



EURÓPSKA ÚNIA

Kohézny fond
OP Integrovaná infraštruktúra 2014 – 2020



MINISTERSTVO

DOPRAVY A VÝSTAVBY
SLOVENSKEJ REPUBLIKY



Výškový systém: Bpv
Súradnicový systém: S-JTSK v realizácii JTSK

Manažér projektu:	Ing. Ján Tóth	<i>Tóth</i>	 Trnavská cesta 27, 831 04 Bratislava Kominárska 2-4, 832 03 Bratislava
Hlavný inžinier projektu:	Ing. Marek Balko	<i>Balko</i>	
Generálny projektant: Združenie MET Košice			
Investor - stavebník:	 Mesto Košice Trieda SNP 48/A 040 11 Košice	Zákazkové číslo: 2016 Stupeň - účel: DSP	

Zodpovedný projektant objektu:	Ing. Ľubomír Chromý	<i>Chromý</i>	 Žriedlová 1, 040 01 Košice Riaditeľ: Ing. Ján Tóth
Navrhovateľ - vypracoval:	Ing. Rastislav Písarčík	<i>Písarčík</i>	
Kontroloval:	Ing. Ľubomír Chromý	<i>Chromý</i>	
Kraj:	Košický	Okres: Košice	
Stavba: KE, Modernizácia električkových tratí MET v meste Košice, 2. etapa			Stupeň - účel: DSP
UČS: UČS 17 Ul. Slanecká, úsek trate križ. VSS (mimo) - Obratisko Važecká (mimo)			Zákazkové číslo: 2016
Objekt/súbor: SO 17-12-01 TÚ križ. VSS (mimo), Rekonštrukcia mosta a lávky pre peších nad železničnou traťou			Dátum: 08/2023
Názov prílohy: Statické posúdenie			Počet A4: 40
			Mierka: -
			Časť: E.17
			Súprava:
			Príloha: 9

1	Identifikačné údaje	3
1.1	Základné údaje o moste (STN 73 6200).....	3
2	Predpoklady a postup statického výpočtu mosta.....	4
2.1	Použité podklady	4
2.2	Použité predpisy a normy	4
2	Úvod.....	5
3	Geometria mosta – nový stav	5
4	Materiály	9
4.1	Pôvodná konštrukcia	9
4.1.1	Betón	9
4.1.2	Betonárska výstuž.....	9
4.1.3	Predpínacia výstuž.....	10
4.2	Použité materiály – zosilnenie a nové časti NK	11
4.2.1	Betón	11
4.2.2	Betonárska výstuž.....	11
4.3	Výpočet zaťaženia	11
4.3.1	Stále zaťaženie.....	11
4.3.1.1	Vlastná tiaž	11
4.3.1.2	Ostatné stále zaťaženie	12
4.3.1.3	Predpätie	13
4.3.1.4	Zmrašťovanie	13
4.3.1.5	Sadanie podpier	13
4.3.2	Premenné zaťaženie.....	13
4.3.2.1	Zaťaženie dopravou.....	13
Obr. 6	Zaťažovací model električkových vozidiel.	13
4.3.2.2	Brzdné a rozjazdové sily	13
4.3.2.3	Bočné rázy	14
4.3.2.4	Zaťaženie chodníkov a cyklistických pruhov lávok pre peších.....	14
4.3.2.5	Zaťaženie vetrom.....	14
4.3.2.5.1	Sila vetra v smere x	14
Fundamentálna hodnota základnej rýchlosti vetra $v_{b,0}$		14
4.3.2.5.2	Sila vetra v smere z (čl. 8.3.3).....	15
4.3.3	Zaťaženie účinkami teploty	15
5	Kombinácie zaťažení.....	16
6	Výpočet nosnej konštrukcie	16
6.1	Výpočtový model	16

6.2	Namáhanie konštrukcie	17
6.2.1	Vnútorne sily – spodná stavba.....	17
6.2.1.1	Stále zaťaženie – vlastná tiaž + ostatné stále zaťaženie g_0+g_1	17
6.2.1.2	Zaťaženie dopravou – električky	18
6.2.1.3	Zaťaženie dopravou – brzdy	19
6.2.1.4	Zaťaženie chodcami	19
6.2.1.5	Dotvarovanie + zmrašťovanie 100r.....	20
6.2.2	Vnútorne sily – nosníky.....	21
6.2.2.1	Stále zaťaženie – vlastná tiaž + ostatné stále zaťaženie g_0+g_1	21
6.2.2.2	Zaťaženie dopravou – električky	22
6.2.2.3	Zaťaženie chodcami	22
6.2.2.4	Dotvarovanie + zmrašťovanie 100r.....	23
6.2.2.5	Predpätie primárne + sekundárne 100r.....	24
6.2.2.6	Kombinácie	26
6.2.2.6.1	MSU – bez predpätia	26
6.2.2.6.2	MSP charakteristická – bez predpätia.....	27
6.2.2.6.3	MSP častá – bez predpätia	28
6.2.3	Posúdenie prierezov.....	29
6.2.3.1	Pilier	29
6.2.3.2	Priečľa – stred.....	30
6.2.3.3	Priečľa nad pilierom	32
6.2.3.4	Spriahnutie.....	35
6.2.3.5	Nosník I73	37
7	Záver.....	40

1 Identifikačné údaje

Názov stavby:	KE, Modernizácia električkových tratí MET v meste Košice, 2. etapa
UČS:	UČS 17 Ul. Slanecká, úsek trate križ. VSS (mimo) – Obratisko Važecká (mimo)
Miesto stavby:	Košice
Kraj:	Košický
Okres:	Košice IV
Katastrálne územie:	Jazero
Druh stavby:	Rekonštrukcia
Stavebník	Mesto Košice, Trieda SNP 48/A, 040 11 Košice
Uvažovaný správca:	Mesto Košice, Trieda SNP 48/A, 040 11 Košice
Stupeň:	Dokumentácia na stavebné povolenie (DSP)

1.1 Základné údaje o moste (STN 73 6200)

Údaje po rekonštrukcii

Charakteristika mosta (čl. 15):	a) na pozemnej komunikácii b) - c) nad traťou ŽSR d) päť poľový e) jednopodlažný f) s hornou mostovkou g) nepohyblivý h) trvalý i) v priestorovej priemej j) šikmý (šikmosť ľavá) k) s normovanou zaťažiteľnosťou l) masívny m) plnostenný n) trémový o) otvorene usporiadaný p) s neobmedzenou voľnou výškou
Dĺžka premostenia:	103,834 m
Dĺžka mosta:	106,035 m
Šikmosť mosta:	ľavá $\alpha = 95,5g$,
Rozpätia jednotlivých poľí:	5 x 20,0 m
Šírka vozovky medzi obrubníkmi:	8,0 m

<i>Celková šírka mosta:</i>	11,540m
<i>Šírka chodníka</i>	2,50 m
<i>Výška mosta:</i>	8,78 m
<i>Stavebná výška mosta:</i>	1,578 m
<i>Plocha mostného objektu</i>	103,834 x 11,54 = 1198,25 m ²
<i>(dĺžka premostenia x šírka mosta):</i>	
<i>Zaťaženie mosta:</i>	podľa STN EN 1990 a STN EN 1991 zaťažovací model LM1 a LM 2

2 Predpoklady a postup statického výpočtu mosta

2.1 Použité podklady

- Dokumentácia DSP – SUDOP Košice a.s. september 2022
- Diagnostika mostnej konštrukcie – lávka a most ponad trať ŽSR. Záverečná správa, Inset s.r.o. jún 2021

2.2 Použité predpisy a normy

- [1] STN 73 6200, Mostné názvoslovie
- [2] STN 73 6201, Projektovanie mostných objektov
- [3] STN EN 206, Betón. Špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda
- [4] STN EN 1990 + A1, Zásady navrhovania konštrukcií
- [5] STN EN 1991-1-1, Eurokód 1: Zaťaženie konštrukcií – Časť 1-1: Všeobecné zaťaženia – Objemové hmotnosti, vlastná tiaž a úžitkové zaťaženia budov;
- [6] STN EN 1991-1-4, Eurokód 1: Zaťaženie konštrukcií – Časť 1-4: Všeobecné zaťaženia – Zaťaženie vetrom;
- [7] STN EN 1991-1-5, Eurokód 1: Zaťaženie konštrukcií – Časť 1-5: Všeobecné zaťaženia – Zaťaženia teplotou;
- [8] STN EN 1991-1-6, Eurokód 1: Zaťaženie konštrukcií – Časť 1-6: Všeobecné zaťaženia – Zaťaženia počas výstavby;
- [9] STN EN 1991-1-7, Eurokód 1: Zaťaženie konštrukcií – Časť 1-7: Všeobecné zaťaženia – Mimoriadne zaťaženie
- [10] STN EN 1991-2, Eurokód 1: Zaťaženie konštrukcií – Časť 2: Zaťaženie mostov dopravou;
- [11] STN EN 1992-1-1, Eurokód 2: Navrhovanie betónových konštrukcií – Časť 1-1: Všeobecné pravidlá a pravidlá pre pozemné stavby;
- [12] STN EN 1992-2, Eurokód 2: Navrhovanie betónových konštrukcií – Časť 2: Betónové mosty – Navrhovanie a konštrukčné zásady;
- [13] STN EN 1997-1, Eurokód 7: Navrhovanie geotechnických konštrukcií – Časť 1: – Všeobecné pravidla
- [14] STN EN 1998-1, Eurokód 8: Navrhovanie konštrukcií na seizmickú odolnosť – Časť 1: Všeobecné pravidla
- [15] STN EN 1998-2, Eurokód 8: Navrhovanie konštrukcií na seizmickú odolnosť – Časť 2: Mosty
- [16] Doc. Ing. Vladislav Hrdoušek, CSc. a kol.: Navrhování betonových mostů podle norem ČSN EN 1992 (Eurokódu 2),
- [17] Bilčík – Fillo – Benko – Halvoník: Betónové konštrukcie, Navrhovanie podľa STN EN 1992-1-1;
- [18] TP 200; Technické podmínky: Stanovení zatížitelnosti mostů PK navržených podle norem a předpisů platných před účinností EN – ČVUT v Praze, fakulta stavební Praha, 2008
- [19] TP 104 (TP 02/2016) Technické podmienky. Zaťažiteľnosť cestných mostov a lávok

[20] STN 73 6206 Navrhovanie betónových a železobetónových mostných konštrukcií (1971 + zmeny a doplnky)

Technické podmienky, MDaV - SR

2 Úvod

Cieľom statického výpočtu je posúdenie navrhovanej rekonštrukcie mostného objektu.

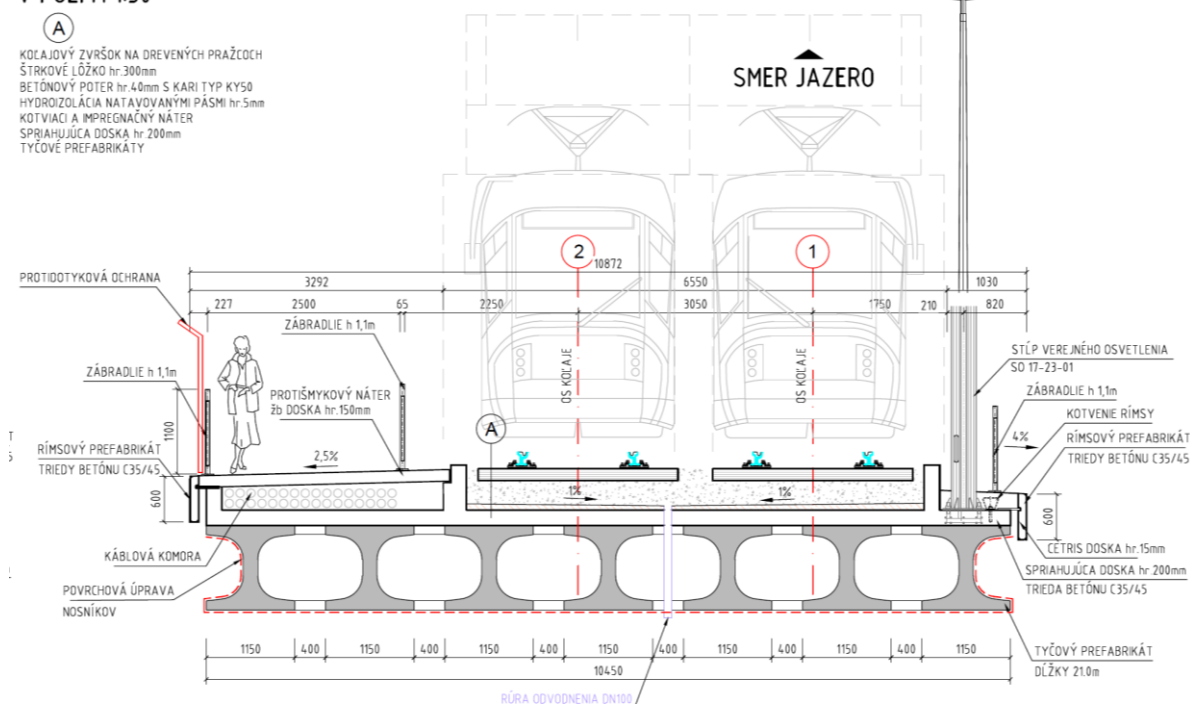
Jestvujúci most je tvorený 5 poľovou trámovou nosnou konštrukciou z predpätých tyčových prefabrikátov typu I73. Opora 1 a medziľahlé piliere sú železobetónové. Opora 6 je pravdepodobne z prostého betónu. Rovnobežné krídla sú súčasťou opôr.

Rekonštrukcia pozostáva z odbúrania jestvujúceho mostného zvršku až po horný povrch prefabrikovaných nosníkov a zhotovení novej spriahajúcej dosky hr. 200mm na povrchu prefabrikovaných nosníkov. Spriahajúca doska je prepojená s nosníkmi prostredníctvom spriahajúcich trŕňov ktoré sú vpleené do vopred vyvrtaných otvorov v hornej príruby nosníkov. Spriahajúca doska bude zhotovená z betónu triedy C35/45 priemernej hrúbky 200mm. Statické pôsobenie zrekonštruovanej nosnej konštrukcie bude päťca prostých polí tvoriacich päť dilatačných celkov. Mostné závery budú osadené na oporách a nad všetkými piliermi.

3 Geometria mosta – nový stav

Šírkové usporiadanie na moste je znázornené na obr. 1. Celková geometria mosta je zrejmá z obr. 2 pozdĺžny rez mostom a pôdorys mosta

VZOROVÝ PRIEČNY REZ V POLI M 1:50



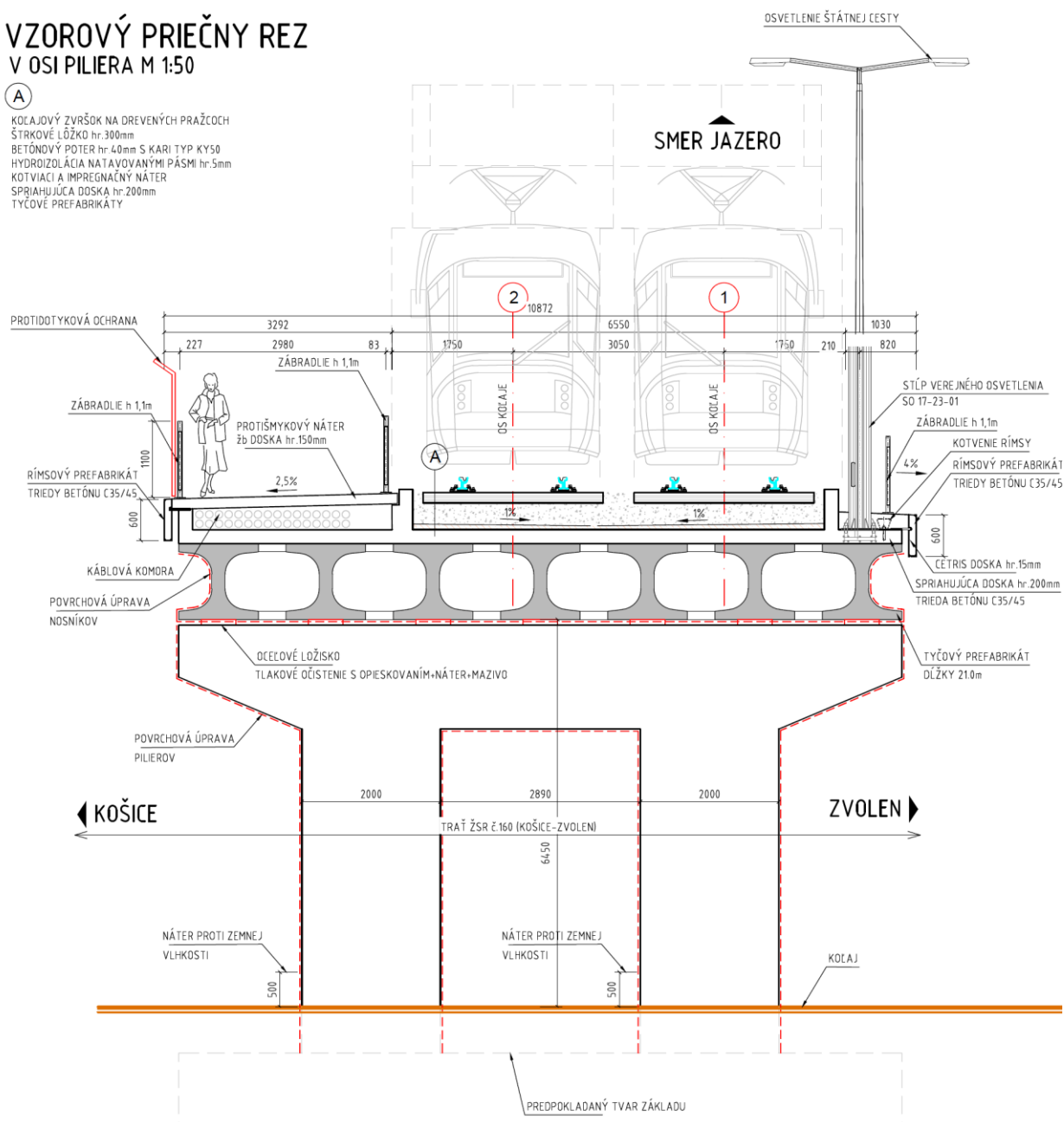
Obr. 1

POUŽITÝ MATERIÁL	
SPRIAHUJÚCA DOSKA	C 35/45 XC4, XD1, XF2 (SK) - CI 0,2 - Dmax22 - S3
RÍMSA	C 35/45 XC4, XD3, XF4 (SK) - CI 0,4 - Dmax16 - S3
PRECHODOVÁ DOSKA	C 25/30 XC4, XD3, XF4 (SK) - CI 0,4 - Dmax16 - S3
BETONÁRSKA OCEĽ	B 500 B

VZOROVÝ PRIEČNY REZ V OSI PILIERA M 1:50

A

KOLAJOVÝ ZVRŠOK NA DREVENÝCH PRAŽCOCH
ŠTRKOVÉ LOŽKO hr. 300mm
BETÓNOVÝ POTER hr. 40mm S KARI TYP KY50
HYDROIZOLÁCIA NATAVOVANÝMI PÁSMI hr. 5mm
KOTVIACI A IMPREGNAČNÝ NÁTER
SPRIAHUJÚCA DOSKA hr. 200mm
TYČOVÉ PREFABRIKÁTY



Obr. 2





4 Materiály

4.1 Pôvodná konštrukcia

4.1.1 Betón

Nosná konštrukcia C35/45 (B500)			
Charakteristická valcová pevnosť betónu v tlaku vo veku 28 dní	f_{ck}	35,0	(MPa)
Charakteristická kocková pevnosť betónu v tlaku vo veku 28 dní	$f_{ck, cube}$	45,0	(MPa)
Stredná hodnota valcovej pevnosti betónu v tlaku	f_{cm}	43	(MPa)
Stredná hodnota pevnosti betónu v centrickom ťahu	f_{ctm}	3,2	(MPa)
Charakteristická pevnosť betónu v centrickom ťahu, 5 %-ný fraktíl	$f_{ctk, 0,05}$	2,2	(MPa)
Charakteristická pevnosť betónu v centrickom ťahu, 95 %-ný fraktíl	$f_{ctk, 0,95}$	4,2	(MPa)
Sečnicový modul pružnosti betónu	E_{cm}	34,0	(GPa)

Hodnota návrhovej pevnosti betónu C 35/45 v tlaku: $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \leq 0,85 \cdot \frac{35}{1,5} = 19,83 \text{ MPa}$

$$\alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \leq 0,85 \cdot \frac{16}{1,5} = 9,06 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \leq 0,85 \cdot \frac{16}{1,5} = 9,06 \text{ MPa}$$

Nosná konštrukcia dobetonávka medzi nosníkmi C25/30 (B330)			
Charakteristická valcová pevnosť betónu v tlaku vo veku 28 dní	f_{ck}	25,0	(MPa)
Charakteristická kocková pevnosť betónu v tlaku vo veku 28 dní	$f_{ck, cube}$	30,0	(MPa)
Stredná hodnota valcovej pevnosti betónu v tlaku	f_{cm}	33	(MPa)
Stredná hodnota pevnosti betónu v centrickom ťahu	f_{ctm}	2,6	(MPa)
Charakteristická pevnosť betónu v centrickom ťahu, 5 %-ný fraktíl	$f_{ctk, 0,05}$	1,8	(MPa)
Charakteristická pevnosť betónu v centrickom ťahu, 95 %-ný fraktíl	$f_{ctk, 0,95}$	2,9	(MPa)
Sečnicový modul pružnosti betónu	E_{cm}	30,0	(GPa)

Hodnota návrhovej pevnosti betónu C 16/20 v tlaku: $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \leq 0,85 \cdot \frac{25}{1,5} = 14,16 \text{ MPa}$

Spodná stavba C30/37 XC4, XD1, XF2			
Charakteristická valcová pevnosť betónu v tlaku vo veku 28 dní	f_{ck}	30,0	(MPa)
Charakteristická kocková pevnosť betónu v tlaku vo veku 28 dní	$f_{ck, cube}$	37,0	(MPa)
Stredná hodnota valcovej pevnosti betónu v tlaku	f_{cm}	38,0	(MPa)
Stredná hodnota pevnosti betónu v centrickom ťahu	f_{ctm}	2,9	(MPa)
Charakteristická pevnosť betónu v centrickom ťahu, 5 %-ný fraktíl	$f_{ctk, 0,05}$	2,0	(MPa)
Charakteristická pevnosť betónu v centrickom ťahu, 95 %-ný fraktíl	$f_{ctk, 0,95}$	3,8	(MPa)
Sečnicový modul pružnosti betónu	E_{cm}	33,0	(GPa)

Hodnota návrhovej pevnosti betónu C 30/37 v tlaku: $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \leq 0,85 \cdot \frac{30}{1,5} = 17,0 \text{ MPa}$

4.1.2 Betonárska výstuž

Betonárska oceľ 10425 –(strmene)			
Charakteristická hodnota medze klzu	f_{yk}	410	(MPa)
Návrhová hodnota modulu pružnosti	E_s	200	(GPa)
Pomerné pretvorenie pri max. sile	ϵ_{uk}	--	(-)
Výpočtové pomerné pretvorenie	ϵ_{ud}	--	(-)
Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre betonársku výstuž	γ_s	1,15	(-)

Návrhová pevnosť betonárskej výstuže $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \leq \frac{410}{1,15} = 356 \text{ MPa}$

Betonárska oceľ 10335 –(pozdižna výstuž nosníkov)			
Charakteristická hodnota medze klzu	f_{yk}	325	(MPa)
Návrhová hodnota modulu pružnosti	E_s	200	(GPa)
Pomerné pretvorenie pri max. sile	ϵ_{uk}	--	(-)
Výpočtové pomerné pretvorenie	ϵ_{ud}	--	(-)
Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre betonársku výstuž	γ_s	1,15	(-)

$$\text{Návrhová pevnosť betonárskej výstuže } f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \leq \frac{325}{1,15} = 283 \text{ MPa}$$

4.1.3 Predpínacia výstuž

Drôt PD ϕ 4,5 /1650			
Charakteristická pevnosť predpínacej ocele v ťahu	f_{pk}	1650	(MPa)
Charakteristická dohodnutá medza 0,1 % predpínacej ocele	$f_{p0,1k}$	1350	(MPa)
Návrhová hodnota napätia v predpínacej oceli	f_{pd}	1100	(MPa)
Nominálny priemer	ϕ	4,5	(mm)
Nominálny prierez	A_p	15,90	(mm ²)
Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre predpínaciu výstuž	γ_s	1,15	(-)
Modul pružnosti predpínacej ocele	E_p	190	(GPa)
Relaxácia pri 70 % f_{pk} (po 1000 hod.)	ρ_{1000}	2,5	(%)
Relaxácia pri 80 % f_{pk} (po 1000 hod.)	ρ_{1000}	4,0	(%)

Návrhová hodnota napätia v predpínacej oceli: $f_{pd} = f_{p0,1k} \gamma_s \leq 12651,15 = 1100 \text{ MPa}$

Maximálne napätie ocele pri predpínaní:

$$\sigma_{p,max} = \min.[0,8 \cdot f_{pk}; 0,9 \cdot f_{p0,1k}] = \min.[0,8 \cdot 1650; 0,9 \cdot 1350] = \min.[1320; 1215]$$

Napätie pri predpínaní – hodnota prevzatá z typového podkladu nosníkov I - 73

$$\sigma_{p,max} = 1290 \text{ MPa}$$

V statickom výpočte sa počítalo so zníženou účinnosťou predpätia na 95% \Rightarrow

\Rightarrow redukcia sa uvažovala redukciou plochy výstuže predpínacie napätie bolo uvažované hodnotou 1000 MPa

Použité sú 20 drôtové predpínacie káble 20 ϕ Pd 4,5

Plocha jedného drôtu ϕ Pd 4,5 (redukována)

$$A_{p1} = 15,10 \text{ mm}^2$$

Počet lán v kábli

Celková plocha kábla (redukována)

Medzná pevnosť drôtov

Priemer kanálíka (vnútorný)

Súčiniteľ trenia medzi predpínacou výstužou a kábelovým kanálikom

Neprojektované uhlové premiestnenie vnútornej predpínacej výstuže

Poklz v kotve

$n = 20$ ks.

$$A_p = 302,1 \text{ mm}^2$$

$$f_{pk} = 1650 \text{ MPa}$$

$$d_k = 42 \text{ mm}$$

$$\mu = 0,3 \text{ (rad}^{-1}\text{)}$$

$$k = 0,005 \text{ (rad/m)}$$

$$a = 0,005 \text{ m}$$

4.2 Použité materiály – zosilnenie a nové časti NK

4.2.1 Betón

C35/45 XC4, XD1, XF2 - spriahajúca doska			
Charakteristická valcová pevnosť betónu v tlaku vo veku 28 dní	f_{ck}	35,0	(MPa)
Charakteristická kocková pevnosť betónu v tlaku vo veku 28 dní	$f_{ck, cube}$	45,0	(MPa)
Stredná hodnota valcovej pevnosti betónu v tlaku	f_{cm}	43	(MPa)
Stredná hodnota pevnosti betónu v centrickom ťahu	f_{ctm}	3,2	(MPa)
Charakteristická pevnosť betónu v centrickom ťahu, 5 %-ný fraktíl	$f_{ctk, 0,05}$	2,2	(MPa)
Charakteristická pevnosť betónu v centrickom ťahu, 95 %-ný fraktíl	$f_{ctk, 0,95}$	4,2	(MPa)
Sečnicový modul pružnosti betónu	E_{cm}	34,0	(GPa)

Hodnota návrhovej pevnosti betónu C 35/45 v tlaku: $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \leq 0,85 \cdot \frac{35}{1,5} = 19,83 \text{ MPa}$ $f_{cd} =$

$$\alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \leq 0,85 \cdot \frac{16}{1,5} = 9,06 \text{ MPa}$$

4.2.2 Betonárska výstuž

Betonárska oceľ B 500 B			
Charakteristická hodnota medze klzu	f_{yk}	500	(MPa)
Návrhová hodnota modulu pružnosti	E_s	200	(GPa)
Pomerné pretvorenie pri max. sile	ε_{tk}	--	(-)
Výpočtové pomerné pretvorenie	ε_{ud}	--	(-)
Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre betonársku výstuž	γ_s	1,15	(-)

Návrhová pevnosť betonárskej výstuže $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \leq \frac{500}{1,15} = 434 \text{ MPa}$

4.3 Výpočet zaťaženia

Výpočet zaťaženia je vykonaný v zmysle noriem STN EN 1990 a STN EN 1991

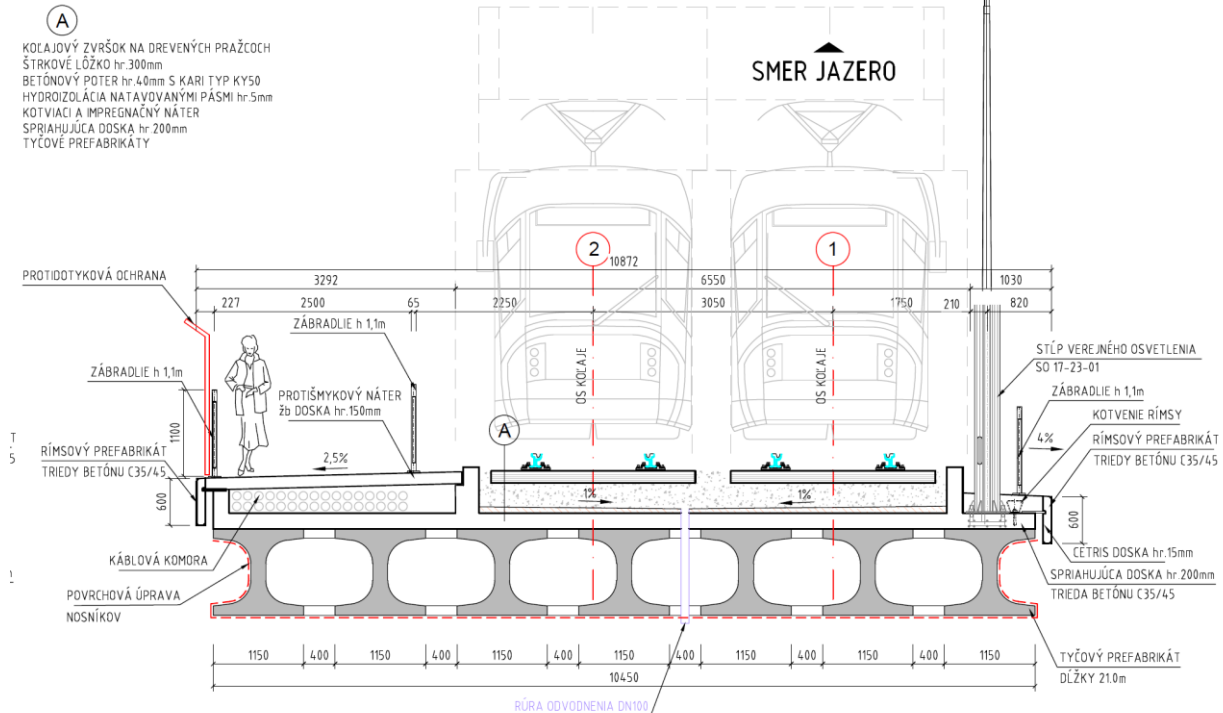
4.3.1 Stále zaťaženie

4.3.1.1 Vlastná tiaž

Vlastná tiaž nosnej konštrukcie je generovaná automaticky programom na základe priradeného materiálu a nominálnych rozmerov príslušných častí mosta. Objemová tiaž betónu bola uvažovaná hodnotou 25 kNm^{-3} . V predpätých častiach konštrukcie program automaticky k tiaži betónovej konštrukcie pripočíta tiaž zadaných káblov pričom vychádza z prierezovej plochy káblov a objemovej tiaže ktorá je uvažovaná hodnotou $78,5 \text{ kNm}^{-3}$.

Súčiniteľ zaťaženia $\gamma_{G, sup} = 1,35$; $\gamma_{G, inf} = 1,0$

4.3.1.2 Ostatné stáله zat'azenie

VZOROVÝ PRIEČNY REZ
V POLI M 1:50

Obr. 5 Schéma priečneho rezu mosta po rekonštrukcii

Priamo uložené električkové koľaje s žliabkovými koľajnicami s upevnením + bet. panel hr. 150mm – plošné zaťaženie:

$$2 \times 120 \text{ kg/m} + 2,6\text{m} \times 0,15\text{m} \times 2500\text{kg/m}^3 = 1215\text{kg/m} = 12,15\text{kN/m}$$

Roznos na spriahujúcu dosku pod uhlom 30° na hrúbke 0,35m: roznášacia šírka na NK 3,0m

$$g_{\text{pod,k}} = 12,15/3,0 = 4,05 \text{ kN/m}^2$$

Štrkové lôžko s výškou 0,35m – plošné zaťaženie na šírke 6m:

$$G_{\text{s.lôž,k}} = \gamma_{\text{lôž}} \times h_{\text{lôž}} = 20 \times 0,35 = 7,0 \text{ kN/m}^2$$

Spádový betón pod koľajovým lôžkom priem. hr. 70mm – plošné zaťaženie na šírke 6m:

$$g_{\text{iz,k}} = \gamma_{\text{iz}} \times h_{\text{iz}} = 25 \times 0,07 = 1,75 \text{ kN/m}^2$$

Doska prekrytia káblovodu hr. 150mm – plošné zaťaženie na šírke 3,3m

$$\text{Zaťaženie } 0,15\text{m} \times 25\text{kN/m}^3 = 3,75 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Rímsový prefabrikát } s_{\text{xh}} = 0,15\text{m} \times 0,6\text{m} \Rightarrow \text{zaťaženie } 0,15\text{m} \times 0,6\text{m} \times 25 \text{ kN/m}^3 = 2,25 \text{ kN/m}$$

$$\text{Rímsa hr. } 0,25\text{m} \text{ šírka } 1,0\text{m} \Rightarrow \text{zaťaženie } 0,25\text{m} \times 25 \text{ kN/m}^3 = 6,25 \text{ kN/m}^2 \text{ zaťažovacia šírka } 1\text{m}$$

Zábradlie vľavo, vpravo na chodníku a vpravo na moste – 0,5 kN/m

$$\text{Spriahujúca doska – priem. hrúbka } 0,225\text{m} \Rightarrow \text{zaťaženie } 0,225\text{m} \times 25 \text{ kN/m}^3 = 5,625 \text{ kN/m}^2$$

Súčiniteľ zaťaženia $\gamma_{G,sup} = 1,35$; $\gamma_{G,inf} = 1,0$

4.3.1.3 Predpätie

Nosná konštrukcia mosta je predopnutá dodatočne predpätými káblami ktoré pozostávajú z 20 ϕ PD 4,5 mm (patentovaný drôt priemeru 4,5mm s pevnosťou 1650 MPa).

Predpínacie napätie 1280 MPa.

Účinky predpätia v medznom stave únosnosti (5.10.8) [13].

Vo všeobecnosti je dovolené určiť návrhovú hodnotu predpínacej sily ako $P_{d,t}(x) = \gamma_P \cdot P_{m,t}(x)$

Predpätie pôsobí pre väčšinu situácií priaznivo a pre overenie medzného stavu únosnosti sa má použiť hodnota $\gamma_{P,fav} = 1,0$.

Pri overení lokálnych účinkov sa má použiť $\gamma_{P,unfav} = 1,2$.

Účinky predpätia v medznom stave používateľnosti a medznom stave únavy

Na výpočty používateľnosti a únavy sa musia vypočítať povolené maximálnych zmien v predpätí.

Dve charakteristické hodnoty predpínacej sily pri medznom stave používateľnosti sa určujú z:

- horná charakteristická hodnota $P_{k,sup} = r_{sup} \cdot P_{m,t}(x)$
- dolná charakteristická hodnota $P_{k,inf} = r_{inf} \cdot P_{m,t}(x)$

pre dodatočne predpätú súdržnú výstuž $r_{sup} = 1,10$ a $r_{inf} = 0,90$

4.3.1.4 Zmrašťovanie

Parciálny súčiniteľ $\gamma_{SH} = 1,0$ (2.4.2.1) [13]

4.3.1.5 Sadanie podpier

S nerovnomerným sadaním podpier sa neuvažovalo. Konštrukciu NK mosta tvoria staticky určité prosté polia.

Parciálny súčiniteľ $\gamma_{Gset} = 1,2$

4.3.2 Premenné zaťaženie

4.3.2.1 Zaťaženie dopravou

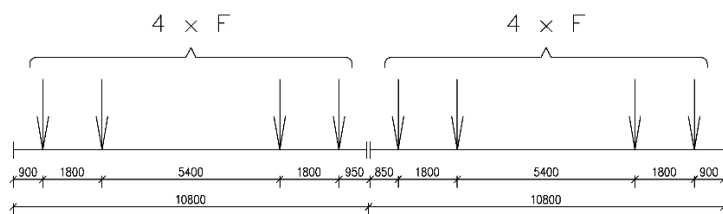
Zaťaženie mestskou koľajovou dopravou (NB.1 STN EN 1991-2)

Statické účinky zaťaženia električkovými vozidlami sa zohľadňujú zaťažovacím modelom, ktorý tvorí zostava dvoch vozňov (Obr. 6). Na mostnú konštrukciu sa umiestnia najviac tri súpravy vozňov na každú koľaj kdekolvek po dĺžke nosnej konštrukcie

Tri súpravy o dvoch vozňoch na každej z koľají. Celková dĺžka 64,8 m.

Nápravová sila $F = 120$ kN

Súčiniteľ zaťaženie $\gamma_Q = 1,4$ (priaznivé $\gamma_Q = 0$)



Obr. 6 Zaťažovací model električkových vozidiel.

4.3.2.2 Brzdové a rozjazdové sily

Charakteristické zaťaženia rozjazdovými a brzdnými silami sa uvažuje hodnotou 15% zvislého pohyblivého zaťaženia podľa čl. NB.1.1 STN EN 1991-2

$0,15 \times 44,44 = 6,66 \text{ kN/m'}$ na dĺžke 64,8 m. na jednu koľaj. Na obe koľaje $13,33 \text{ kN/m'}$

Dynamický súčiniteľ sa neuvažuje

Súčiniteľ zaťaženia $\gamma_Q = 1,4$ (priaznivé $\gamma_Q = 0$)

4.3.2.3 Bočné rázy

STN EN 1991-2 NB.3.3: Norma uvažuje bočný ráz na úrovni 25% nápravového tlaku. Pri zadanom nápravovom tlaku 120kN je bočný ráz (sústredená vodorovná sila) 30kN v úrovni temena koľajníc.

Dynamický súčiniteľ

Nosníky I 73

$L_\Phi = 20,0 \text{ m}$

$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\Phi - 0,2}} + 0,73 = \frac{2,16}{\sqrt{20,0 - 0,2}} + 0,73 = 1,23$$

$$\Phi_t = 1 + 0,85(\Phi_3 - 1) = 1 + 0,85(1,23 - 1) = 1,2$$

4.3.2.4 Zaťaženie chodníkov a cyklistických pruhov lávok pre peších

Zaťaženie chodníkov (cyklistický chodník a chodník pre peších)

čl. 5.3.2.1 (1) STN EN 1991-2 5 kN/m^2

Súčiniteľ zaťaženia $\gamma_Q = 1,35$ (priaznivé $\gamma_Q = 0$)

4.3.2.5 Zaťaženie vetrom

4.3.2.5.1 Sila vetra v smere x

Zjednodušená metóda čl. 8.3.2 STN EN 1991-1-4

$$F_w = \frac{1}{2} \rho \cdot v_b^2 \cdot C \cdot A_{ref,x}$$

v_b – základná rýchlosť vetra

Fundamentálna hodnota základnej rýchlosti vetra $v_{b,0}$

- nezaťažený most **26 m/s**

- pre zaťaženie mosta a vlakov **25 m/s**

C – súčiniteľ zaťaženia vetrom $C = c_e \cdot c_{f,x}$

$A_{ref,x}$ – referenčná plocha uvedená v čl. 8.3.1 STN EN 1991-1-4

ρ – hustota vzduchu **$1,25 \text{ kg/m}^3$** vid' 4.5 STN EN 1991-1-4

z_e – referenčná výška uvažovaná ako vzdialenosť najnižšej úrovne terénu po stred mostnej nosnej konštrukcie. : (stred) $z_e = 7,5 \text{ m}$

b – šírka mosta v smere x $b = 10,85 \text{ m}$

d_{tot} – výška mosta v smere z $d_{tot} = 1,9 + 0,3 + 0,3 + 0,3 = 2,8 \text{ m}$

Odporúčaná hodnota súčiniteľa zaťaženia vetrom C pre mosty (tab. 8.2 **Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.**)

$b/d_{tot} = 3,87 \Rightarrow C = 3,19$ zaťaženie vetrom:

tlak vetra na : (v smere X – priečne na most)

- nezaťažený most

$$F_w / A_{ref,x} = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C = 1/2 \cdot (1,25 / 1000) \cdot 26^2 \cdot 3,19 = 1,35 \text{ kN/m}^2$$

- zaťažený most a dopravu

$$F_w^{**}/A_{ref,x} = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^{*2} \cdot C = 1/2 \cdot (1,25/1000) \cdot 25^2 \cdot 3,19 = 1,24 \text{ kN/m}^2$$

Výška pohyblivého pásu 4m nad temenom koľajnice.

Súčiniteľ zaťaženia $\gamma_f = 1,5$

4.3.2.5.2 Sila vetra v smere z (čl. 8.3.3)

d_{tot} – výška mosta bez dopravy a vybavenia mosta $d_{tot} = 1,9 \text{ m}$

b – šírka mosta v smere x $b = 10,85 \text{ m}$ (11,860)

$b/d_{tot} = 10,85/1,9 = 5,71$

α - uhol vetra s horizontálnou rovinou mostovky $\alpha = \pm 5^\circ$

$\beta = 1,7^\circ$

$c_{f,z} = 0,8$

$c_{e(z)} = 2,15$

C – súčiniteľ zaťaženia vetrom $C = c_e \cdot c_{f,z} = 2,15 \cdot 0,8 = 1,72$

Tlak vetra v smere z $F_w/A_{ref,x} = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C = 1/2 \cdot (1,25/1000) \cdot 26^2 \cdot 1,72 = 0,727 \text{ kN/m}^2$

Excentricita sily v smere x sa predpokladala rovná hodnote $e = b/4 = 10,85/4 = 2,71 \text{ m}$ od osi mosta.

Obr. 7 Schéma zaťaženia tlakom vetra v smere osi z

4.3.3 Zaťaženie účinkami teploty

Teplota vzduchu v tieni

$T_{max} = 39,5^\circ \text{C}$

$T_{min} = -29^\circ \text{C}$

Rovnomerná zložka teploty mosta

$T_{e,max} = 41,5^\circ \text{C}$

$T_{e,min} = -21^\circ \text{C}$

Začiatková teplota $T_0 = 10^\circ \text{C}$

Charakteristická hodnota maximálneho rozsahu zložky rovnomernej teploty mosta pri:

- skracovaní $\Delta T_{N,con} = T_0 - T_{e,min} = 10 - (-21) = 31^\circ \text{C}$

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

Lineárna zložka teploty (postup 1)

Typ nosnej konštrukcie: - Typ 3

Horný povrch teplejší ako spodný $\Delta T_{M,heat} = 15^\circ \text{C}$

Spodný povrch teplejší ako horný $\Delta T_{M,cool} = 8^\circ \text{C}$

Súčiniteľ k_{sur} pre hrúbku povrchovej úpravy – štrkové lôžko

Horný povrch teplejší ako spodný $\Delta T_{M,heat} \cdot k_{sur} = 15 \cdot 0,6 = 9^\circ \text{C}$

Spodný povrch teplejší ako horný $\Delta T_{M,cool} \cdot k_{sur} = 8 \cdot 1,0 = 8^\circ \text{C}$

Súčasný pôsobenie zložiek rovnomernej teploty a teplotného spádu

$$\Delta T_{M,heat} \text{ (alebo } \Delta T_{M,cool}) + \omega_N \cdot \Delta T_{N,exp} \text{ (alebo } \Delta T_{N,con}) \quad (6.3)$$

alebo

$$\omega_M \cdot \Delta T_{M,heat} \text{ (alebo } \Delta T_{M,cool}) + \Delta T_{N,exp} \text{ (alebo } \Delta T_{N,con}) \quad (6.4)$$

$$\omega_N = 0,35; \quad \omega_M = 0,75$$

5 Kombinácie zaťažení

Kombinácie zaťažení pre medzné stavy únosnosti (MSÚ/ULS)

$$\sum \gamma_{G,\text{sup}} G_{k,j,\text{sup}} "+" \sum \gamma_{G,\text{inf}} G_{k,j,\text{inf}} "+" \gamma_P P "+" \gamma_{Q,1} Q_{k,1} "+" \sum \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (\text{Rov. 6.10})$$

Kombinácie zaťažení pre medzné stavy použiteľnosti (MSP/SLS)

Charakteristická kombinácia zaťažení

$$\sum G_{k,j,\text{sup}} "+" \sum G_{k,j,\text{inf}} "+" P "+" Q_{k,1} "+" \sum \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Častá kombinácia zaťažení

$$\sum G_{k,j,\text{sup}} "+" \sum G_{k,j,\text{inf}} "+" P "+" \psi_{1,1} Q_{k,1} "+" \sum \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Kvazistála kombinácia zaťažení

$$\sum G_{k,j,\text{sup}} "+" \sum G_{k,j,\text{inf}} "+" P "+" \psi_{2,1} Q_{k,1} "+" \sum \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

6 Výpočet nosnej konštrukcie

6.1 Výpočtový model

Výpočtový model bol spracovaný v programe Midas Civil 2020 v3.1. Cieľom výpočtu je posúdenie nosnej konštrukcie mosta v zmysle platných noriem a predpisov.

Pre overenie medzného stavu únosnosti a použiteľnosti prvkov nosnej konštrukcie bol použitý priestorový výpočtový model z prútových prvkov.

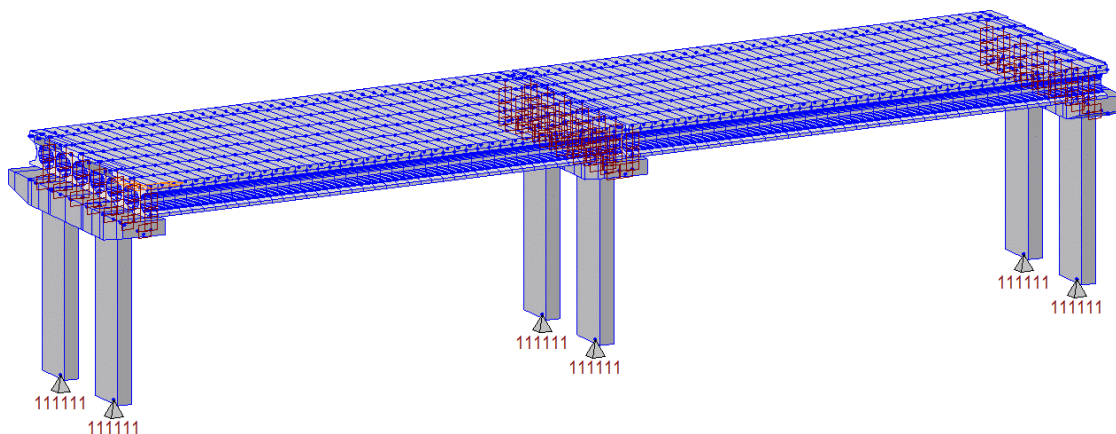
Konštrukcia bola analyzovaná lineárnym výpočtom so zohľadnením fáz výstavby mosta.

Použité materiály - v analýze boli uvažované materiálové charakteristiky nosnej konštrukcie podľa typového podkladu nosníkov I-73 z ktorých je nosná konštrukcia zostavená.

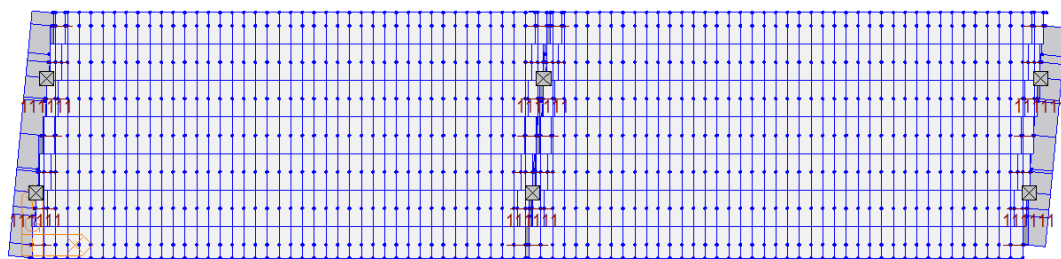
Mostovka pozostáva z siedmich dodatočne predpätých nosníkov tvaru písmena I ktoré sú navzájom monoliticky spojené dobetónávkou v hornej a dolnej pásnici.

Ložiská boli modelované ako vonkajšie väzby zachytávajúce posuny podľa typu ložiska.

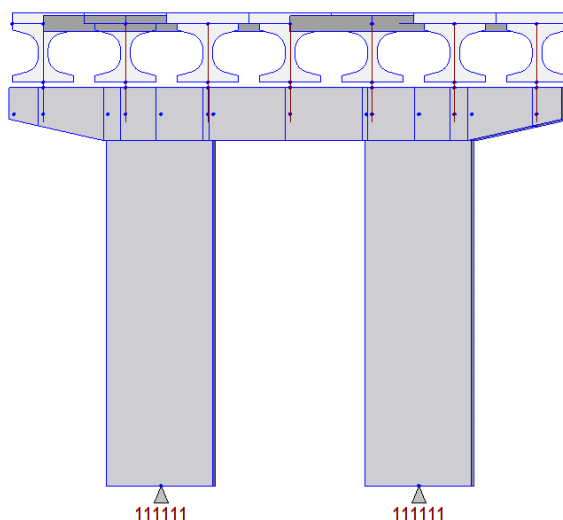
Nosnú konštrukciu mosta tvorí sústava opakovaných piatich proste podopretých polí. Analyzované boli dve polia.



Obr. 8 Model nosnej konštrukcie mosta z prútových prvkov.



Obr. 9 Model nosnej konštrukcie mosta z prútových prvkov.

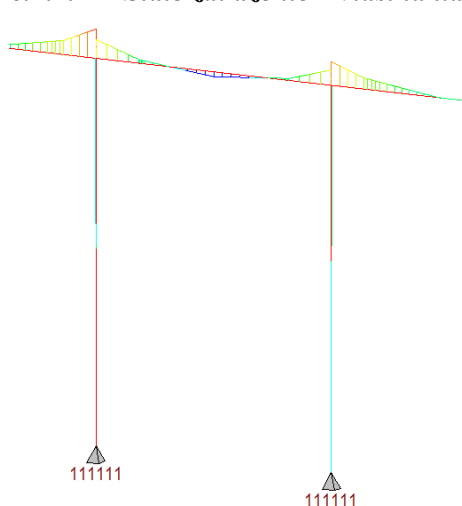
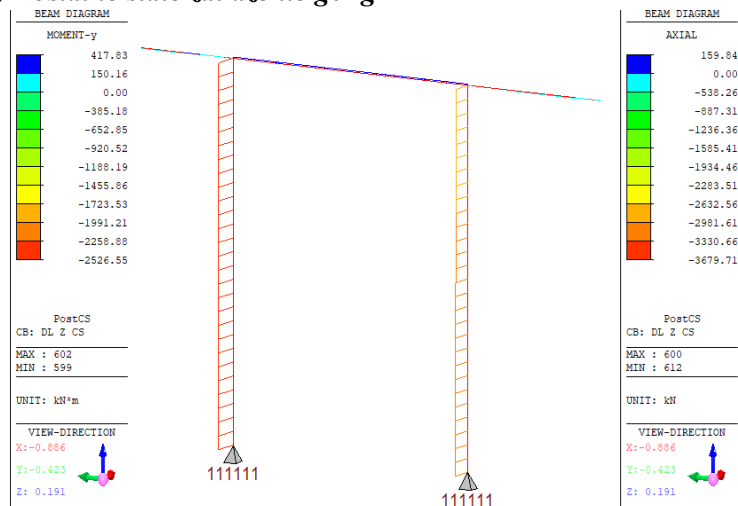


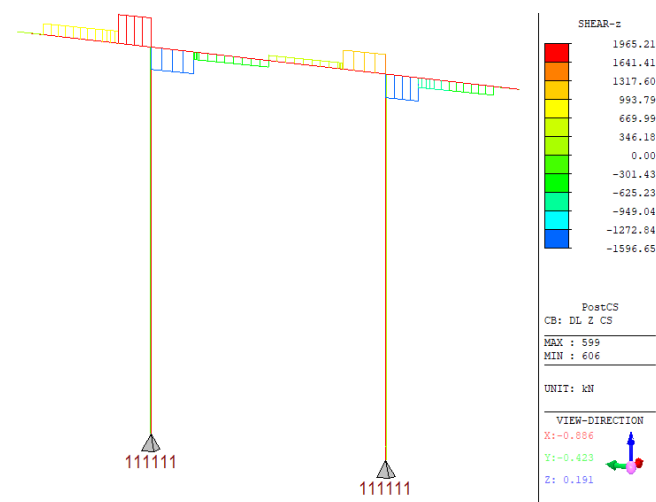
Obr. 10 Model nosnej konštrukcie mosta z prútových prvkov.

6.2 Namáhanie konštrukcie

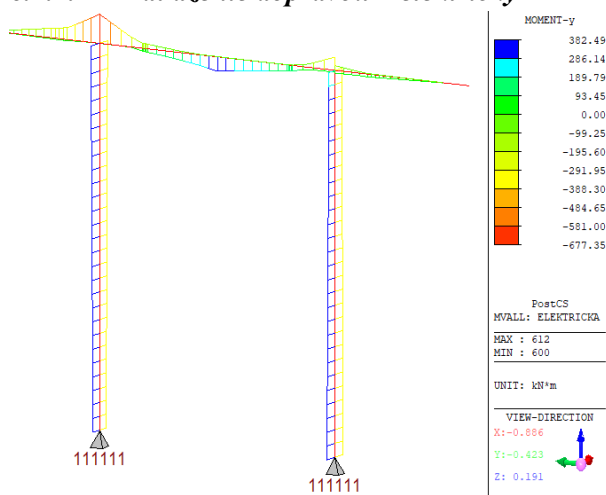
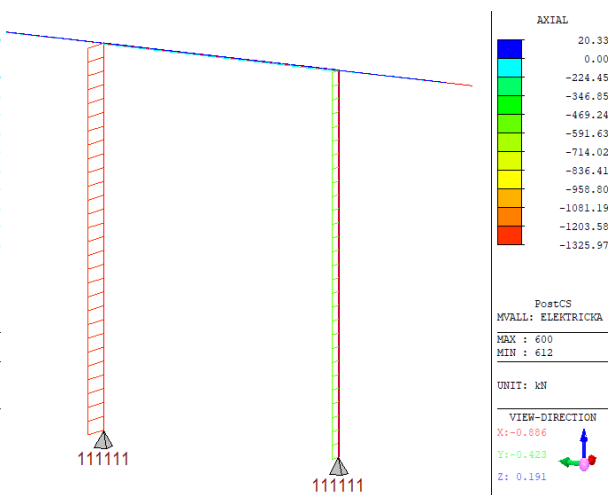
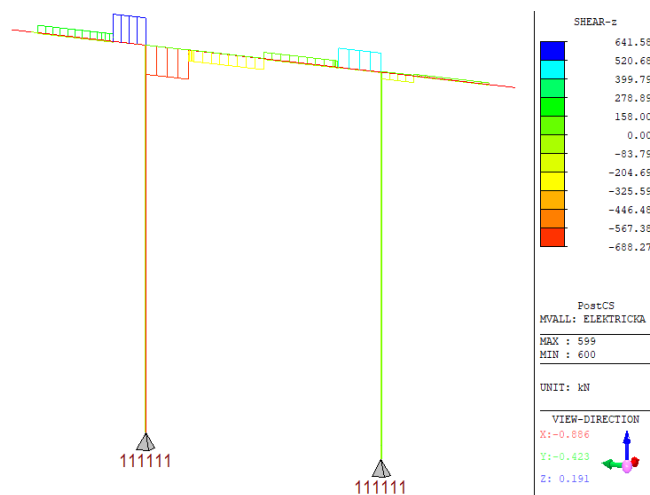
6.2.1 Vnútné sily – spodná stavba

6.2.1.1 Stále zaťaženie – vlastná tiaž + ostatné stále zaťaženie g_0+g_1

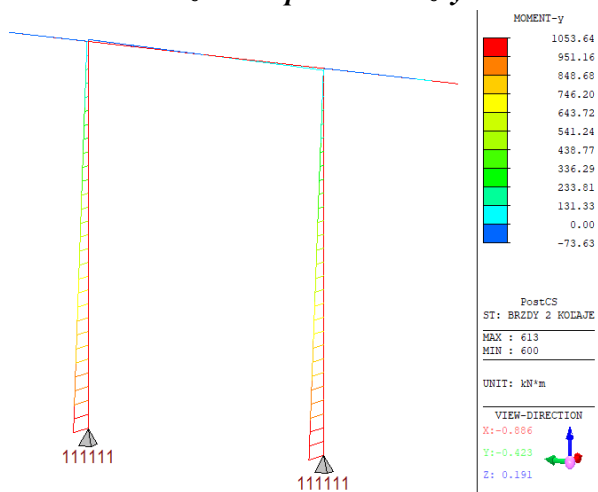
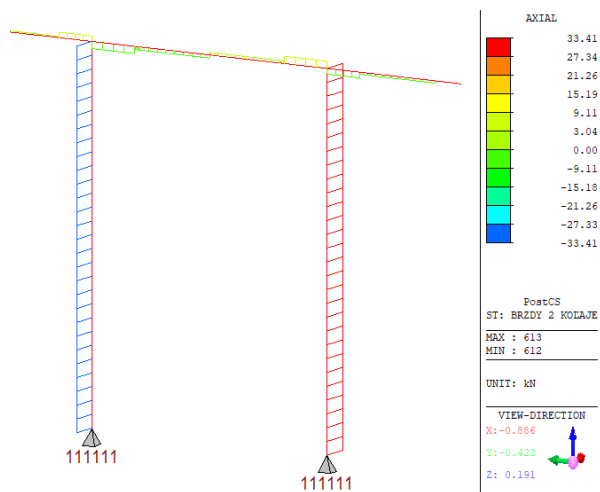
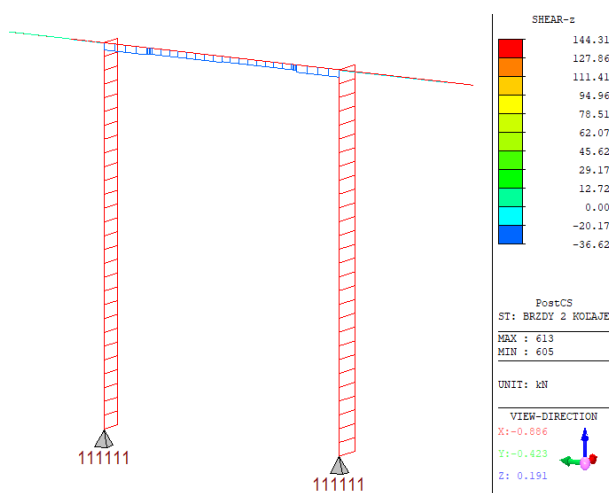
Obr. 11 Ohybové momenty m_y (kNm)Obr. 12 Osové sily N (kN)

Obr. 13 Priečne sily F_y (kN) charakteristické hodnoty

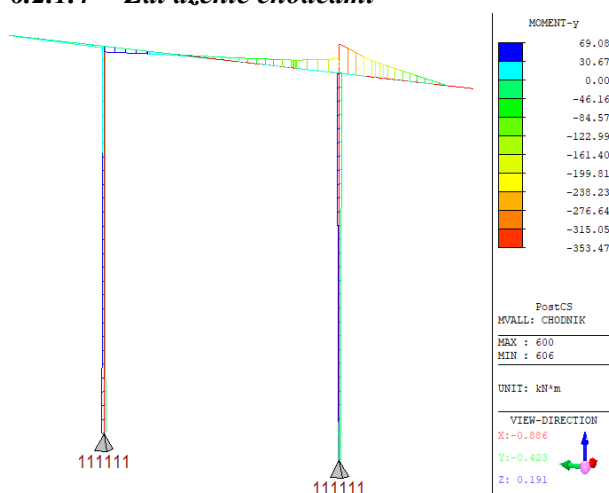
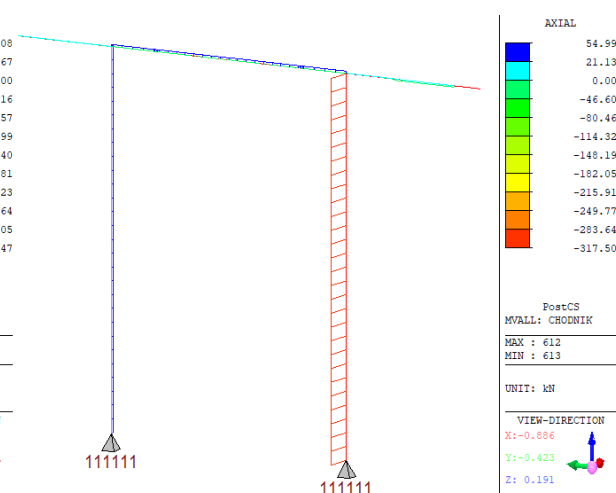
6.2.1.2 Zaťaženie dopravou – električky

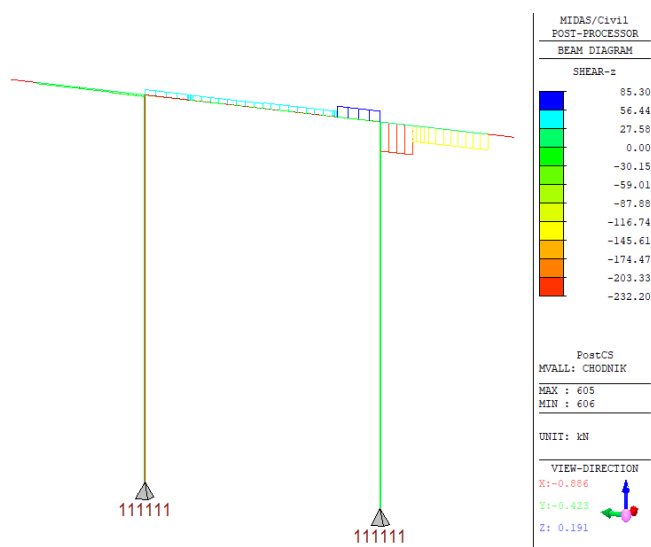
Obr. 14 Ohybové momenty m_y (kNm) charakteristické hodnotyObr. 15 Osové sily N (kN) charakteristické hodnotyObr. 16 Priečne sily F_y (kN) charakteristické hodnoty

6.2.1.3 Zat'azenie dopravou – brzdy

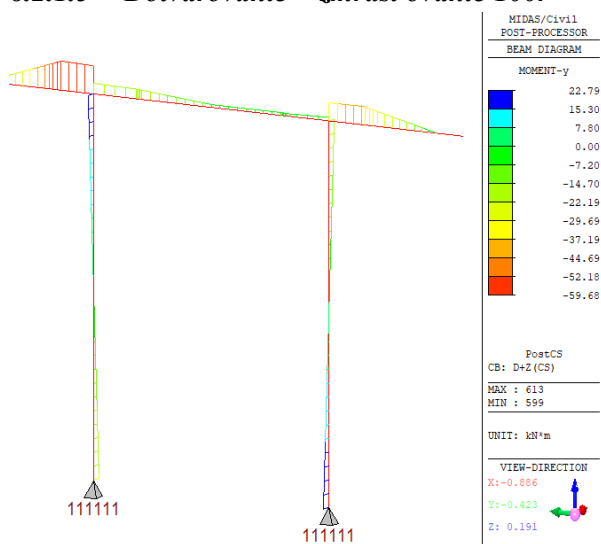
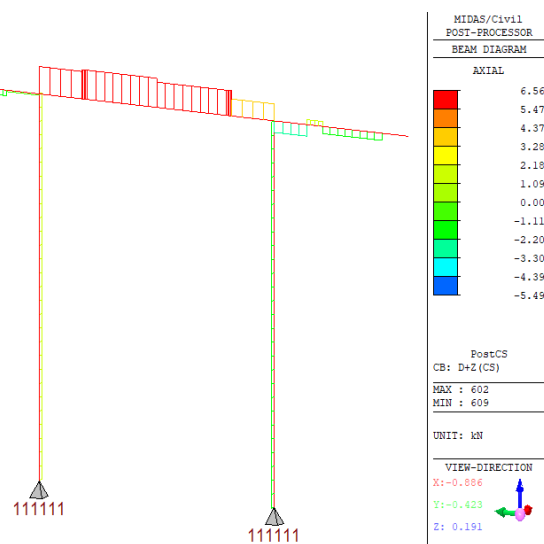
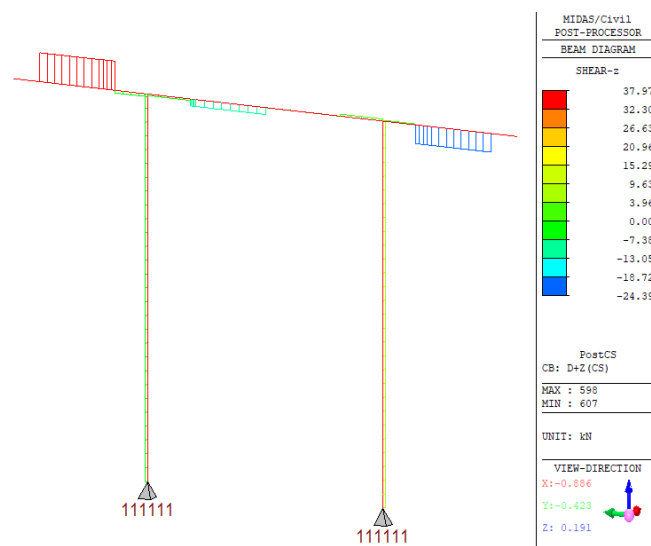
Obr. 17 Ohybové momenty m_y (kNm) charakteristické hodnotyObr. 18 Osové sily N (kN) charakteristické hodnotyObr. 19 Pričné sily F_y (kN) charakteristické hodnoty

6.2.1.4 Zat'azenie chodcami

Obr. 20 Ohybové momenty m_y (kNm) charakteristické hodnotyObr. 21 Osové sily N (kN) charakteristické hodnoty

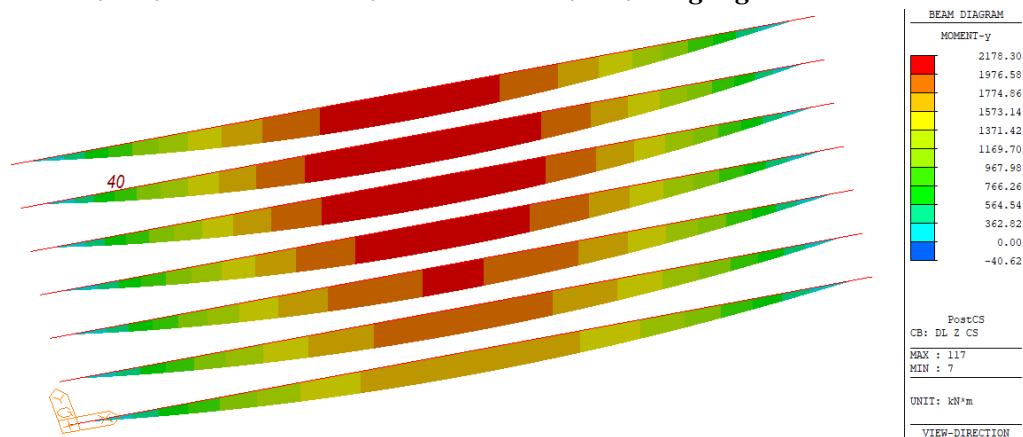
Obr. 22 Priechne sily F_y (kN) charakteristické hodnoty

6.2.1.5 Dotvarovanie + zmršťovanie 100r

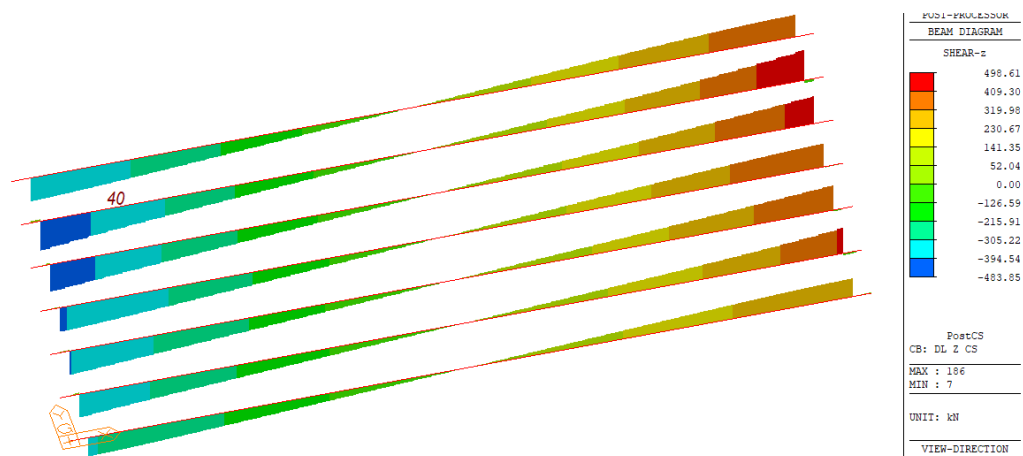
Obr. 23 Ohybové momenty m_y (kNm) charakteristické hodnotyObr. 24 Osové sily N (kN) charakteristické hodnotyObr. 25 Priechne sily F_y (kN) charakteristické hodnoty

6.2.2 Vnútrotné sily – nosníky

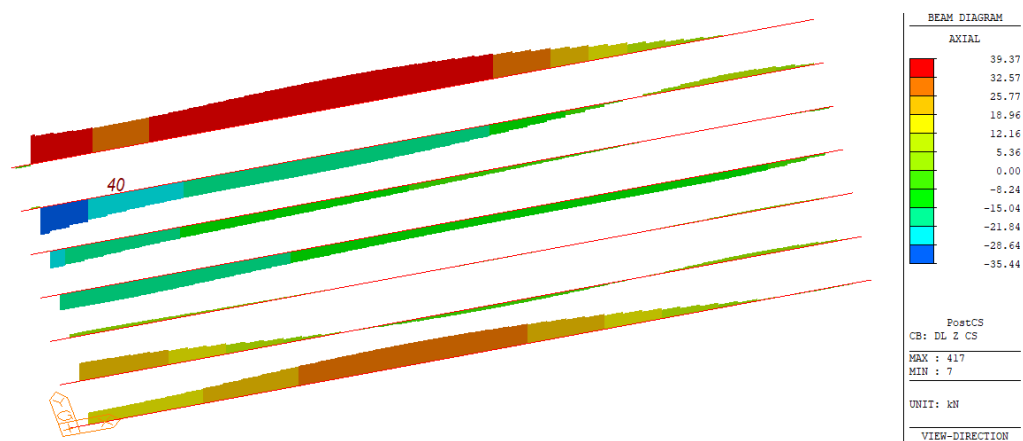
6.2.2.1 Stále zaťaženie – vlastná tiaž + ostatné stále zaťaženie g_0+g_1



Obr. 26 Ohybové momenty m_y (kNm) vlastná tiaž + ostatné stále zaťaženie charakteristické hodnoty

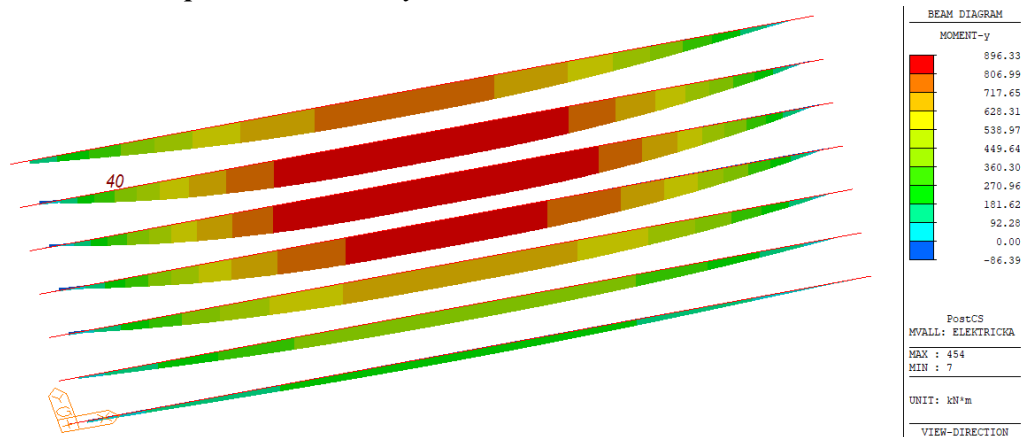


Obr. 27 Priečne sily F_z (kN) vlastná tiaž + ostatné stále zaťaženie charakteristické hodnoty

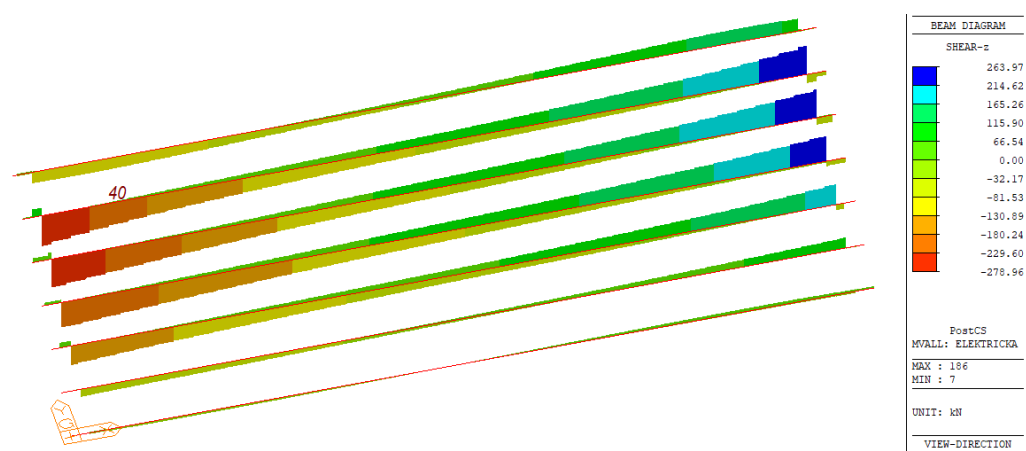


Obr. 28 Priečne sily F_z (kN) vlastná tiaž + ostatné stále zaťaženie charakteristické hodnoty

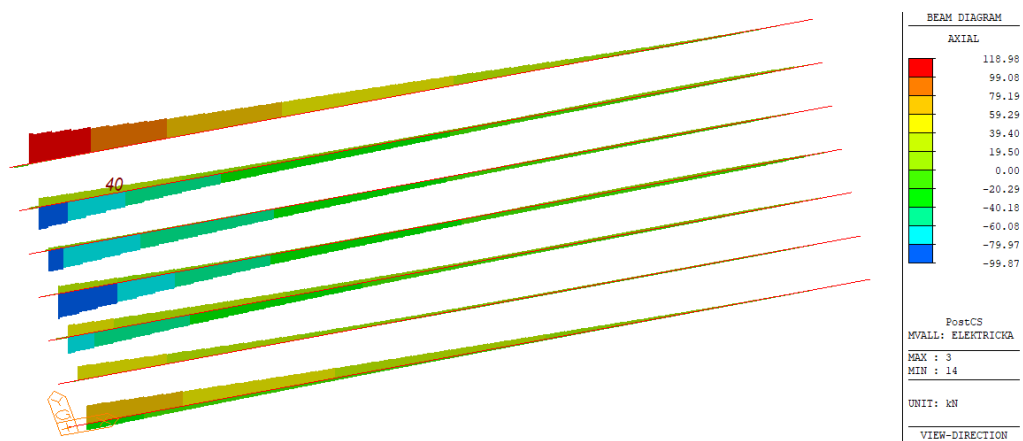
6.2.2.2 Zat'azenie dopravou – električky



Obr. 29 Ohybové momenty m_y (kNm) od zaťaženia električkou charakteristické hodnoty

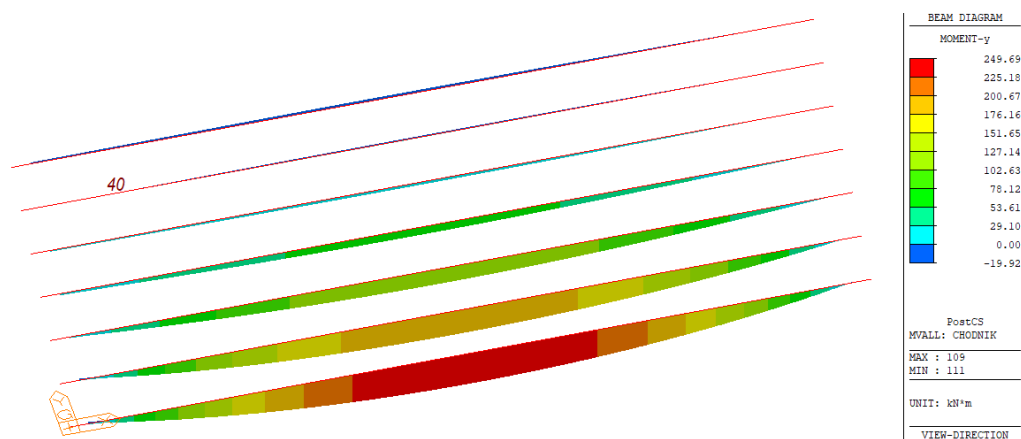
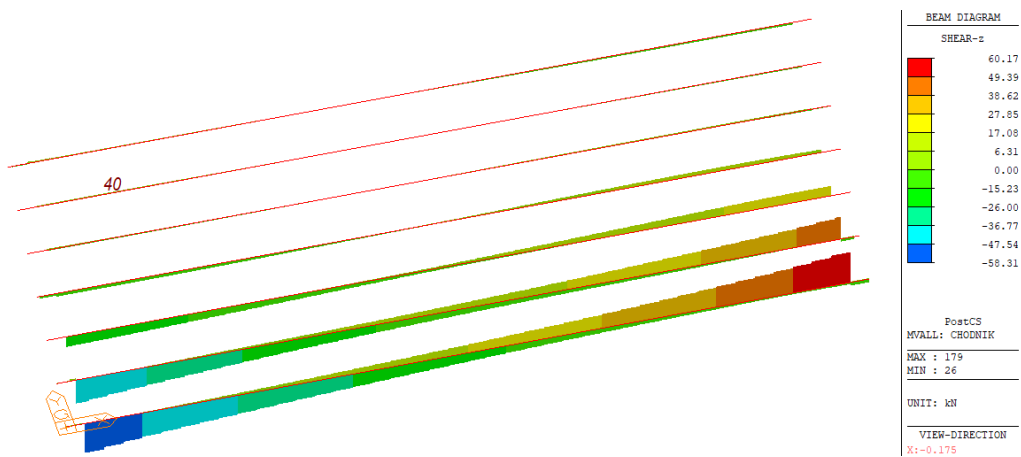
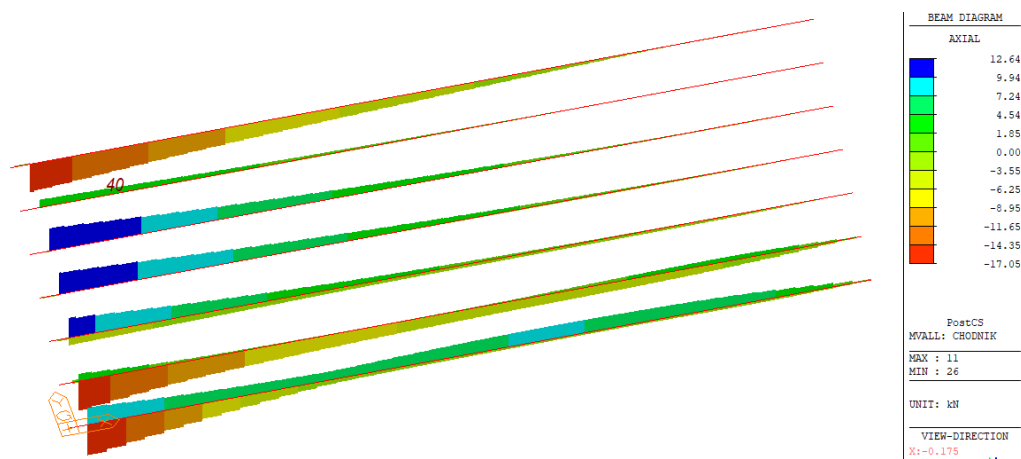


Obr. 30 Priečne sily F_z (kN) od zaťaženia električkou charakteristické hodnoty

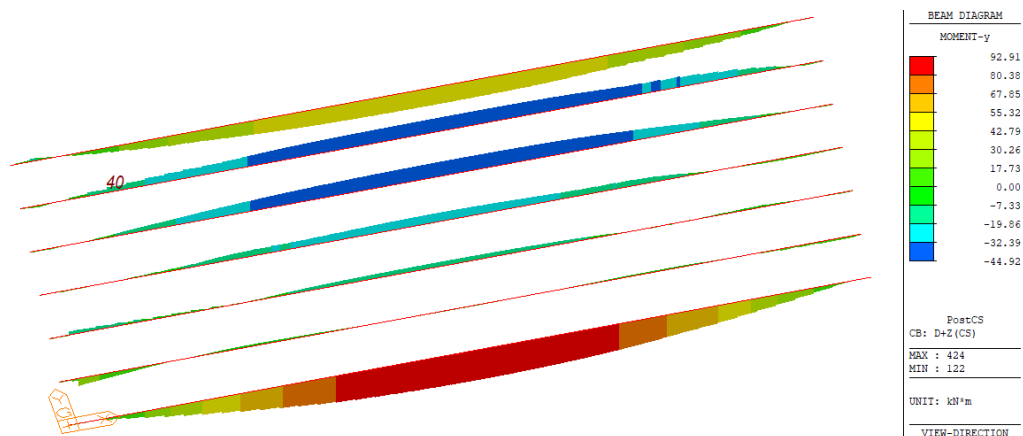
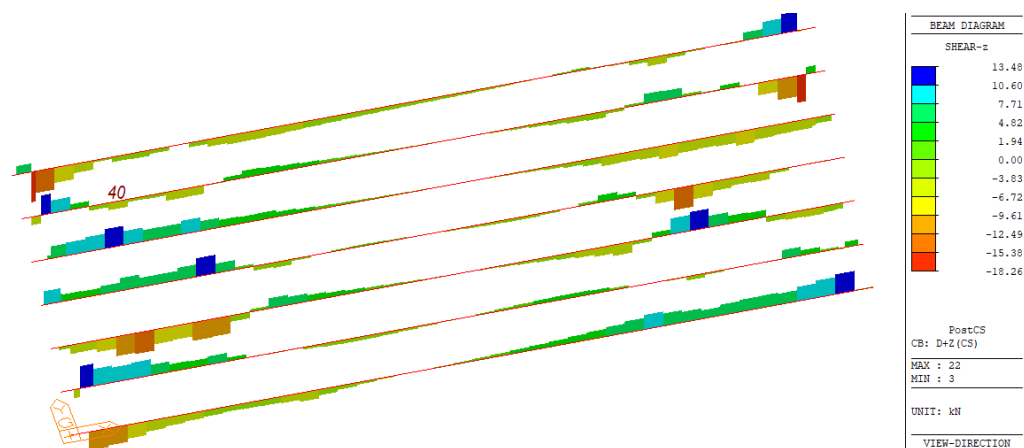
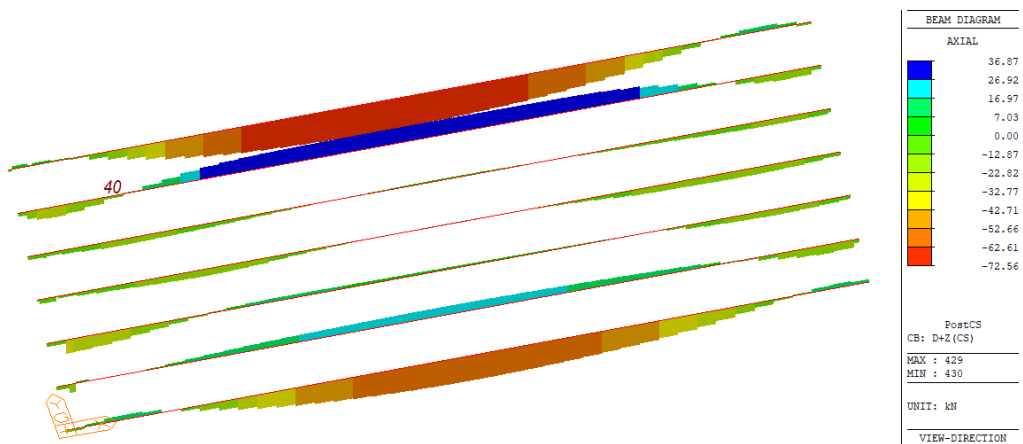


Obr. 31 Osové sily N (kN) od zaťaženia električkou charakteristické hodnoty

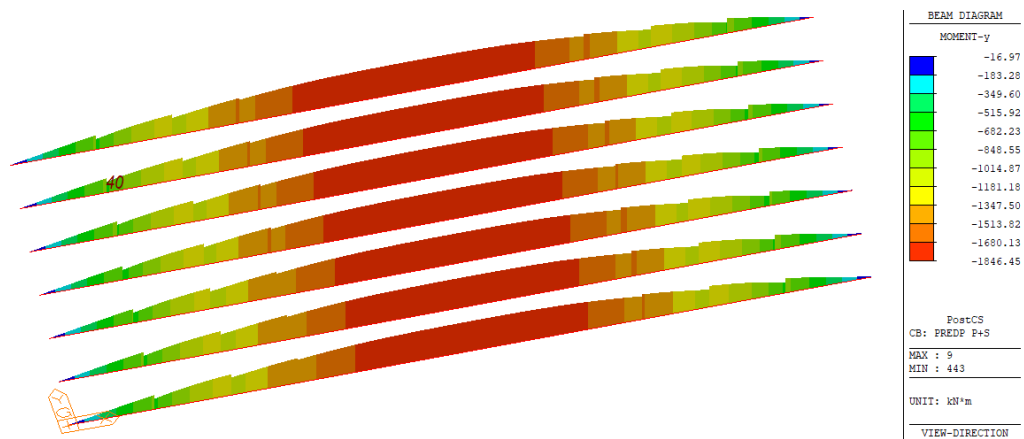
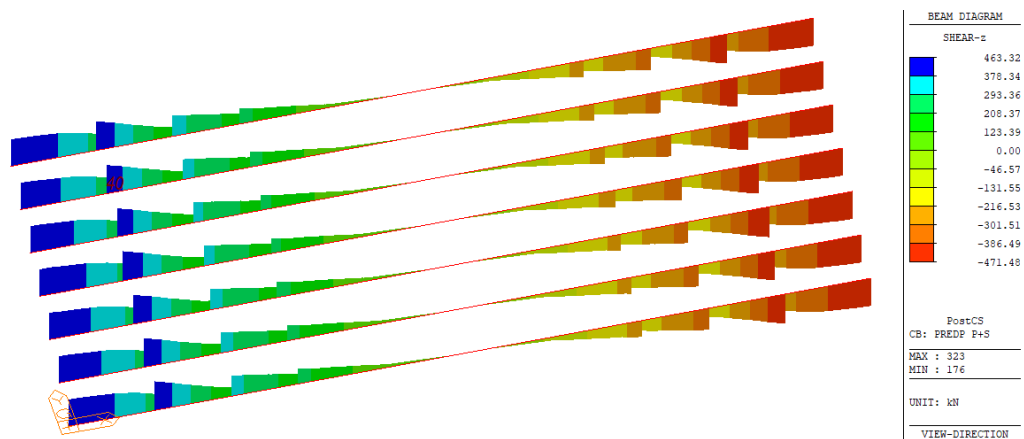
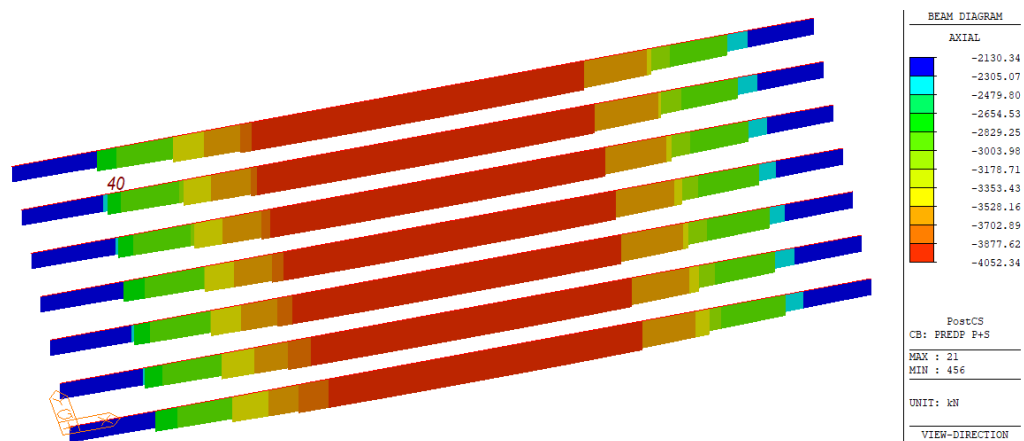
6.2.2.3 Zat'azenie chodcami

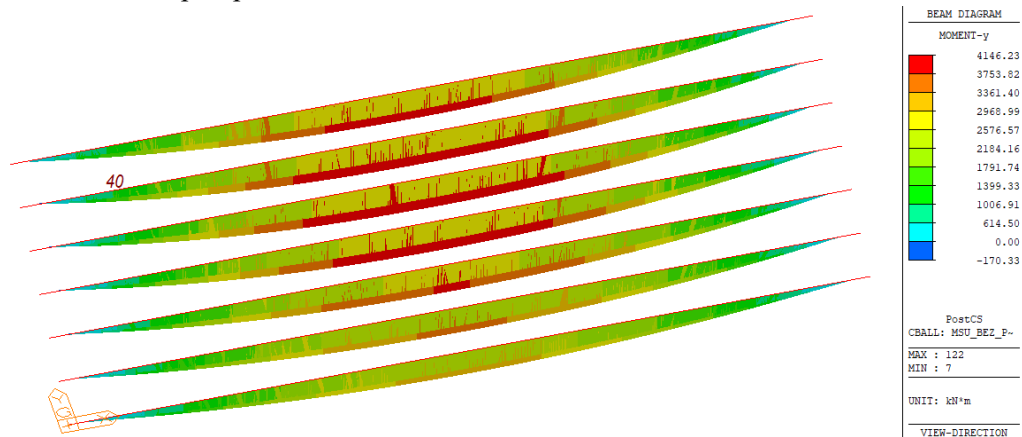
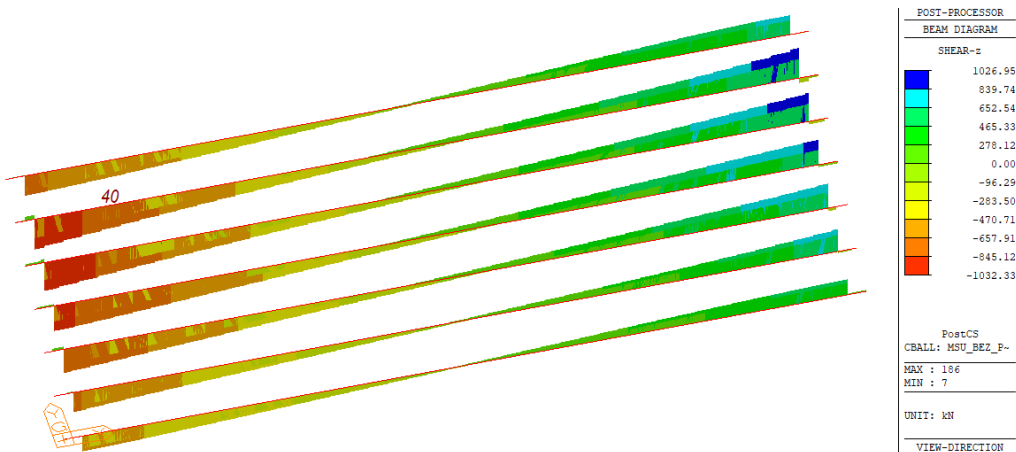
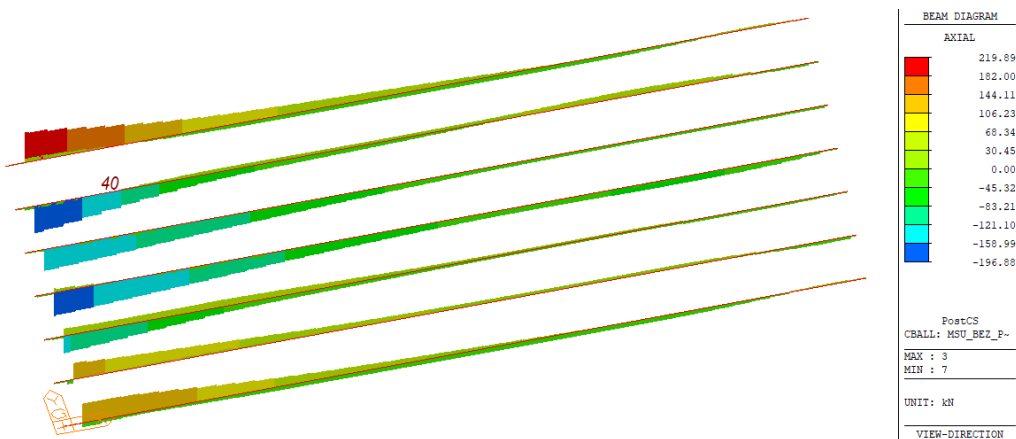
Obr. 32 Ohybové momenty m_y (kNm) od zaťaženia chodcami charakteristické hodnotyObr. 33 Priečne sily F_z (kN) od zaťaženia chodcami charakteristické hodnotyObr. 34 Osové sily N (kN) od zaťaženia chodcami charakteristické hodnoty

6.2.2.4 Dotvarovanie + zmrašťovanie 100r

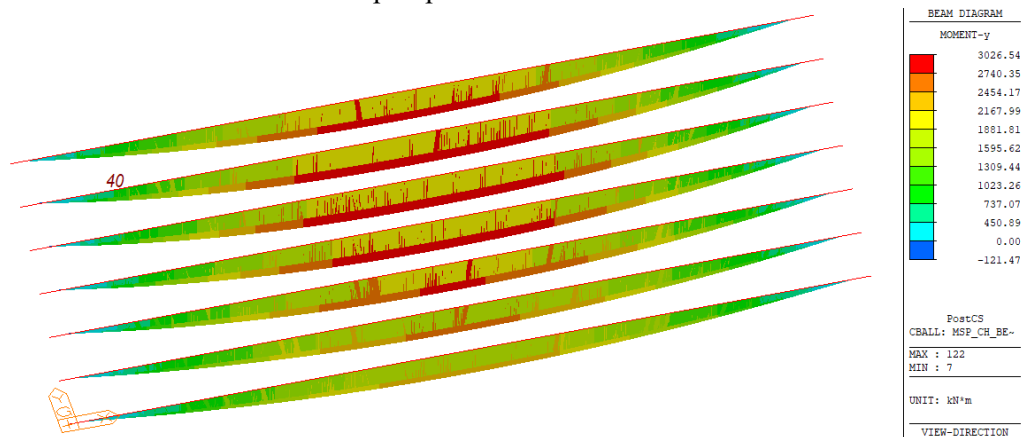
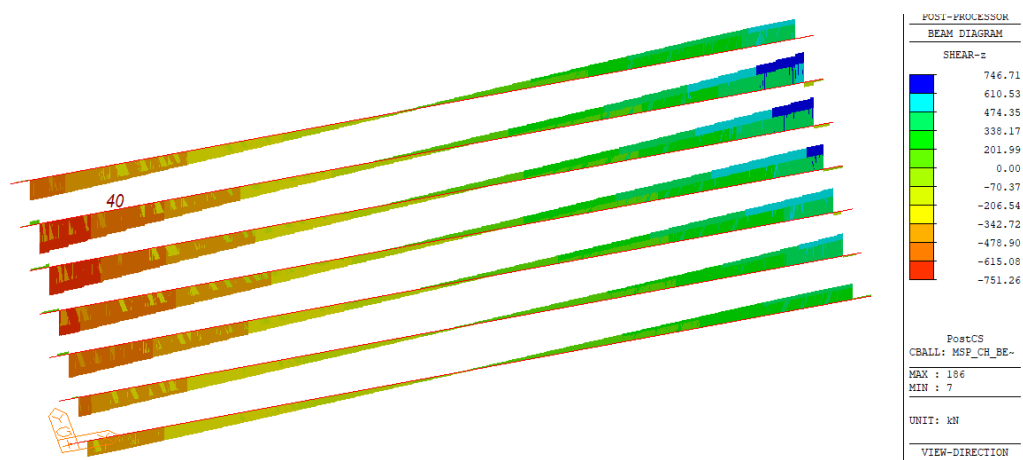
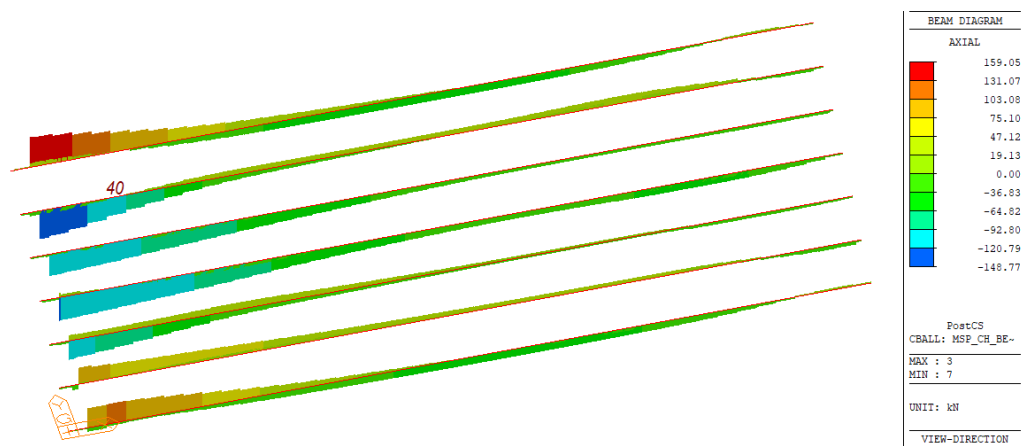
Obr. 35 Ohybové momenty M_y (kNm) od účinkov dotvarovania a zmrašťovania $t = 100r$ Obr. 36 Priečne sily N (kN) od účinkov dotvarovania a zmrašťovania $t = 100r$ Obr. 37 Osové sily N (kN) od účinkov dotvarovania a zmrašťovania $t = 100r$

6.2.2.5 Predpätie primárne + sekundárne 100r

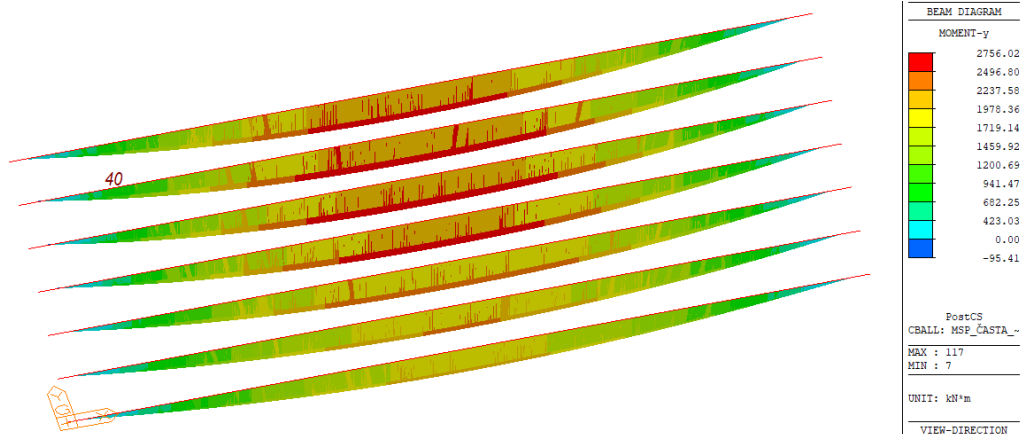
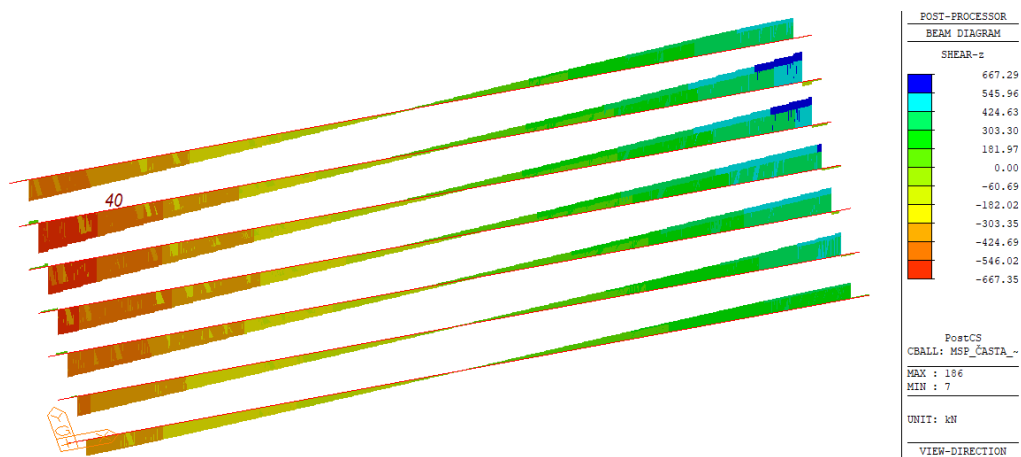
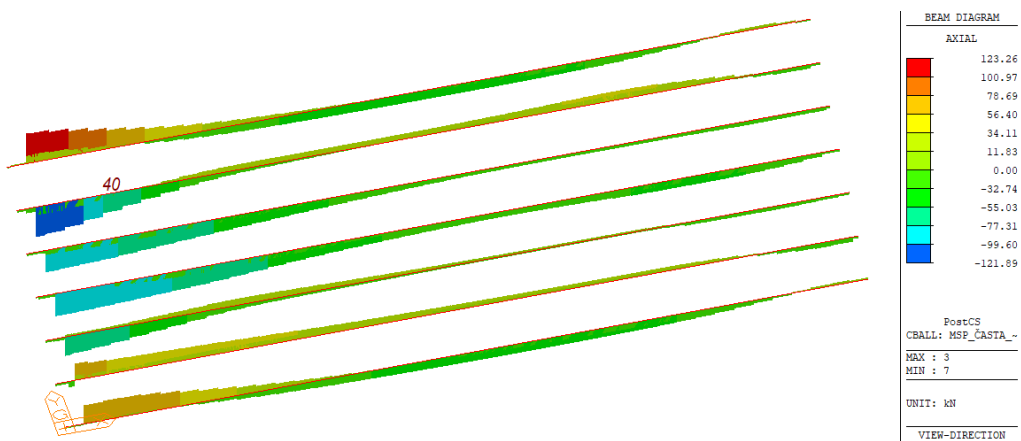
Obr. 38 Ohybové momenty m_y (kNm) od účinkov predpätia -prímárne + sekundárne $t = 100r$ Obr. 39 Priečne sily F_z (kN) od účinkov predpätia -prímárne + sekundárne $t = 100r$ Obr. 40 Osové sily N (kN) od účinkov predpätia -prímárne + sekundárne $t = 100r$

6.2.2.6 Kombinácie**6.2.2.6.1 MSU – bez predpätia**Obr. 41 Ohybové momenty M_y (kNm) – kombinácia MSÚ bez predpätia obálka.Obr. 42 Priečne sily F_z (kN) – kombinácia MSÚ bez predpätia obálka.Obr. 43 osové sily F_z (kN) – kombinácia MSÚ bez predpätia obálka.

6.2.2.6.2 MSP charakteristická – bez predpätia

Obr. 44 Ohybové momenty M_y (kNm) – charakteristická kombinácia bez predpätia obálka.Obr. 45 Priečne sily F_z (kN) – charakteristická kombinácia bez predpätia obálkaObr. 46 Osové sily F_z (kN) – charakteristická kombinácia bez predpätia obálka

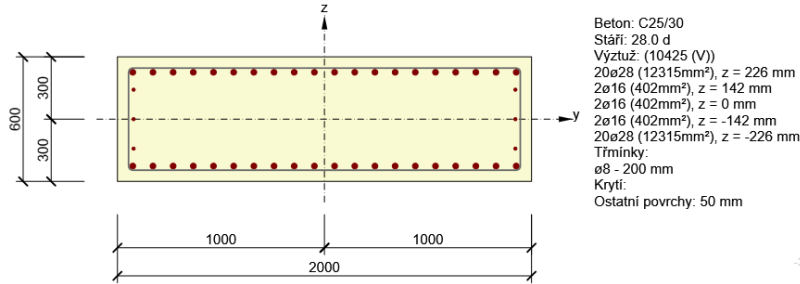
6.2.2.6.3 MSP častá – bez predpätia

Obr. 47 Ohybové momenty M_y (kNm) – častá kombinácia bez predpätia obálka.Obr. 48 Priečne sily F_z (kN) – častá kombinácia bez predpätia obálka.Obr. 49 Osovú sily N (kN) – častá kombinácia bez predpätia obálka.

6.2.3 Posúdenie priereзов

6.2.3.1 Pilier

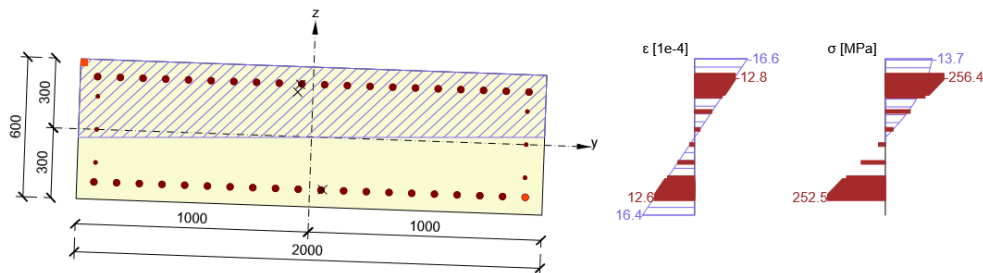
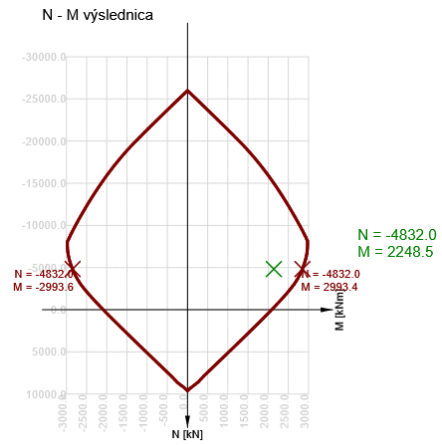
Vyztužený prierez: pilier



Súhrn

Rozhodujúci typ posudku	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	$M_{Ed,z}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	T_{Ed} [kNm]	Využitie [%]	Posudok
Obmedzenie napätia	-3569.2	1151.1	-403.0			99.5	OK
Typ posudku	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	$M_{Ed,z}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	T_{Ed} [kNm]	Využitie [%]	Posudok
Únosnosť N-M-M	-4832.0	2160.8	-621.9			75.1	OK
Šmyk	-4832.0			335.0	120.5	36.0	OK
Krútenie					120.5	33.4	OK
Interakcia	-4832.0	2160.8	-621.9	335.0	120.5	86.7	OK
Obmedzenie napätia	-3569.2	1151.1	-403.0			99.5	OK
Šírka trhlín	-3347.7	792.7	-437.3			23.1	OK
Os				I_0 [m]	λ [-]	λ_{lim} [-]	
Štíhlosť y \perp				4.90	28.29	26.95	
Štíhlosť z \perp				4.90	8.49	26.95	

Medzná hodnota využitia prierezu: 100.0 %



Šírky trhlín

Šírka trhlín - krátkodobé účinky

Kombinácia	N [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	w_k [mm]	w_{lim} [mm]	Využitie [%]	Medza [%]	Posudok
Kvází	-3347.7	792.7	-437.3	0.041	0.300	13.8	100.0	OK

Šírka trhlín - dlhodobé účinky

Kombinácia	N [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	w_k [mm]	w_{lim} [mm]	Využitie [%]	Medza [%]	Posudok
Kvází	-3347.7	792.7	-437.3	0.069	0.300	23.1	100.0	OK

Medzivýsledky a súčinitele pre výpočet šírky trhlín - krátkodobé účinky

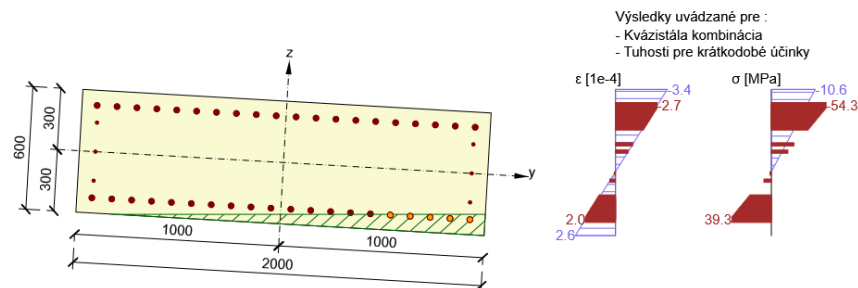
x [mm]	$h_{c,eff}$ [mm]	d [mm]	$A_{c,eff}$ [mm²]	$A_{s,eff}$ [mm²]	$\rho_{p,eff}$ [-]
402	104	625	94345	3079	0.03
k_t [-]	$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}$ [1e-4]	k_1 [-]	k_2 [-]	k_3 [-]	k_4 [-]
0.60	1.2	0.80	0.50	3.40	0.43
c [mm]	ϵ_1 [1e-4]	ϵ_2 [1e-4]	$s_{r,max}$ [mm]	Φ [mm]	σ_s [MPa]
60	2.6	-3.4	350	28	39.3

Medzivýsledky a súčinitele pre výpočet šírky trhlín - dlhodobé účinky

x [mm]	$h_{c,eff}$ [mm]	d [mm]	$A_{c,eff}$ [mm²]	$A_{s,eff}$ [mm²]	$\rho_{p,eff}$ [-]
467	87	646	58499	1232	0.02
k_t [-]	$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}$ [1e-4]	k_1 [-]	k_2 [-]	k_3 [-]	k_4 [-]
0.40	1.6	0.80	0.50	3.40	0.43
c [mm]	ϵ_1 [1e-4]	ϵ_2 [1e-4]	$s_{r,max}$ [mm]	Φ [mm]	σ_s [MPa]
60	3.8	-6.9	430	28	53.6

Súčiniteľ dotvarovania

Spôsob určenia	h_0 [mm]	A_c [mm²]	u [mm]	t [d]	t_0 [d]	t_s [d]	RH [%]	Použitie V_{it}	$\phi(t,t_0)$ [-]
Automatické	462	1200000	5200	18250.0	28.0	7.0	65	Nie	1.99



Šmyk

Výsledky prezentované pre kombináciu: Základný MSÚ

V_{Ed} [kN]	N_{Ed} [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]	Posudok zóny	Článok	Využitie [%]	Medza [%]	Posudok
335.0	-4832.0	929.2	Bez redukcie	6.2.2(1)	36.0	100.0	OK

Návrhové hodnoty posúvajúcej sily a únosnosti v šmyku

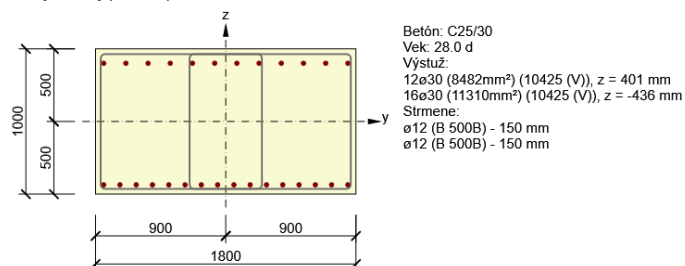
V_{Ed} [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]	$V_{Rd,max}$ [kN]	$V_{Rd,r}$ [kN]	$V_{Rd,s}$ [kN]	V_{Rd} [kN]
335.0	929.2	1543.7	3632.8	56.5	929.2

Vstupné hodnoty a medzivýsledky posúdenia krútenia

n_c	a_{sw} [mm ² /m]	A_{sl} [mm ²]	b_w [mm]	d [mm]	z [mm]	θ [°]	α [°]	α_{cw} [-]
2	354	12918	851	1115	385	40.0	90.0	1.25
$C_{Rd,c}$ [-]	k [-]	k_1 [-]	ρ_l [-]	σ_{cp} [MPa]	σ_{wd} [MPa]	V_{min} [MPa]	v [-]	v_1 [-]
0.12	1.42	0.15	0.01	2.8	400.0	0.3	0.54	0.54

6.2.3.2 Priečľa – stred

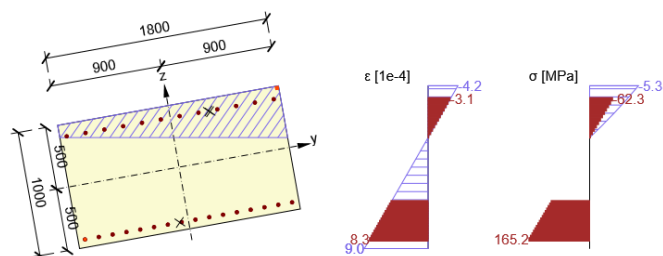
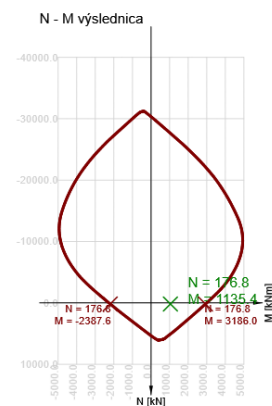
Vystužený prierez: priečľa stred



Súhrn

Rozhodujúci typ posudku	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	$M_{Ed,z}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	T_{Ed} [kNm]	Využitie [%]	Posudok
Interakcia	176.8	1035.8	465.1	983.1	-177.7	90.5	OK
Typ posudku	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	$M_{Ed,z}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	T_{Ed} [kNm]	Využitie [%]	Posudok
Únosnosť N-M-M	176.8	1035.8	465.1			35.6	OK
Šmyk	176.8			983.1	-177.7	86.0	OK
Krútenie					-177.7	22.7	OK
Interakcia	176.8	1035.8	465.1	983.1	-177.7	90.5	OK
Obmedzenie napätia	133.7	754.1	342.9			42.2	OK
Šírka trhlín	148.2	584.6	234.5			29.8	OK

Medzná hodnota využitia prierezu: 100.0 %



Šírky trhlín

Šírka trhlín - krátkodobé účinky

Kombinácia	N [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	w _k [mm]	w _{lim} [mm]	Využitie [%]	Medza [%]	Posudok
Kvázii	148.2	584.6	234.5	0.089	0.300	29.8	100.0	OK

Šírka trhlín - dlhodobé účinky

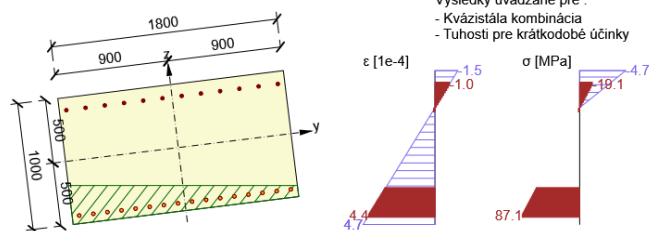
Kombinácia	N [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	w _k [mm]	w _{lim} [mm]	Využitie [%]	Medza [%]	Posudok
Kvázii	148.2	584.6	234.5	0.000	0.300	0.0	100.0	OK

Medzivýsledky a súčinitele pre výpočet šírky trhlín - krátkodobé účinky

x [mm]	h _{c,eff} [mm]	d [mm]	A _{c,eff} [mm ²]	A _{s,eff} [mm ²]	ρ _{p,eff} [-]
292	307	1044	357032	9852	0.03
k ₁ [-]	ε _{sm} ·ε _{cm} [1e-4]	k ₁ [-]	k ₂ [-]	k ₃ [-]	k ₄ [-]
0.60	2.6	0.80	0.50	3.40	0.43
c [mm]	ε ₁ [1e-4]	ε ₂ [1e-4]	s _{r,max} [mm]	Φ [mm]	σ _s [MPa]
50	4.7	-1.5	342	28	87.1

Súčiniteľ dotvarovania

Spôsob určenia	h ₀ [mm]	A _c [mm ²]	u [mm]	t [d]	t ₀ [d]	t _s [d]	RH [%]	Použitie V _{lt}	φ(t,t ₀) [-]
Automatické	643	1800000	5600	18250.0	28.0	7.0	65	Nie	1.91



Obmedzenia napätia

Obmedzenia napätia - krátkodobé účinky

Typ posudku	Časť prierezu	Index	σ [MPa]	σ _{lim} [MPa]	Využitie [%]	Medza [%]	Posudok
7.2(2)-Char	Vláknobetonu	3	-6.3	-15.0	42.2	100.0	OK

Obmedzenia napätia - dlhodobé účinky

Typ posudku	Časť prierezu	Index	σ [MPa]	σ _{lim} [MPa]	Využitie [%]	Medza [%]	Posudok
7.2(2)-Char	Vláknobetonu	3	-2.3	-15.0	15.6	100.0	OK

Podrobné posúdenie betónu - krátkodobé účinky

Typ posudku	Vláknobetonu	y _i [mm]	z _i [mm]	N [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	σ [MPa]	σ _{lim} [MPa]	Využitie [%]	Posudok
7.2(2)-Char	3	900	500	133.7	754.1	342.9	-6.3	-15.0	42.2	OK
7.2(3)-Quasi	3	900	500	148.2	584.6	234.5	-4.7	-11.3	41.8	OK

Podrobné posúdenie výstuže - krátkodobé účinky

Typ posudku	Vložka	y _i [mm]	z _i [mm]	N [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	σ [MPa]	σ _{lim} [MPa]	Využitie [%]	Posudok
7.2(5)-Char	25	-844	-436	133.7	754.1	342.9	111.4	320.0	34.8	OK

Podrobné posúdenie betónu - dlhodobé účinky

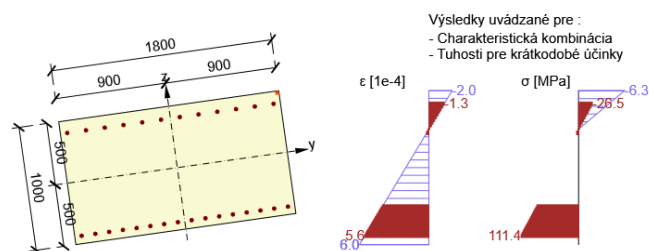
Typ posudku	Vláknobetonu	y _i [mm]	z _i [mm]	N [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	σ [MPa]	σ _{lim} [MPa]	Využitie [%]	Posudok
7.2(2)-Char	3	900	500	133.7	754.1	342.9	-2.3	-15.0	15.6	OK
7.2(3)-Quasi	3	900	500	148.2	584.6	234.5	-1.7	-11.3	15.5	OK

Podrobné posúdenie výstuže - dlhodobé účinky

Typ posudku	Vložka	y _i [mm]	z _i [mm]	N [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	σ [MPa]	σ _{lim} [MPa]	Využitie [%]	Posudok
7.2(5)-Char	25	-844	-436	133.7	754.1	342.9	39.2	320.0	12.2	OK

Súčiniteľ dotvarovania

Spôsob určenia	h ₀ [mm]	A _c [mm ²]	u [mm]	t [d]	t ₀ [d]	t _s [d]	RH [%]	Použitie V _{lt}	φ(t,t ₀) [-]
Automatické	643	1800000	5600	18250.0	28.0	7.0	65	Nie	1.91



Šmyk

Výsledky prezentované pre kombináciu: Základný MSÚ

V_{Ed} [kN]	N_{Ed} [kN]	V_{Rd} [kN]	Posudok zóny	Článok	Využitie [%]	Medza [%]	Posudok
983.1	176.8	1142.6	Bez redukcie	6.2.3(3)	86.0	100.0	OK

Návrhové hodnoty posúvajúcej sily a únosnosti v šmyku

V_{Ed} [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]	$V_{Rd,max}$ [kN]	$V_{Rd,r}$ [kN]	$V_{Rd,s}$ [kN]	V_{Rd} [kN]
983.1	718.5	5980.5	6842.1	1142.6	1142.6

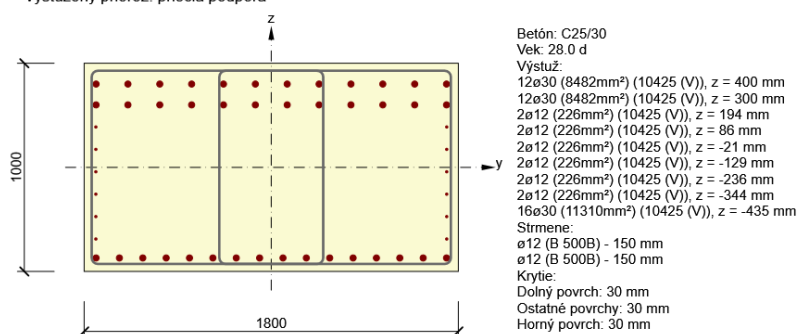
Vstupné hodnoty a medzivýsledky posúdenia krútenia

n_c	a_{sw} [mm ² /m]	A_{st} [mm ²]	b_w [mm]	d [mm]	z [mm]	θ [°]	α [°]	α_{cw} [-]
4	3007	9852	1792	998	797	40.0	90.0	1.00
$C_{Rd,c}$ [-]	k [-]	k_1 [-]	ρ_1 [-]	σ_{op} [MPa]	σ_{wd} [MPa]	V_{min} [MPa]	v [-]	v_1 [-]
0.12	1.45	0.15	0.01	-0.1	393.4	0.3	0.54	0.60

6.2.3.3 Priečľa nad pilierom

(priečna sila je uvažovaná v líci piliera).

Vystužený prierez: priečľa podpera

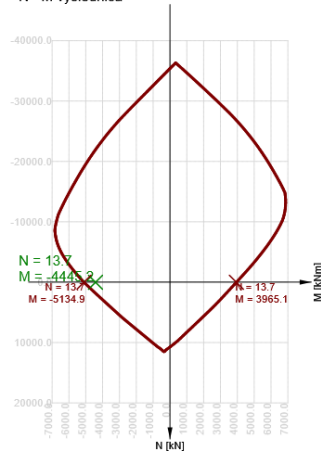


Súhrn

Rozhodujúci typ posudku	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	$M_{Ed,z}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	T_{Ed} [kNm]	Využitie [%]	Posudok
Šírka trhliny	4.3	-1906.5	267.0			99.7	OK
Typ posudku	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	$M_{Ed,z}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	T_{Ed} [kNm]	Využitie [%]	Posudok
Únosnosť N-M-M	13.7	-4408.9	566.7			86.6	OK
Šmyk	13.7			1360.3	197.1	60.2	OK
Krútenie					197.1	12.0	OK
Interakcia	13.7	-4408.9	566.7	1360.3	197.1	93.6	OK
Obmedzenie napätia	9.7	-2810.4	308.6			99.6	OK
Šírka trhliny	4.3	-1906.5	267.0			99.7	OK

Medzná hodnota využitia prierezu: 100.0 %

N - M výslednica



Šírky trhlín

Šírka trhlín - krátkodobé účinky

Kombinácia	N [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	w _k [mm]	w _{lim} [mm]	Využitie [%]	Medza [%]	Posudok
Kvázii	4.3	-1906.5	267.0	0.238	0.300	79.4	100.0	OK

Šírka trhlín - dlhodobé účinky

Kombinácia	N [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	w _k [mm]	w _{lim} [mm]	Využitie [%]	Medza [%]	Posudok
Kvázii	4.3	-1906.5	267.0	0.299	0.300	99.7	100.0	OK

Medzivýsledky a súčinitele pre výpočet šírky trhlín - krátkodobé účinky

x [mm]	h _{c,eff} [mm]	d [mm]	A _{c,eff} [mm ²]	A _{s,eff} [mm ²]	ρ _{p,eff} [-]
281	264	898	409025	15551	0.04
k ₁ [-]	ε _{sm} ·ε _{cm} [1e-4]	k ₁ [-]	k ₂ [-]	k ₃ [-]	k ₄ [-]
0.60	5.6	0.80	0.50	3.40	0.43
c [mm]	ε ₁ [1e-4]	ε ₂ [1e-4]	s _{r,max} [mm]	Φ [mm]	σ _s [MPa]
85	9.3	-3.3	423	30	162.8

Medzivýsledky a súčinitele pre výpočet šírky trhlín - dlhodobé účinky

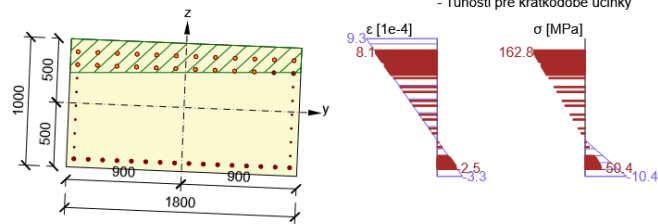
x [mm]	h _{c,eff} [mm]	d [mm]	A _{c,eff} [mm ²]	A _{s,eff} [mm ²]	ρ _{p,eff} [-]
387	236	928	339309	12017	0.04
k ₁ [-]	ε _{sm} ·ε _{cm} [1e-4]	k ₁ [-]	k ₂ [-]	k ₃ [-]	k ₄ [-]
0.40	6.9	0.80	0.50	3.40	0.43
c [mm]	ε ₁ [1e-4]	ε ₂ [1e-4]	s _{r,max} [mm]	Φ [mm]	σ _s [MPa]
85	10.2	-5.6	433	30	173.7

Súčiniteľ dotvarovania

Spôsob určenia	h ₀ [mm]	A _c [mm ²]	u [mm]	t [d]	t ₀ [d]	t _s [d]	RH [%]	Použitie v _{it}	φ(t,t ₀) [-]
Automatické	643	1800000	5600	18250.0	28.0	7.0	65	Nie	1.91

Výsledky uvádzané pre :

- Kvázistála kombinácia
- Tuhosti pre krátkodobé účinky



Obmedzenia napätia

Obmedzenia napätia - krátkodobé účinky

Typ posudku	Časť prierezu	Index	σ [MPa]	σ _{lim} [MPa]	Využitie [%]	Medza [%]	Posudok
7.2(2)-Char	Vláknno betónu	2	-14.9	-15.0	99.6	100.0	OK

Obmedzenia napätia - dlhodobé účinky

Typ posudku	Časť prierezu	Index	σ [MPa]	σ _{lim} [MPa]	Využitie [%]	Medza [%]	Posudok
7.2(5)-Char	Výstužná vložka	12	251.9	336.0	75.0	100.0	OK

Podrobné posúdenie betónu - krátkodobé účinky

Typ posudku	Vláknno	Y _i [mm]	Z _i [mm]	N [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	σ [MPa]	σ _{lim} [MPa]	Využitie [%]	Posudok
7.2(2)-Char	2	900	-500	9.7	-2810.4	308.6	-14.9	-15.0	99.6	OK
7.2(3)-Quasi	2	900	-500	4.3	-1906.5	267.0	-10.4	-11.3	92.6	OK

Podrobné posúdenie výstuže - krátkodobé účinky

Typ posudku	Vložka	Y _i [mm]	Z _i [mm]	N [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	σ [MPa]	σ _{lim} [MPa]	Využitie [%]	Posudok
7.2(5)-Char	12	-843	400	9.7	-2810.4	308.6	237.4	336.0	70.6	OK

Podrobné posúdenie betónu - dlhodobé účinky

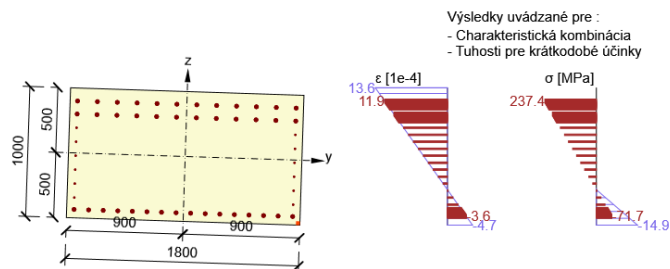
Typ posudku	Vláknno	Y _i [mm]	Z _i [mm]	N [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	σ [MPa]	σ _{lim} [MPa]	Využitie [%]	Posudok
7.2(2)-Char	2	900	-500	9.7	-2810.4	308.6	-8.6	-15.0	57.5	OK
7.2(3)-Quasi	2	900	-500	4.3	-1906.5	267.0	-6.0	-11.3	53.4	OK

Podrobné posúdenie výstuže - dlhodobé účinky

Typ posudku	Vložka	Y _i [mm]	Z _i [mm]	N [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	σ [MPa]	σ _{lim} [MPa]	Využitie [%]	Posudok
7.2(5)-Char	12	-843	400	9.7	-2810.4	308.6	251.9	336.0	75.0	OK

Súčiniteľ dotvarovania

Spôsob určenia	h ₀ [mm]	A _c [mm ²]	u [mm]	t [d]	t ₀ [d]	t _s [d]	RH [%]	Použitie v _{it}	φ(t,t ₀) [-]
Automatické	643	1800000	5600	18250.0	28.0	7.0	65	Nie	1.91



Šmyk

Výsledky prezentované pre kombináciu: Základný MSÚ

V_{Ed} [kN]	N_{Ed} [kN]	V_{Rd} [kN]	Posudok zóny	Článok	Využitie [%]	Medza [%]	Posudok
1360.3	13.7	2261.4	Bez redukcie	6.2.3(3)	60.2	100.0	OK

Návrhové hodnoty posúvajúcej sily a únosnosti v šmyku

V_{Ed} [kN]	$V_{Rd,o}$ [kN]	$V_{Rd,max}$ [kN]	$V_{Rd,r}$ [kN]	$V_{Rd,s}$ [kN]	V_{Rd} [kN]
1360.3	877.9	3967.8	6450.9	2261.4	2261.4

Vstupné hodnoty a medzivýsledky posúdenia krútenia

n_c	a_{sw} [mm ² /m]	A_{sl} [mm ²]	b_w [mm]	d [mm]	z [mm]	θ [°]	α [°]	σ_{cw} [-]
4	3000	17756	1796	939	754	21.8	90.0	1.00
$C_{Rd,o}$ [-]	k [-]	k_1 [-]	ρ_1 [-]	σ_{op} [MPa]	σ_{wd} [MPa]	v_{min} [MPa]	v [-]	v_1 [-]
0.12	1.46	0.15	0.01	0.0	266.7	0.3	0.54	0.60

6.2.3.4 Spriahnutie

Šmyk na styku medzi betónmi rôzneho veku

čl. 6.2.5

Prvok	Materiál	Betón	Nosník C 35/45	Betón	Doska C 35/45
Vlastnosti					
Sešnicový modul pružnosti betónu		$E_c =$	34 GPa	$E_c =$	34 GPa
Charakteristická valcová pevnosť betónu v tlaku vo veku 28 dní		$f_{ck} =$	35 MPa	$f_{ck} =$	35 MPa
Stredná hodnota valcovej pevnosti betónu v tlaku		$f_{cm} =$	43 MPa	$f_{cm} =$	43 MPa
Charakteristická pevnosť betónu v centrickom ťahu, 5%-ný fraktíl		$f_{ctk,0.05} =$	2.25	$3 f_{ctk,0.05} =$	2.25 MPa
Súčiniteľ vplyvu dlhodobých účinkov na pevnosť betónu v tlaku		$\alpha_{cc} =$	0.85	$\alpha_{cc} =$	0.85
Súčiniteľ vplyvu dlhodobých účinkov na pevnosť betónu v ťahu		$\alpha_{ct} =$	1	$\alpha_{ct} =$	1
Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre betón		$\gamma_c =$	1.5	$\gamma_c =$	1.5
Návrhová pevnosť betónu v tlaku		$f_{cd} =$	19.83 MPa	$f_{cd} =$	19.83 MPa
Návrhová pevnosť betónu v ťahu		$f_{ctd} =$	1.50 MPa	$f_{ctd} =$	1.50 MPa
Normálové napätie na jednotku plochy		$\sigma_n =$	0.0050 MPa		
Rozmery prierezu					
Výška dosky:		$h_d =$	200 mm		
Šírka dosky:		$b_d =$	1550 mm		
Plocha dosky:		$A_d =$	0.31 m ²		
Výška nosníka:		$h_n =$	1100 mm		
Šírka stojiny nosníka:		$b_n =$	190 mm		
Plocha nosníka:		$A_n =$	0.604938 m ²		
Charakteristiky spriahnutého prierezu					
Plocha prierezu:		$A_i =$	0.914938 m ²		
Výška prierezu:		$h_i = h_n + h_{d_i} =$	1300 mm		
Šírka stykovej plochy:		$b_i =$	1550 mm		
Statický moment plochy prierezu k dolnému okraju:		$ST_i = A_n \cdot t_n + A_{d_i} \cdot (h_n + t_d)$			
Vzdialenosť ťažiska spriahnutého prierezu od dolného okraja:		$ST_i =$	0.7047159 m ³		
		$T_i = ST_i / A_i =$			
		$T_i =$	0.7702335 m		
Vzdialenosť ťažiska nosníka a ťažiska spriahnutého prierezu:		$r_n = T_i - t_n =$			
		$r_n =$	0.2202335 m		
vzdialenosť ťažiska dosky a ťažiska spriahnutého prierezu:		$r_d = (h_n + t_d) - T_i =$			
		$r_d =$	0.4297665 m		
Moment zotrvačnosti spriahnutého prierezu k jeho ťažisku:		$J_{yi} = 1/12 \cdot b_n \cdot h_n^3 + A_n \cdot r_n^2 + 1/12 \cdot b_d \cdot h_d^3 + A_{d_i} \cdot r_d^2$			
		$J_{yi} =$	0.1088588 m ⁴		
Statický moment plochy dosky k ťažisku spriahnutého prierezu:		$S_{yi} = A_{d_i} \cdot r_d =$			
		$S_{yi} =$	0.1332276 m ³		
Obvod dosky vystavený vysychaniu:		$u =$	1550 mm		
Náhradná výška dosky:		$h_0 = 2 \cdot A_{d_i} / u$			
		$h_0 =$	400 mm		
trieda cementu		R			
Vek betónu v dňoch na začiatku zmršťovania z vysychania (7 dní ošetrovania):		$t_s =$	7 dní		
Vek betónu v dňoch v uvažovanom čase (100 rokov)		$t =$	36500 dní		
Pomerné pretvorenie od autogenného zmršťovania č.1.3.1.4 (3.11)					
		$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \cdot \varepsilon_{ca}(\infty)$			
		$\varepsilon_{ca}(\infty) = 2.5(f_{ck} - 10)10^{-6}$			
		$\varepsilon_{ca}(\infty) =$	0.0000625		
		$\beta_{as}(t) = 1 - \exp(-0.2t^{0.5})$			
		$\beta_{as}(t) =$	1		
		$f_{ck} =$	35 MPa		
		$f_{cm} =$	43 MPa		
		$\varepsilon_{ca}(t) =$	0.0000625		
Pomerné pretvorenie od zmršťovania z vysychania - príloha B					
Základné pomerné pretvorenie od zmršťovania z vysychania:		$\varepsilon_{cd+0} = 0.85 \cdot ((220 + 110 \cdot \alpha_{ds1}) \cdot \exp(-\alpha_{ds2} \cdot f_{cm} / f_{cm0})) \cdot 10^{-6} \cdot \beta_{RH}$			
		$\varepsilon_{cd+0} =$	0.0003526		
Súčinitele závislé od typu cementu:		α_{ds1}	6		
		α_{ds2}	0.11		
		$f_{cm0} =$	10 MPa		
Súčiniteľ vyplývajúci z vlhkosti prostredia:		$\beta_{RH} = 1.55 \cdot (1 - (RH / RH_0)^3)$			
Relatíva vlhkosť okolitého prostredia:		RH =	80 %		
Relatívna vlhkosť 100%		RH ₀ =	100 %		
		$\beta_{RH} =$	0.7564		

	α_{ds1}	α_{ds2}
S	3	0.13
N	4	0.12
R	6	0.11

h_0	k_h
100	1
200	0.85
300	0.75
500	0.7

Funkcia popisujúca zmršťovanie z vysychania v intervale t, t_s :	$\beta_{ds}(t, t_s) = (t - t_s) / ((t - t_s) + 0,04 \cdot h_0^{2/3})$	
	$\beta_{ds}(t, t_s) =$	0.9913
Koeficient k_h závislý od náhradnej výšky h_0 EN 1992-1-1, tab. 3.3):	(podľa STN)	$k_h =$ 0.7250
Pomerne pretvorenie od zmršťovania z vysychania v čase "t"	$\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) \cdot k_h \cdot \varepsilon_{cd,0}$	$\varepsilon_{cd}(t) =$ 0.0002534
Hodnota celkového pomerneho pretvorenia od zmršťovania:	$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca}$	$\varepsilon_{cs} =$ 0.0003159
Dotvarovanie - STN EN 1992-1-1 - Príloha B		
Súčiniteľ dotvarovania:	$\varepsilon_{cc}(\sigma, t_0) = \varphi(\sigma, t_0) \cdot (\sigma_c / E_c)$ $\varphi(t, t_0) = \varphi_0 \cdot \beta_c(t, t_0)$ $\varphi(t, t_0) =$	1.798383
Súčiniteľ zohľadňujúci vplyv relatívnej vlhkosti na základný súčiniteľ dotvarovania pre $f_{cm} \leq 35$ Mpa	$\varphi_{RH} = 1 + (1 - RH/100) / (0,1 \cdot h_0^{1/3})$	$\varphi_{RH} =$ 1.2714418
Súčiniteľ zohľadňujúci vplyv relatívnej vlhkosti na základný súčiniteľ dotvarovania pre $f_{cm} > 35$ Mpa	$\varphi_{RH} = (1 + (1 - RH/100) / (0,1 \cdot h_0^{1/3})^{\alpha_1})^{\alpha_2}$	$\varphi_{RH} =$ 1.1852018
Súčinitele zohľadňujúce vplyv pevnosti betónu	α_1 α_2 α_3	0.8658042 0.9596656 0.9021937
Súčiniteľ zohľadňujúci vplyv pevnosti betónu na základný súčiniteľ dotvarovania:	$\beta(f_{cm}) = 16,8 / (f_{cm}^{0,5})$ $\beta(f_{cm}) =$	2.561976
Základný súčiniteľ dotvarovania	$\varphi_0 = \varphi_{RH} \cdot \beta(t_0)$ $\varphi_0 =$	1.8021668
vek betónu pri zaťažení	t_0	10 dní
Vek betónu v dňoch v uvažovanom čase (100 rokov)	$t =$	36500 dní
Súčiniteľ zohľadňujúci vplyv veku betónu pri zaťažení na základný súčiniteľ dotvarovania:	$\beta(t_0) =$	0.5935094
Súčiniteľ popisujúci rozvoj dotvarovania v čase od zaťaženia prvku:	$\beta_c(t, t_0) = ((t - t_0) / (\beta_H + t - t_0))^{0,3}$ $\beta_c(t, t_0) =$	0.9981531
Súčiniteľ závislý od relatívnej vlhkosti a od náhradného rozmeru h_0	$\beta_H = 1,5 \cdot (1 + (0,012 \cdot RH)^{16}) \cdot h_0 + 250 \leq 1500$ $\beta_H =$ 250 $\beta_H = 1,5 \cdot (1 + (0,012 \cdot RH)^{16}) \cdot h_0 + 250 \cdot \alpha_3 \leq 1500 \cdot \alpha_3$ $\beta_H =$ 225.54843	pre $f_{cm} \leq 35$ MPa pre $f_{cm} > 35$ MPa
Modul pružnosti pre výpočet zmršťovania (STN EN 1994-2)		
Pracovný súčiniteľ:	$n_0 = E_{cm,r} / E_{cm,d}$	
	$n_0 =$	1
Súčiniteľ ψ_L pre výpočet zmršťovania	$\psi_L =$	0.55
Súčiniteľ dotvarovania:	$\varphi(t, t_0) = \varphi_0 \cdot \beta_c(t, t_0) =$	1.798383
Upravený pracovný súčiniteľ:	$n = n_0 \cdot (1 + \psi_L \cdot \varphi(t, t_0))$	
	$n =$	1.9893611
Modul pružnosti pre výpočet zmršťovania:	$E_{eff,d} = E_{cm,r} / n$	17.090914 GPa
Napätie a sila od zmršťovania		
Ťahové napätie od zmršťovania:	$\sigma_{cr} = \varepsilon_{cs} \cdot E_{eff,d}$ $\sigma_{cr} =$	5.3987365 MPa
Ťahová sila od zmršťovania:	$N_{sr} = \sigma_{sr} \cdot A_d =$ $N_{sr} =$	1673.6083 kN
Moment od zmršťovania	$M_{sr} = N_{sr} \cdot R_d$ $M_{sr} =$	719.26078 kNm
Výsledné napätie v doske	$\sigma_{sr,d} = N_{sr} / A_d - N_{sr} / A_c - M_{sr} / J_{y1} \cdot r_d$ $\sigma_{sr,d} =$	729.94355 kPa
Výsledná sila v doske na jednotku dĺžky :	$F_{sr} = \sigma_{sr,d} \cdot A_d$ $F_{sr} =$	226.2825 kN/m
Návrhová sila v doske na jednotku dĺžky ($\gamma_G = 1,35$)	$F_{sr,d} = F_{sr} \cdot \gamma_G$ $F_{sr,d} =$	305.48137 kN/m
Návrh prvkov spriahnutia		
Betonárska výstuž:	B500B	
Charakteristická medza kizu bet. výstuže	$f_{yk} =$	500 MPa
Parciálny súčiniteľ pre bet. výstuž	$\gamma_s =$	1.15
Návrhová medza kizu bet výstuže	$f_{yd} =$	434.78 MPa
Modul pružnosti bet. Výstuže	E_s	200 000 MPa
parametre styku	drsňý	▼
	$c =$	0.4
	$\mu_1 =$	0.7
plocha styku	$A_i =$	1.55 m ²
Výstuženie	4 ϕ 14	

počet strihov v priečnom reze

 ϕ 14 mm 4 ks
 ϕ 16 mm 0 ks

plocha strihov

 $A_{s1} = 615.75216 \text{ mm}^2$

vzdialenosť strihov

 $s_1 = 200 \text{ mm}$

počet strihov na 1m

 $n = 5 \text{ ks}$

plocha strihov na 1m

 $A_s = 3078.7608 \text{ mm}^2$

Zvislá šmyková sila (priečna sila) - z výpočtového modelu

 $V_{Ed} = 1094 \text{ kN}$

Pozdĺžna šmyková sila

 $F_{ed1} = V_{Ed1} \cdot S_{y1}/J_{y1} =$ $F_{ed1} = 1338.8999 \text{ kN/m}$

Celkový šmykový tok (šmykový výstuž je nutné navrhnuť na):

 $V_{led1} = F_{ed1} + F_{sr,d}$ $V_{led1} = 1644.3812 \text{ kN/m}$

Pomer plôch výstuže a betónu na styku

 $\rho = 0.0019863$

Redukčný súčiniteľ pevnosti

 $v = 0.6 - (1 - f_{ck}/250)$ $v = 0.516$

návrhová šmyková odolnosť na stykovej ploche

 V_{Rd1} $V_{Rd1} = c \cdot f_{ctd} + \mu \cdot \sigma_n + \rho \cdot f_{yd} \cdot (\mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0.5 \cdot v \cdot f_{ctd}$ $V_{Rd1} = 1.2072183 \text{ MN/m}^2$ $V_{Rd1} = V_{Rd1} \cdot A_i = 1871.1883 \text{ kN/m}$

Podmienka spoľahlivosti

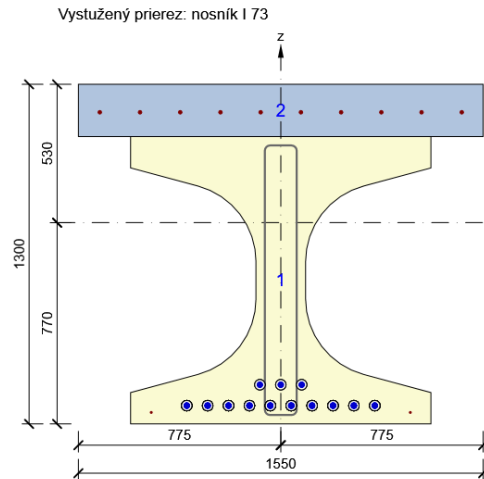
 $V_{led1} \leq V_{Rd1}$

1644.381246 ≤ 1871.188 Vyhovuje

Prvky spriehnutia vyhovujú !!!

6.2.3.5 Nosník I73

Rez v strede rozpätia



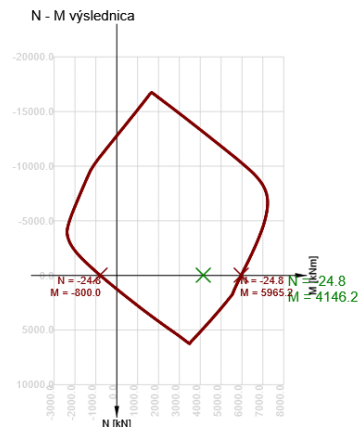
1: Betón: C35/45
 Vek: 36500.0 d
 2: Betón: C35/45
 Vek: 18250.0 d
 Výstuž:
 1ø14 (154mm²) (B 500B), Pozícia -693, 422 mm
 1ø14 (154mm²) (B 500B), Pozícia -539, 422 mm
 1ø14 (154mm²) (B 500B), Pozícia -385, 422 mm
 1ø14 (154mm²) (B 500B), Pozícia -231, 422 mm
 1ø14 (154mm²) (B 500B), Pozícia -77, 422 mm
 1ø14 (154mm²) (B 500B), Pozícia 77, 422 mm
 1ø14 (154mm²) (B 500B), Pozícia 231, 422 mm
 1ø14 (154mm²) (B 500B), Pozícia 385, 422 mm
 1ø14 (154mm²) (B 500B), Pozícia 539, 422 mm
 1ø14 (154mm²) (B 500B), Pozícia 693, 422 mm
 1ø8 (50mm²) (10425 (V)), Pozícia -496, -727 mm
 1ø8 (50mm²) (10425 (V)), Pozícia 496, -727 mm
 Strmene:
 ø8 (10425 (V)) - 135 mm

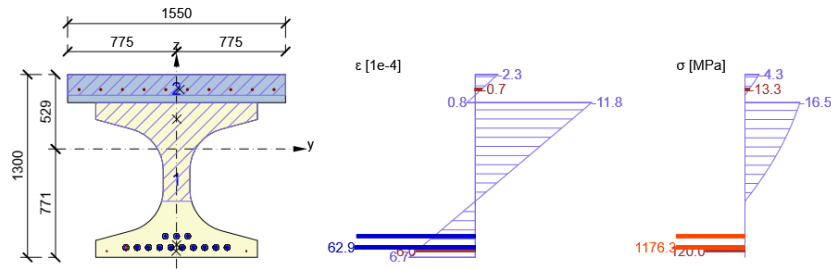
Dodatočne predpäté káble: (PZ 4.5mm)
 20ø4.5 (302mm²), Pozícia -80, -621 mm
 20ø4.5 (302mm²), Pozícia 0, -621 mm
 20ø4.5 (302mm²), Pozícia 80, -621 mm
 20ø4.5 (302mm²), Pozícia -360, -701 mm
 20ø4.5 (302mm²), Pozícia -280, -701 mm
 20ø4.5 (302mm²), Pozícia -200, -701 mm
 20ø4.5 (302mm²), Pozícia -120, -701 mm
 20ø4.5 (302mm²), Pozícia -40, -701 mm
 20ø4.5 (302mm²), Pozícia 40, -701 mm
 20ø4.5 (302mm²), Pozícia 120, -701 mm
 20ø4.5 (302mm²), Pozícia 200, -701 mm
 20ø4.5 (302mm²), Pozícia 280, -701 mm
 20ø4.5 (302mm²), Pozícia 360, -701 mm
 Káblové kanálky:
 1ø40 (1257mm²), Pozícia -80, -621 mm
 1ø40 (1257mm²), Pozícia 0, -621 mm
 1ø40 (1257mm²), Pozícia 80, -621 mm
 1ø40 (1257mm²), Pozícia -360, -701 mm
 1ø40 (1257mm²), Pozícia -280, -701 mm
 1ø40 (1257mm²), Pozícia -200, -701 mm
 1ø40 (1257mm²), Pozícia -120, -701 mm
 1ø40 (1257mm²), Pozícia -40, -701 mm
 1ø40 (1257mm²), Pozícia 40, -701 mm
 ...

Súhrn

Rozhodujúci typ posudku	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	$M_{Ed,z}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	T_{Ed} [kNm]	Využitie [%]	Posudok
Šírka trhliny	-3653.1	262.8	6.2			99.1	OK
Typ posudku	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	$M_{Ed,z}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	T_{Ed} [kNm]	Využitie [%]	Posudok
Únosnosť N-M-M	-24.8	4146.2	8.7			69.5	OK
Šmyk	-4068.6			43.9	-15.2	14.1	OK
Krútenie					-15.2	10.9	OK
Interakcia	-4068.6	1387.8	8.4	43.9	-15.2	84.1	OK
Obmedzenie napätia	-4060.7	268.1	5.7			84.5	OK
Šírka trhliny	-3653.1	262.8	6.2			99.1	OK
Krehký lom	-4057.5	-13.0	6.1			46.9	OK

Medzná hodnota využitia prierezu: 100.0 %



**Krehký lom**

N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	$M_{Ed,z}$ [kNm]	Využitie [%]	Medza [%]	Posudok
-4057.5	-13.0	6.1	46.9	100.0	OK

Posúdenie podľa EN 1992-2, 6.1 (109a)

Typ	N [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	σ_{ct} [MPa]	f_{ctm} [MPa]
Sily	-3320.1	490.0	6.2		
Únosnosť	-13.7	5848.7	13.7	3.2	3.2

Vstupné parametre pre posúdenie podľa EN 1992-2, 6.1 (109a)

Typ	N [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	A_p [mm ²]	Redukčný súčiniteľ [-]
Pôvodne	-4043.8	-2758.4	-0.3	3926	
Redukované	-3306.4	-2255.4	-0.3	3210	0.82

Šírky trhlín

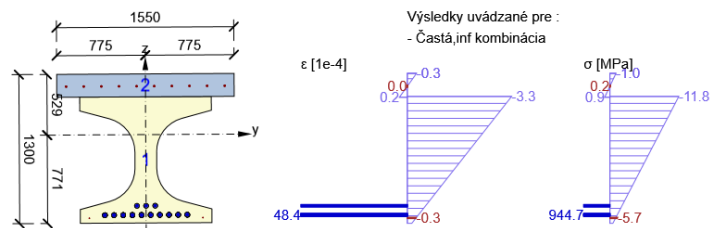
Kombinácia	N [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	d_e [mm]	$d_{e,lim}$ [mm]	Využitie [%]	Medza [%]	Posudok
Časť, inf	-3653.1	262.8	6.2	101	100	99.1	100.0	OK

Výsledky výpočtu šírky trhlín pre kombináciu obsahujúce rsup, rinf (5.10.9)

Kombinácia	N [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	w_k	w_{lim}	Využitie [%]	Medza [%]	Typ posudku	Posudok
Časť, inf	-3653.1	262.8	6.2	0.000	0.200	0.0	100.0	ST, TN	OK
Časť, sup	-4461.9	-288.8	6.1	0.000	0.200	0.0	100.0	ST, TN	OK

Výsledok výpočtu dekompresie pre kombinácie obsahujúce rsup, rinf (5.10.9)

Kombinácia	N [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	d_e	$d_{e,lim}$	Využitie [%]	Medza [%]	Typ posudku	Posudok
Časť, inf	-3653.1	262.8	6.2	100.875	100.000	99.1	100.0	OD	OK
Časť, sup	-4461.9	-288.8	6.1	546.326	100.000	18.3	100.0	OD	OK

**Obmedzenia napätia**

Obmedzenia napätia

Typ posudku	Časť prierezu	Index/Časť prierezu	σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	Využitie [%]	Medza [%]	Posudok
7.2(5)-Char	Kábel	1/1	1045.4	1237.5	84.5	100.0	OK

Podrobné posúdenie betónu

Typ posudku	Vlákno	y_i [mm]	z_i [mm]	N [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	Využitie [%]	Posudok
7.2(2)-Char	21	575	329	-4060.7	268.1	5.7	-12.2	-21.0	58.3	OK
7.2(2)-Char, sup	21	575	329	-4465.1	-7.7	5.6	-12.2	-21.0	58.1	OK
7.2(2)-Char, inf	21	575	329	-3656.3	544.0	5.7	-12.3	-21.0	58.5	OK
7.2(3)-Quasi	21	575	329	-4057.5	-13.0	6.1	-11.8	-15.8	74.6	OK
7.2(3)-Quasi, sup	21	575	329	-4461.9	-288.8	6.1	-11.7	-15.8	74.4	OK
7.2(3)-Quasi, inf	21	575	329	-3653.1	262.8	6.2	-11.8	-15.8	74.9	OK

Podrobné posúdenie výstuže

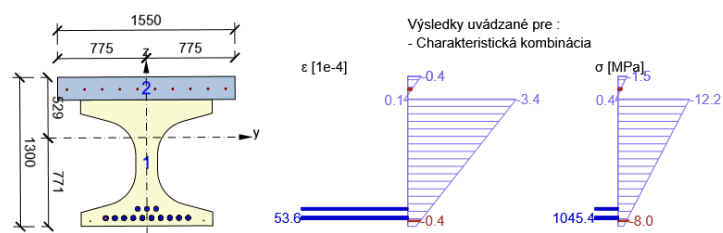
Typ posudku	Vložka	y_i [mm]	z_i [mm]	N [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	Využitie [%]	Posudok
7.2(5)-Char, inf	11	-496	-727	-3656.3	544.0	5.7	0.6	336.0	0.2	OK

Podrobné posúdenie predpinacej výstuže

Typ posudku	Kábel	y_i [mm]	z_i [mm]	N [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	Využitie [%]	Posudok
7.2(5)-Char	1	-360	-701	-4060.7	268.1	5.7	1045.4	1237.5	84.5	OK

Rozhodujúce vlákno pre stanovenie poťhraného prierezu

Typ posudku	Vlákno betónu/Časť prierezu	y_i [mm]	z_i [mm]	N [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	Využitie [%]	Stav rezu
7.2(2)-Char	3/0	-775	329	-4060.7	268.1	5.7	0.4	3.2	14.0	nepoťhraný



Šmyk

Výsledky prezentované pre kombináciu: Základný MSÚ

V_{Ed} [kN]	N_{Ed} [kN]	V_{Rd} [kN]	Posudok zóny	Článok	Využitie [%]	Medza [%]	Posudok
43.9	-4068.6	312.2	Bez redukcie	6.2.3(3)	14.1	100.0	OK

Návrhové hodnoty posúvajúcej sily a únosnosti v šmyku

V_{Ed} [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]	$V_{Rd,max}$ [kN]	$V_{Rd,r}$ [kN]	$V_{Rd,s}$ [kN]	V_{Rd} [kN]
43.9	253.6	1158.8	991.9	312.2	312.2

Vstupné hodnoty a medzivýsledky posúdenia krútenia

n_c	a_{sw} [mm ² /m]	A_{sl} [mm ²]	b_w [mm]	d [mm]	z [mm]	θ [°]	α [°]	σ_{cw} [-]
2	745	4027	190	1021	873	35.0	90.0	1.25
$C_{Rd,c}$ [-]	k [-]	k_1 [-]	ρ_l [-]	σ_{cp} [MPa]	σ_{wd} [MPa]	V_{min} [MPa]	v [-]	v_1 [-]
0.12	1.44	0.15	0.02	4.0	92.6	0.4	0.52	0.60

7 Záver

Statický výpočet obsahuje posúdenie rozhodujúcich prvkov nosnej konštrukcie a spodnej stavby v súlade s normami platnými na území Slovenskej republiky za predpokladu vstupov uvažovaných v statickom výpočte. Pre všetky prvky boli vykonané posudky podľa medzných stavov únosnosti a použiteľnosti. Zaťaženie koľajovými vozidlami mestskej hromadnej dopravy bolo uvažované v súlade s národnou prílohou normy STN EN 1991-2/NA čl. NB.1. Nápravový tlak $Q_{vk} = 120\text{kN}$.

Výpočtom bola preukázaná bezpečnosť a spoľahlivosť celej konštrukcie podľa platných noriem a predpisov.

V Košiciach, 08/2023

Ing. Rastislav Pisarčík