCH ŘEZECH M 1:50

ŘEZ - MOSTOVKA



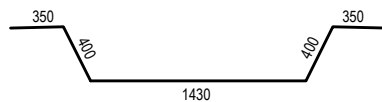
ŘEZ - OBLOUK



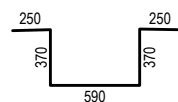
① Ø16 L = 4690 mm

4690

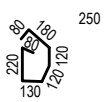
② Ø12 L = 2930 mm



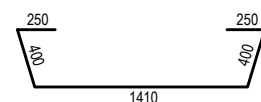
③ Ø12 L = 1830 mm



④ Ø12 L = 930 mm



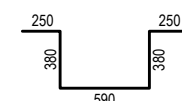
⑤ Ø12 L = 2710 mm



⑥ Ø12 L = 1640 mm



⑦ Ø12 L = 1850 mm



MATERIÁL:

PEVNOSTNÍ TŘÍDY DLE ČSN EN 1992-1-1
STUPNĚ VLIVU PROSTŘEDÍ DLE TKP 18 A ČSN EN 206

NOSNÁ KONSTRUKCE

C40/50 - XF4, XD3, XC3

BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ

B500B

KRYTÍ BETONÁŘSKÉ VÝZTUŽE:

MINIMÁLNÍ KRYTÍ c_{min} - 45 mm

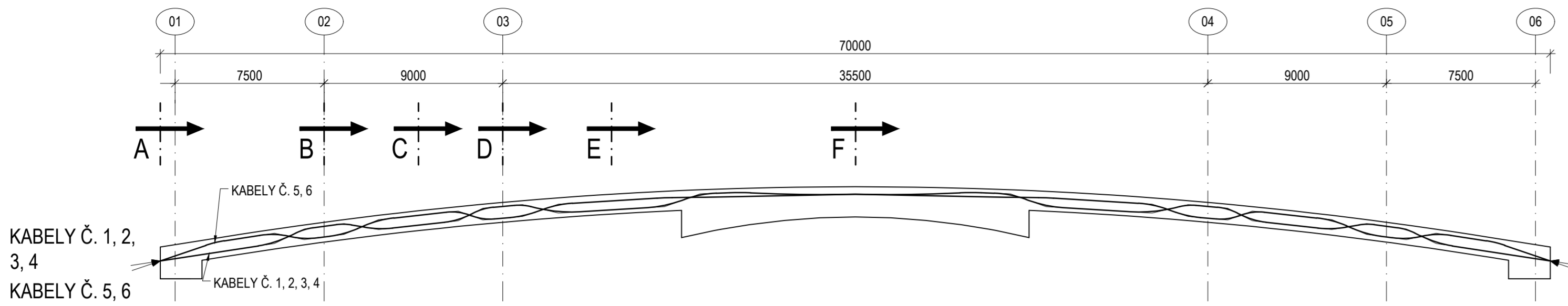
NOMINÁLNÍ KRYTÍ c_{nom} - 55 mm

POZNÁMKY:

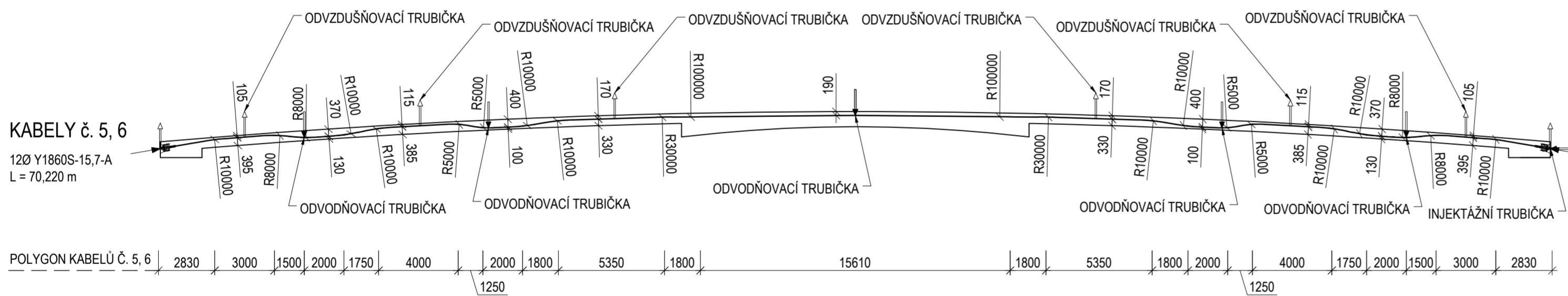
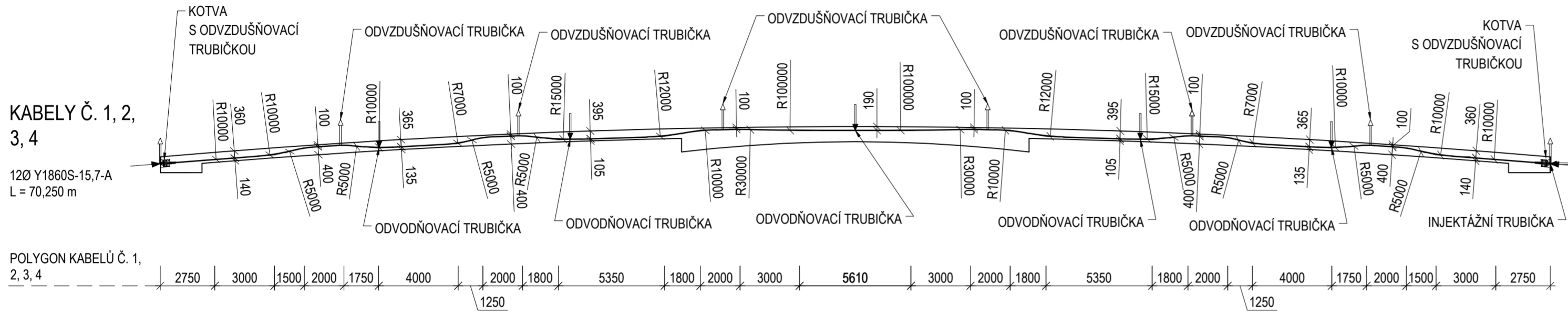
- TENTO VÝKRES SLOUŽÍ POUZE K PŘEHLEDU USPOŘÁDÁNÍ VÝZTUŽE V PŘÍČNÝCH ŘEZECH

Zpracoval: Tomáš Vízner	Vyučující: prof. Ing. Jan L. Vitek, CSc., FEng.	Ročník: 4. roč. - K	
Předmět: 133BAPK - Bakalářská práce		Katedra: 133	
Projekt: Lávka přes řeku Labe v Hradci Králové			
Výkres: Výkres výztuže v příčných řezech		Číslo výkresu: 3	Formát 2x A4
			Měřítko: 1:50
			Datum: 5. 5. 2022

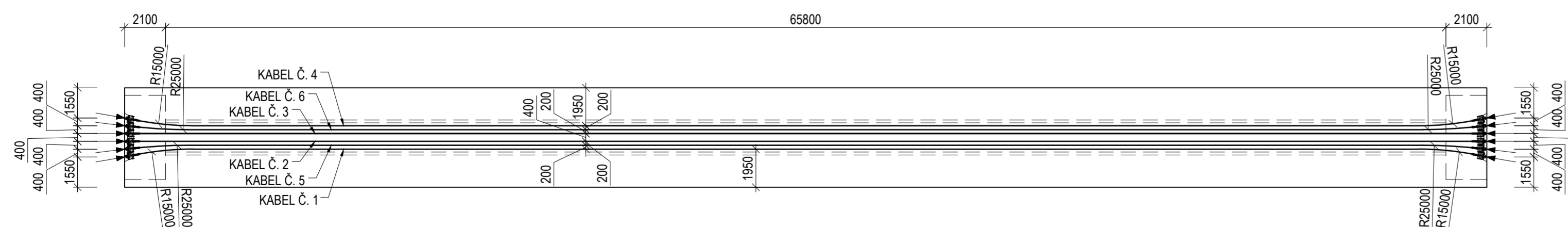
PODÉLNÉ SCHÉMA PŘEDPĚTÍ M 1:200/100



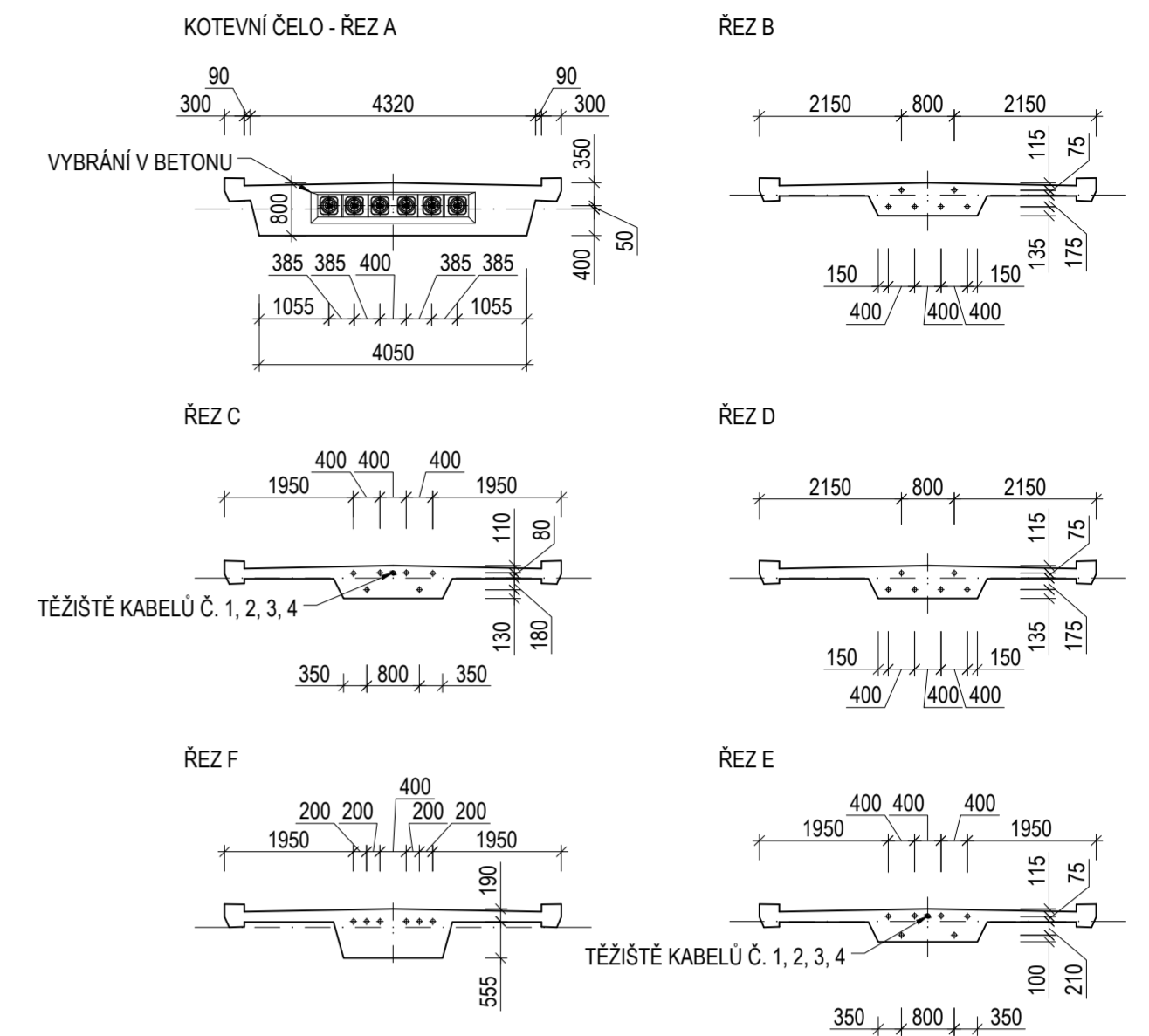
TVAR KABELU V PODÉLNÉM ŘEZU M 1:200



TVAR KABELU V PŮDORYSU M 1:200



PŘÍČNÉ ŘEZY M 1:100



LEGENDA ZNAČENÍ:

- KOTVA PŘEDPĚTÍ Y1860S7-15,7-A
- MÍSTO NAPÍNÁNÍ
- MÍSTO INJEKTÁŽE
- MÍSTO OSAZENÍ ODVZDUŠŇOVACÍCH TRUBIČEK

MATERIÁL:

PEVNOSTNÍ TŘÍDY DLE ČSN EN 1992-1-1
STUPNĚ VLIVU PROSTŘEDÍ DLE TKP 18 A ČSN EN 206

NOSNÁ KONSTRUKCE

C40/50 - XF4, XD3, XC3

BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ PŘEDPÍNAČÍ VÝZTUŽ

B500B
Y1860S7 - 15,7 - A

KRYTÍ PŘEDPÍNAČÍ VÝZTUŽE:

MINIMÁLNÍ KRYTÍ c_{min} - 60 mm
NOMINÁLNÍ KRYTÍ c_{nom} - 70 mm

KRYTÍ BETONÁŘSKÉ VÝZTUŽE:

MINIMÁLNÍ KRYTÍ c_{min} - 45 mm
NOMINÁLNÍ KRYTÍ c_{nom} - 55 mm

POZNÁMKY:

- V POLI V NEJNÍŽŠÍM MÍSTĚ KABELŮ BUDOU UMÍSTĚNY INJEKTÁŽNÍ OBJÍMKY A TRUBKY S VYVEDENÍM NAD NOSNOU KONSTRUKCI
- VŠECHNY KABELY JSOU NAD STOJKAMI OPATŘENY ODVZDUŠŇOVACÍMI TRUBKAMI VYVEDENÝM NAD POVRCH NOSNÉ KONSTRUKCE
- ODSKRUŽENÍ NOSNÉ KONSTRUKCE JE MOŽNÉ AŽ PO NAPNUTÍ VŠECH KABELŮ
- PODROBNÉ VYTÝČENÍ KABELŮ (VYTÝČOVACÍ MŘÍŽKY) BUDOU SOUČÁSTÍ DOKUMENTACE ZHOTOVITELE
- SMĚROVÉ VEDENÍ KABELŮ SE PŘEDPOKLÁDÁ POMOCÍ VODOROVNÉ BETONÁŘSKÉ VÝZTUŽE VÁZANÉ NA SMYKOVÉ SPONY
- OKA PRO UCHYCENÍ KABELU BUDOU PROVEDENA Z BETONÁŘSKÉ VÝZTUŽE Ø12
- S OHLEDEM NA VÝSLEDKY KOROZÍHO PRŮZKUMU NENÍ NUTNÉ POUŽÍT SYSTÉM PŘDPĚTÍ V ELEKTROIZOLAČNÍ ÚPRAVĚ

PŘEDPÍNAČÍ PŘEDPIS:

1. VŠECHNY KABELY SE NAPÍNÁJÍ NA NAPĚTÍ 1425 MPa (4061 kN), PODRŽÍ SE MINIMÁLNĚ 5 MINUT A ZAKOTVÍ PŘI SHODNÉM NAPĚTÍ.
2. KABELY SE NAPNOU NA 25% KOTEVNÍHO NAPĚTÍ, ODEČTE SE PROTAŽENÍ, NAPNOU SE NA 100%. POTÉ SE ZNOVU ODEČTE PROTAŽENÍ.
3. PO UKONČENÍ NAPÍNÁNÍ BUDOU VŠECHNY KABELY TLAKOVĚ ZAINJEKTOVÁNY CEMENTOVOU MALTOU DLE TP PŘÍSLUŠNÉHO PŘEDPÍNAČÍHO SYSTÉMU.
4. V PŘÍPADĚ, ŽE SE PŘI KONTROLNÍCH ZKOUŠKÁCH ZJISTÍ JINÁ SKUTEČNÁ PLOCHA LANA NEŽ UVAŽOVANÁ (150 mm²), JMENOVITÁ PŘEDPÍNAČÍ NAPĚTÍ SE UPRAVÍ PODLE PŘEDEPISANÉ HODNOTY PŘEDPÍNAČÍ SÍLY

LANA SE BUDOU NAPÍNAT V TOMTO POŘADÍ:

1. KABEL Č. 1 A Č. 4
2. KABEL Č. 5 A Č. 6
3. KABEL Č. 2 A Č. 3

Zpracoval: Tomáš Vizner	Využijící: prof. Ing. Jan L. Vitek, CSc., FEng.	Ročník: 4. roč. - K	
Předmět: 133BAPK - Bakalářská práce	Katedra: 133		
Projekt: Lávka přes řeku Labe v Hradci Králové			
Výkres: Výkres předpínací výztuže	Číslo výkresu: 4	Formát: 6x A4	
		Měřítko: 1:200, 1:100	
		Datum: 5. 5. 2022	